



agromitiga

Deliverable 11 Technical articles Action E1








Summary

Three articles published in national technical journals in the sector are compiled in this deliverable, in which some of the results achieved in the trials of the LIFE Agromitiga project located in the farm "Rabanales" are presented. These articles are as follows:

Implementation of sustainable agriculture and new technologies to improve the production and profitability of wheat cultivation. Published in the number 288 of the Magazine "Tierras".

The aim of this work is to evaluate the effect that the application of new technologies combined with sustainable agriculture can have on the production and profitability of wheat cultivation in long-term trials at the Rabanales Experimental Farm of the University of Cordoba. The main results achieved in the plots with direct sowing and optimal use of inputs were

-  Expenditure on diesel fuel fell by 58.3% compared to conventional tillage, 35.0 l/ha.
-  The combination of sustainable techniques reduced the time needed to grow the cereal by 59%, which was 2.3 hours less per hectare.
-  Average production increased by 11%, resulting in an average harvest of 440 kg/ha more wheat than conventional tillage.
-  On average, the farmer reduced expenditure by 11.1 percent, resulting in an average annual saving of 60 euros/ha in wheat production.
-  On average, gross profit increased by 57.2 percent compared to conventional tillage, resulting in an average annual income increase of ? 171/ha.

Influence of the application of biostimulants on durum wheat Published in No. 468 of the "Vida Rural" magazine.

Influence of the application of biostimulants on the productivity and quality of durum wheat. Published in the number 481 of the "Vida Rural" magazine.

These two articles evaluate the improvement effect of foliar application of biostimulants and foliar fertilizers in mixture with post-emergence herbicides and their influence on crop development and final harvest and their quality in durum wheat production under direct sowing conditions

According to the results obtained, the use of products that improve the vegetative development of the plants causes a final increase in the production of the cereal, by increasing its photosynthetic activity and the production of biomass. This occurs both in highly productive years and in dry years with low production.

However, there are clear differences in the results obtained depending on the product used. It is worth noting that the use of these products not only increased harvests, but also improved the quality of the grain obtained.

El incremento de las producciones y la reducción de costes proporciona a los agricultores un incremento en el beneficio bruto de más del 55%

Implantación de agricultura sostenible y nuevas tecnologías para la mejora de la producción y rentabilidad del cultivo de trigo

Mediante este trabajo se pretende evaluar el efecto que la aplicación de nuevas tecnologías combinada con agricultura sostenible puede tener sobre la producción y la rentabilidad del cultivo de trigo en ensayos de larga duración en la Finca Experimental de Rabanales de la Universidad de Córdoba.

Márquez-García, F.; Gil-Ribes, J. A.

*Grupo Investigación AGR-126 "Mecanización y Tecnología Rural"
Dpto. Ingeniería Rural.*

*E.T.S.I. Agronómica y de Montes. Universidad de Córdoba
Campus Universitario de Rabanales, Ed. Leonardo da Vinci.
14071, Córdoba*



Introducción

La superficie cultivada de trigo en España se ha mantenido estable desde 2011, con un incremento cercano al 4% alcanzando los dos millones de hectáreas en los últimos años. Esta situación se debe principalmente a tres razones: la pérdida de rentabilidad económica de las explotaciones cerealistas, la falta de relevo generacional y la escasa sostenibilidad ambiental, como consecuencia de que en más del 89% de la superficie española el método mayoritario de manejo de suelo es el laboreo.

Sin embargo, actualmente existen técnicas que permiten no sólo mejorar la sostenibilidad ambiental de las producciones agrícolas si no también incrementar el rendimiento económico de las explotaciones, asegurando así la continuidad de la producción de cereales y la fijación de la población al medio rural.

Así, por ejemplo, la aplicación de técnicas como la agricultura de conservación, que se basa en la supresión del laboreo, mantener el suelo



Figura 1. Siembra directa de trigo sobre barbecho de girasol en la Finca Experimental.

cubierto por restos de cosecha y la rotación de cultivos, ver figura 1, reduce el uso de combustible a la par que mejora la fertilidad del terreno al fijar carbono e incrementar el contenido de materia orgánica del suelo.

Por otra parte, la aplicación de las nuevas tecnologías de precisión, ver figura 2, a la agricultura permite optimizar el uso de los insumos y la realización de las labores agrícolas y, por tanto, mejorar el estado vegetativo de los cultivos y reducir el uso de insumos, lo que presumiblemente permite bajar los costes y a la par mejorar las producciones.

Mediante este trabajo se pretende evaluar el efecto que la aplicación de nuevas tecnologías combinada con agricultura sostenible puede tener sobre la producción y la rentabilidad del cultivo de trigo, en ensayos de larga duración en la Finca Experimental de Rabanales de la Universidad de Córdoba.

Material y Métodos

La Universidad de Córdoba cuenta con una Finca Experimental anexa al Campus Universitario de Rabanales, para que todo su personal y alumnos puedan llevar a cabo las labores propias de investigación y docencia. La explotación cuenta con una superficie de 185 ha, distribuidas a lo largo de terrazas aluviales del río Guadalquivir, ver figura 3.

Debido a las labores necesarias de docencia e investigación se cuenta con un elevado número de cultivos, tanto en secano como regadío. Los principales son: olivar, pistacho, trigo duro, trigo blando, cebada, leguminosas, colza y maíz.



Figura 2. Sistema de guiado automático en tractor y controladores de maquinaria (A), sensor para la medida de la conductividad eléctrica del terreno para hacer mapas de distribución variable de insumos (B), mapa de distribución variable de abono (C) en la Finca Experimental.



Figura 3. Mapa y resumen de la Finca Experimental de Rabanales de la Universidad de Córdoba.

Durante las 8 últimas campañas agrícolas, desde el año 2012 hasta la actualidad, se ha llevado a cabo en una parcela de 10 ha la comparación de las prácticas habituales en el cultivo de trigo de la zona, basado en el laboreo del terreno, con respecto a la aplicación de agricultura sostenible combinada junto con nuevas tecnologías.

Para ello se tomaron dos parcelas de 5 ha cada una. Una se manejaba mediante laboreo, aplicando fosfato diamónico como abono de fondo y dos coberteras de urea, hasta alcanzar las 130 Unidades Fertilizantes de Nitrógeno (UFN). La otra se manejaba mediante siembra directa, ver figura 4, aplicando como abonado de fondo abonos microcomplejos con función starter y como coberteras abonos con sistemas de inhibición de la nitrificación, hasta alcanzar también las 130 UFN.

Figura 4. Siembra directa sobre barbecho de trigo en la Finca Experimental.

De manera combinada a la agricultura de conservación también se aplicaban nuevas tecnologías como el tráfico controlado mediante sistemas de guiado automático, la recolección de la cosecha con monitor de rendimiento o la distribución variable de abono, entre otras, ver figuras 2 y 5.

Para el cálculo del consumo de combustible, de los tiempos operacionales y del solape de las labores, los tractores se instrumentalizaron, ver figura 6, mandando los datos de manera automática a un ordenador para su posterior análisis. Además, se realizó un balance de costes de todas las labores e insumos utilizados en cada uno de los manejos, a la par que se evaluó la producción media de las parcelas mediante la toma de muestras en campo.





Figura 5. Distribución variable de abono en trigo en la Finca Experimental.

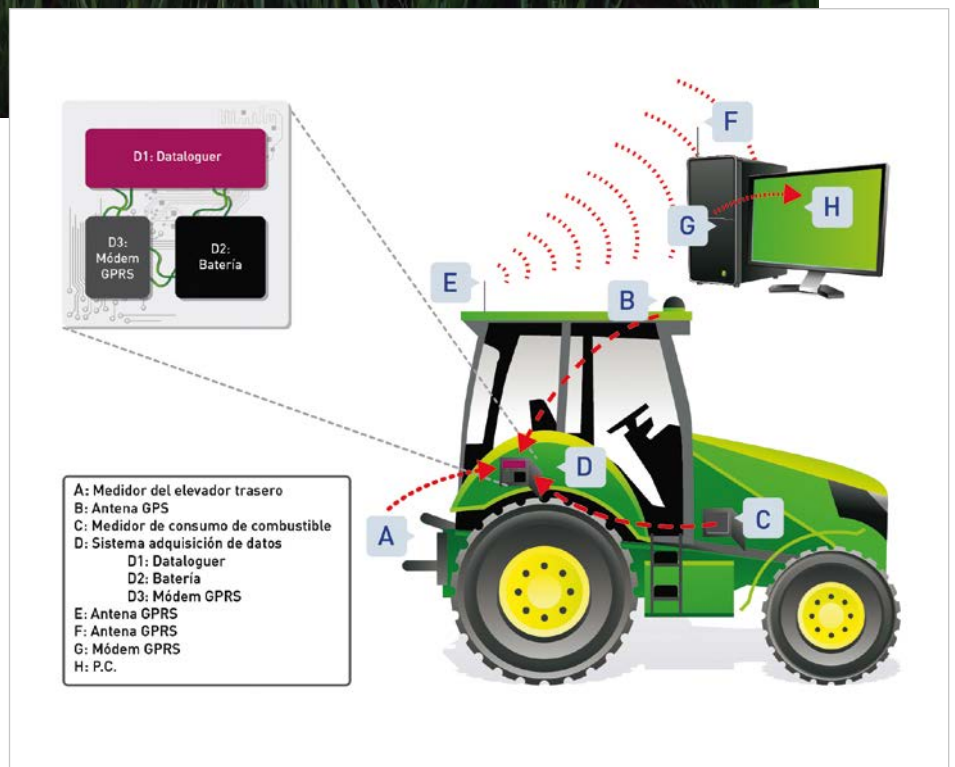


Figura 6. Esquema del sistema de adquisición de datos en el tractor instrumentalizado y forma de envío.

Resultados

Los resultados muestran cómo la combinación de la agricultura sostenible y las nuevas tecnologías redujeron de manera muy importante el consumo de combustible, ver figura 7, que en todas las campañas mostró diferencias estadísticamente significativas.

De media, el gasto de gasoil se disminuyó respecto al laboreo convencional en un 58,3%, 35,0 l/ha, lo que supone una importante mejora ambiental debido a la reducción de emisiones y económica para el agricultor.

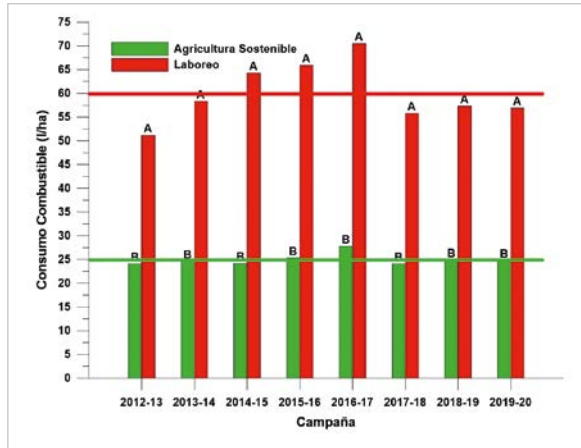


Figura 7. Consumo anual de combustible para cada manejo estudiado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas para el Test de Tukey con $p \leq 0,05$.

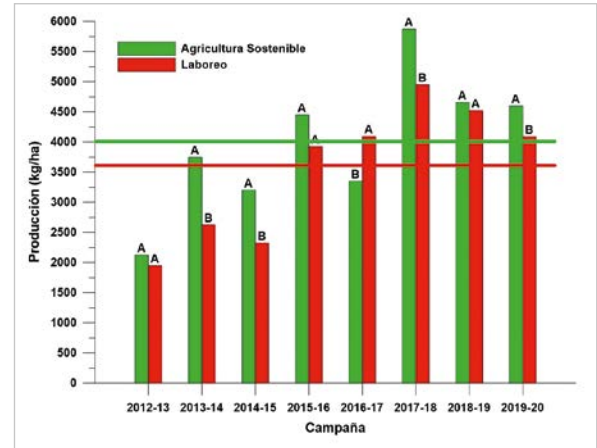


Figura 9. Producción media para cada manejo estudiado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas para el Test de Tukey con $p \leq 0,05$.

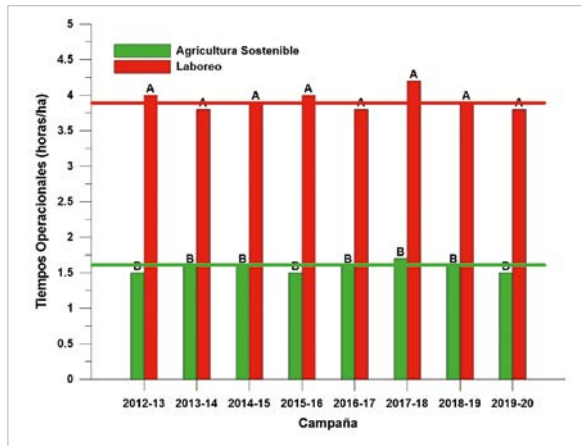


Figura 8. Tiempos operacionales totales para cada manejo estudiado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas para el Test de Tukey con $p \leq 0,05$.

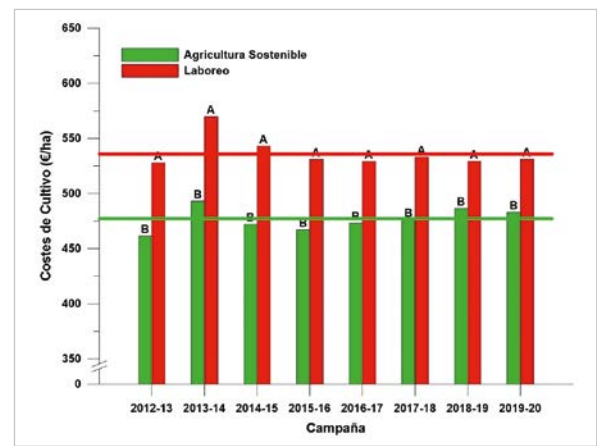


Figura 10. Costes de cultivo medios para cada manejo estudiado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas para el Test de Tukey con $p \leq 0,05$.

En cuanto a los tiempos operacionales necesarios para cultivar en trigo los resultados fueron similares, ver figura 8. En este caso la combinación de las dos técnicas redujo el tiempo necesario para cultivar el cereal en un 59%, lo que supuso 2,3 horas menos por hectárea. Esto quiere decir que aquellos agricultores que adopten estos sistemas, o podrán trabajar un 59% menos de tiempo, o cultivar un 59% más de superficie con el mismo tiempo de trabajo.

Cuando se estudia las producciones obtenidas, en este caso los resultados son más variables, ver figura 9. Aunque se aprecia cómo en la mayoría de las campañas la combinación de agricultura sostenible y nuevas tecnologías produjo más trigo y en muchas ocasiones con significación estadística. Sólo en la campaña 2016-17 en laboreo convencional produjo más debido a que justo después de la siembra caye-

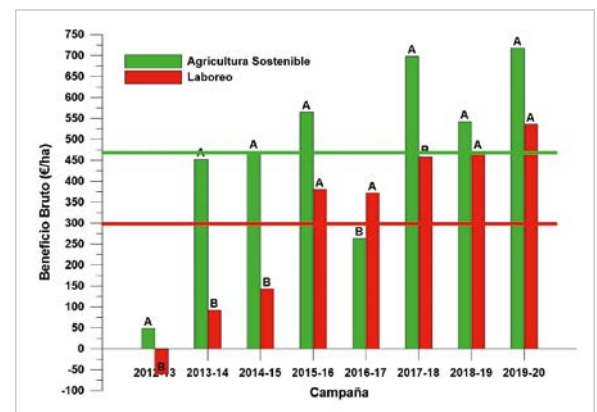


Figura 11. Beneficio bruto medio para cada manejo estudiado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente significativas para el Test de Tukey con $p \leq 0,05$.

ron cerca de 100 mm de lluvia, lo que ocasionó que el suelo bajo siembra directa, debido a su distribución porosa, estuviera más tiempo encharcado y la nascencia no fuese adecuada. Atendiendo a la producción media se vio incrementada en un 11%, lo que supuso una cosecha media de 440 kg/ha más de trigo respecto al laboreo convencional.

La reducción del uso de insumos y de tiempos operacionales provocó que los costes de cultivo de las prácticas estudiadas respecto al laboreo disminuyeran de manera importante, ver figura 10, presentando todas las campañas diferencias estadísticamente significativas. De media el agricultor redujo el gasto en un 11,1%, lo que supuso un ahorro anual medio de 60 €/ha en la producción de trigo.

La reducción de costes, junto con una mayor producción ocasionó que el beneficio bruto, sin tener en cuenta los costes fijos, se incrementara con el uso combinado de la agricultura sostenible y las nuevas tecnologías, siempre mostrando resultados estadísticamente significativos (Ver figura 11). De media el beneficio bruto se incrementó en un 57,2% respecto al laboreo convencional, lo que supuso anualmente un incremento de ingresos medio de 171 €/ha. •

Conclusiones

La combinación de las prácticas de agricultura sostenible con la aplicación de nuevas tecnologías en la producción de trigo ha mostrado ser muy efectiva no sólo en la reducción de uso de insumos, con la consiguiente mejora ambiental que conlleva, sino que también incrementó las producciones y redujo los costes de cultivo proporcionando a los agricultores un incremento en el beneficio bruto en más de un 55%.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unión Europea dentro del programa LIFE (Instrumento financiero para el medio ambiente) por cofinanciar el proyecto Life Agromitiga "Development of climate change mitigation strategies through carbon-smart agriculture" LIFE17 CCM/ES/000140.

Influencia de la aplicación de bioestimulantes en el trigo duro

Se analizan distintos parámetros relacionados con la productividad y calidad del trigo duro

F. Márquez-García, C.M. Flores-Rodríguez, G.L. Blanco Roldán y J.A. Gil-Ribes.

Grupo Investigación Mecanización y Tecnología Rural.
Dpto. Ingeniería Rural, E.T.S.I. Agronómica y de Montes.
Universidad de Córdoba.

En este artículo se evalúa el efecto mejorante que tiene la aplicación foliar de productos bioestimulantes y abonos foliares en mezcla con herbicidas de post-emergencia y su influencia en el desarrollo del cultivo y la cosecha final y su calidad en la producción de trigo duro bajo condiciones de siembra directa.



FIG. 1 Situación de la parcela experimental dentro de la finca de Rabanales.

La productividad de los cultivos y la calidad de su grano se encuentra estrechamente ligada a su fertilización, siendo su forma y los compuestos utilizados uno de los principales factores que influirán en la cosecha. Por otra parte, es el mayor gasto en el que ha de incurrir el agricultor en la producción de trigo. Por tanto, se ha de intentar optimizar su uso para que la planta pueda asimilar la mayor cantidad de nutrientes aportados con el fin de obtener el máximo desarrollo vegetativo y cosechas posibles y,



además, para evitar las posibles contaminaciones que se ocasionan cuando no se hace un uso adecuado de los fertilizantes. El uso de distintos compuestos (abonos líquidos, micronutrientes, microalgas, etc.) conocidos comúnmente como bioestimulantes, ha mostrado la capacidad para mejorar la asimilación de los fertilizantes sólidos, ya que propician un incremento de la actividad metabólica de la planta, aumentando su actividad vegetativa y facilitando la asimilación de macronutrientes aportados en las coberteras de abonos sólidos.

Material y métodos

Para evaluar estos productos se implantó en la finca experimental de Rabanales de la UCO un campo de ensayo de unas 6 ha de superficie (**figura 1**). Las pruebas se llevaron a cabo durante tres campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18 en una parcela homogénea situada en el oeste de la finca. Esta zona posee una pendiente descendiente desde el camino de alrededor de un 10%, con una parte alta más arenosa y con algo de canto rodado y una zona baja con un suelo vértico, lo que la hace especialmente interesante para realizar ensayos al tener gran variabilidad.

Se dispusieron cinco tratamientos, un testigo sin aplicación de ningún producto (1), tres tratamientos con distintas combinaciones de bioestimulante (Stilo Verde) y abono foliar (Efficient) (2 a 4) y un último tratamiento de referencia con la aplicación de un bioestimulante de referencia muy utilizado en Andalucía (**cuadro I**). Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones en parcelas elementales de 15 m de ancho y alrededor de 200 m de largo, buscando tener superficies de gran tamaño que simulasen los resultados obtenidos en una besana agrícola.

En el campo de ensayo se sembró todas las campañas trigo duro de la variedad Euroduro a una dosis de unos 180

CUADRO I

TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.

Tratamiento	Producto	Dosis	Momento aplicación
T1	Testigo sin tratar	--	--
T2	Efficient	10 l/ha	En mezcla con el herbicida de post-emergencia
T3	Stilo Verde	2 l/ha	En mezcla con el herbicida de post-emergencia
T4	Stilo Verde + Efficient	2 l/ha + 8 l/ha	En mezcla con el herbicida de post-emergencia
T5	Bioestimulante de referencia	3 l/ha	En mezcla con el herbicida de post-emergencia

CUADRO II

OPERACIONES DE CULTIVO REALIZADAS EN EL TRIGO DURO. CAMPAÑA 2015/16.

Operación	Fecha	Producto	Dosis
Herbicida	05-11-2015	Buggy (glifosato 36%)	1,5 l/ha
Siembra + Abono	09-12-2015	Trigo Duro + Umoplast Perfect	180 kg/ha + 40 kg/ha
Herbicida	14-12-2015	Most Micro (pendimetalina 36,5%) + diflufenican 50%	2,5 l/ha + 125 cc
Abonado	19-01-2016	Nitrocom Expert 30%	130 kg/ha
Herbicida y abono foliar	16-02-2016	Driver + Trimur + Efficient	0,7 l/ha + 15 g/ha + 10 l/ha
Abonado	14-03-2016	Nitrolent 40%	200 kg/ha
Fungicida	14-04-2016	Epoxiconazol 12,5%	1 l/ha
Cosecha	18-06-2016	-	-

CUADRO III

OPERACIONES DE CULTIVO REALIZADAS EN EL TRIGO DURO. CAMPAÑA 2016/17.

Operación	Fecha	Producto	Dosis
Herbicida	10-11-2016	Buggy (glifosato 36%)	2,5 l/ha
Siembra + Abono	16-11-2016	Trigo Duro + Umoplast Perfect	180 kg/ha + 40 kg/ha
Herbicida	18-11-2016	Most Micro (pendimetalina 36,5%) + diflufenican 50%	2,5 l/ha + 125 cc /ha
Abonado	18-01-2017	Nitrocom Expert (30%)	150 kg/ha
Herbicida	27-02-2017	Axial (5 g pinoxaden + 1,25 g cloquintocet-mexyl)	1 l/ha
Herbicida	15-03-2017	Hermenon (Mcpa 50%) + Trimur (Tribenuron-metil 75%) + Efficient	1 l/ha + 15 g/ha + 10 l/ha
Fungicida	24-03-2017	Lovit Comet (epoxiconazol 12,5% + piraclostrobin)	1,5 l/ha
Abonado	02-04-2017	Nitrolent (40%)	200 kg/ha
Cosecha	09-06-2017	-	-

CUADRO IV

OPERACIONES DE CULTIVO REALIZADAS EN EL TRIGO DURO. CAMPAÑA 2017/18.

Operación	Fecha	Producto	Dosis
Herbicida	07-11-2017	Buggy (glifosato 36%)	2,5 l/ha
Siembra + Abono	15-11-2017	Trigo Duro + Umoplast Perfect	180 kg/ha + 40 kg/ha
Herbicida	22-11-2017	Most Micro (pendimetalina 36,5%) + diflufenican 50%	2,5 l/ha + 125 cc/ha
Abonado	10-01-2018	Nitrocom Expert (30%)	145 kg/ha
Herbicida	17-01-2018	Hermenon (Mcpa 50%) + Trimur (Tribenuron-metil 75%)	1 l/ha + 15 g/ha
Abonado	22-03-2018	Enebe 40%	180 kg/ha
Fungicida	17-04-2018	Lovit Comet (epoxiconazol 12,5% + piraclostrobin)	1,5 l/ha
Cosecha	26-06-2018	-	-

FIG. 2 Mezclado (a) y aplicación (b) de los productos ensayados.



kg/ha, incorporando junto a la semilla 40 kg/ha de Umoplast Perfect. En los cuadros II, III y IV se muestra el calendario de tareas llevadas a cabo de manera general al trigo de la parcela experimental.

En las tres campañas se aplicó al trigo dos abonados de cobertura: uno primero temprano, en fase ahijado, con Nitrocom Expert al 30%, abono parecido al nitrosulfato amónico, pero con más concentración

FIG. 3 Muestro de NDVI (a) y toma de muestras de biomasa (b) en la parcela.



“

Atendiendo a la producción media de grano en los tres años, los tratamientos 2, 3 y 4, tanto con bioestimulante como abono foliar o combinados, obtuvieron resultados similares, incrementando la cosecha en 294 kg/ha respecto al bioestimulante de referencia y 623 kg/ha respecto al testigo

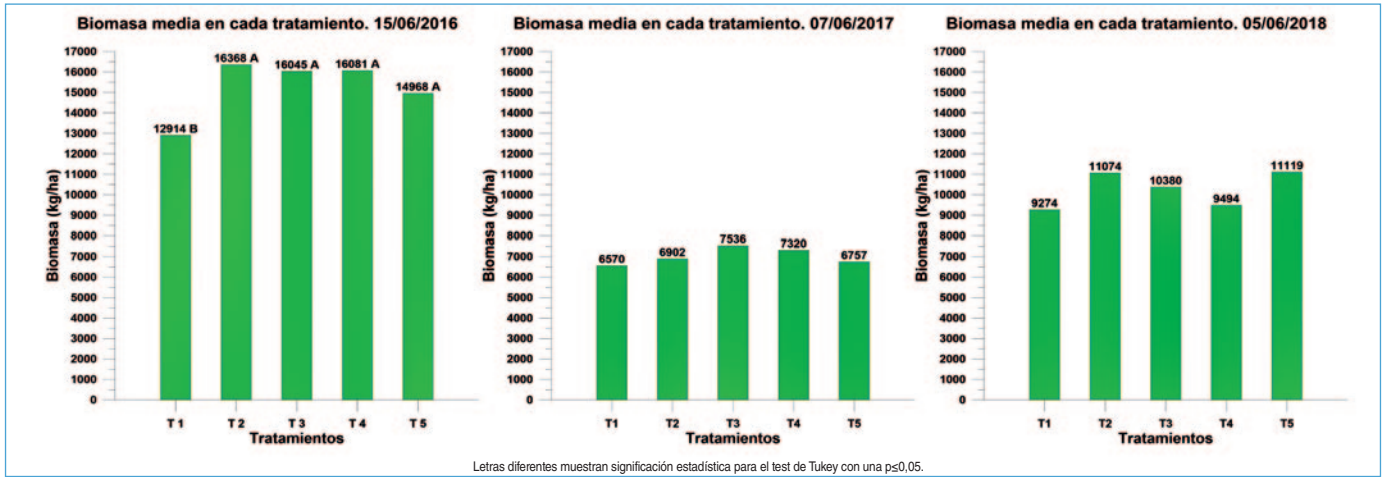
de azufre (40%) además de zinc y manganeso. En esta primera cobertura se aportan unas 40 UFN, alrededor del 30% del nitrógeno total aplicado.

Posteriormente, en fase de encañado, se aplicaron 200 kg/ha de Nitrolent al 40%, alrededor del 65% del total de UFN del cultivo. Este abono es una urea con inhibición de la nitrificación y también un alto contenido de azufre, además de zinc y manga-

neso. La aplicación de los productos se hizo en la mezcla directa junto con el caldo de aplicación de los herbicidas hormonales de post-emergencia (figura 2).

En este estudio se evaluó cómo afectó la aplicación de productos bioestimulantes y abonos foliares a distintos parámetros relacionados con la productividad y calidad del trigo duro, para ello se llevaron a cabo mediciones periódicas de la activi-

FIG. 4 Biomasa media obtenida para cada tratamiento durante las tres campañas de estudio.



dad fotosintética del cultivo (NDVI) con un GreenSeeker (Trimble, EE.UU) y muestreos de biomasa con marco de 50 x 50 cm² (figura 3).

Resultados

Los resultados obtenidos durante las tres campañas de estudio han estado fuerte-

mente influenciados por la meteorología propia de cada campaña, que ha sido muy variable tanto intra-anualmente como inter-anualmente (figura 4).

FIG. 5 Número de espigas medio obtenido para cada tratamiento durante las tres campañas de estudio.

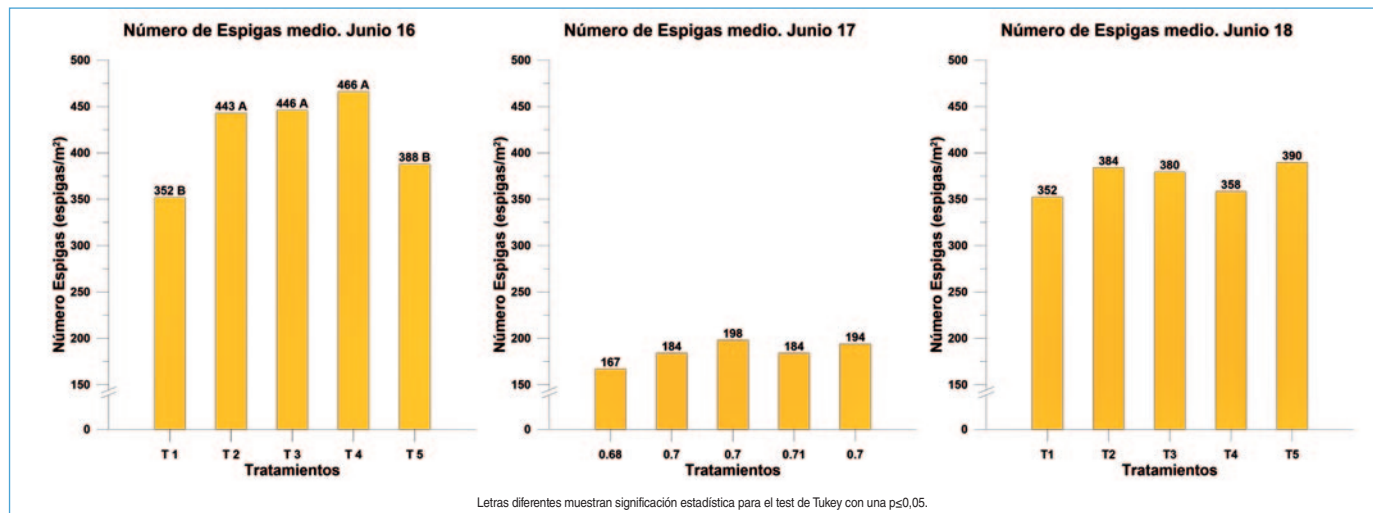
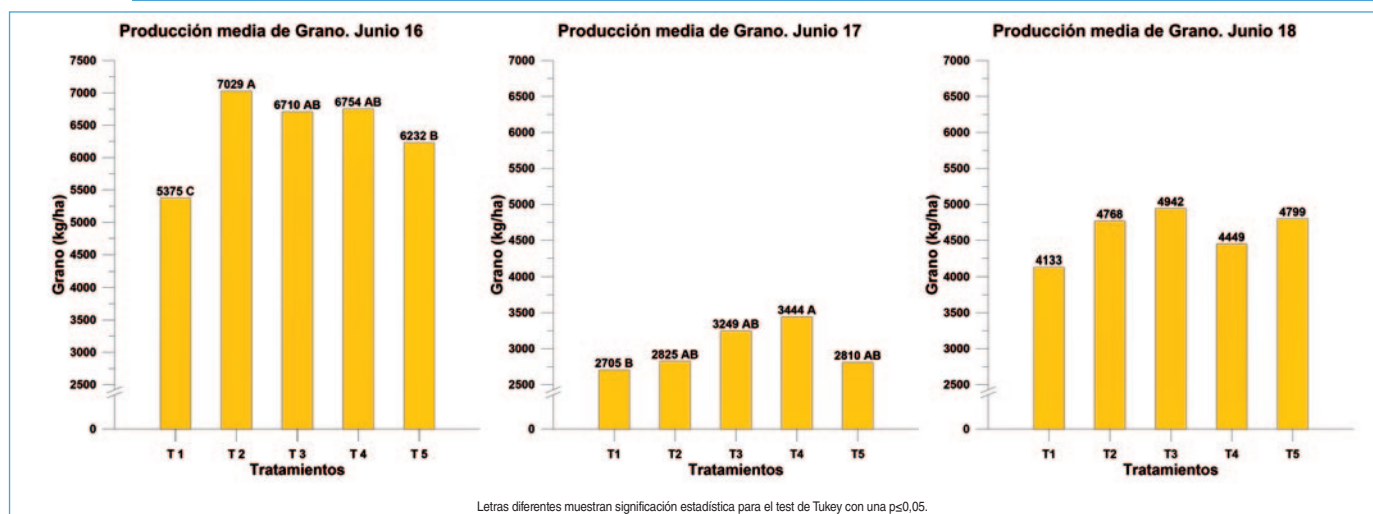


FIG. 6 Producción media obtenida para cada tratamiento durante las tres campañas de estudio.



Esta variabilidad climática influyó de manera importante en el desarrollo de los cultivos, tal y como se muestra en la **figura 4**, en la que se aprecia cómo la producción de biomasa fue muy distinta para cada campaña de estudio. Sin embargo, indistintamente de que el año fuera más productivo o menos, en todas las ocasiones los productos bioestimulantes o abonos foliares incrementaron la producción de biomasa, siendo en general los tratamientos 2, 3 y 4, los más productivos.

Además, los resultados obtenidos muestran que conforme el NDVI aumentó, la producción de biomasa se incrementó, siendo este incremento mucho más acusado para la producción final de grano, que además se aprecia que estuvo totalmente ligada a la cantidad de biomasa generada. Es decir, cuanto más biomasa se genere, más producción se obtiene.

Este aumento en la producción de biomasa de los productos bioestimulantes y abonos foliares se tradujo en un incremen-

to en el número de espigas viables respecto al testigo, (**figura 5**), especialmente en la primera campaña.

Este aumento en la producción de biomasa y número de espigas se tradujo en un incremento productivo respecto al testigo (**figura 6**). Aunque no existió una tendencia clara en cuanto a qué producto fue el más adecuado, pues en función de cada año la respuesta fue diferente, en todos los años fueron muy superiores al testigo sin tratar y en la mayoría de ocasiones al

bioestimulante de referencia (tratamiento 5).

Atendiendo a la producción media de grano en los tres años (**figura 7**), los tratamientos 2, 3 y 4, tanto con bioestimulante como abono foliar o combinados, obtuvieron resultados similares, incrementando la cosecha en 294 kg/ha (10%) respecto al bioestimulante de referencia (tratamiento 5) y 623 kg/ha (25%) respecto al testigo. Por tanto, el uso de estos productos resulta siempre rentable para el agricultor respecto al precio del tratamiento.

Algunos de los parámetros de calidad del trigo, peso hectolitro e índice de caída, ligados a la variedad utilizada, durante los tres años de estudio no se vieron influidos por el uso de estos productos y presentaron en todos los casos valores propios del grupo 1 de calidad (datos no mostrados).



Es reseñable cómo los productos bioestimulantes y abonos foliares no solo aumentaron las producciones, sino que también en contra de lo preestablecido "que la calidad disminuye con el aumento de la producción", también incrementaron la concentración de proteína.

FIG. 7

Producción media de grano durante los tres años de estudio para cada tratamiento.

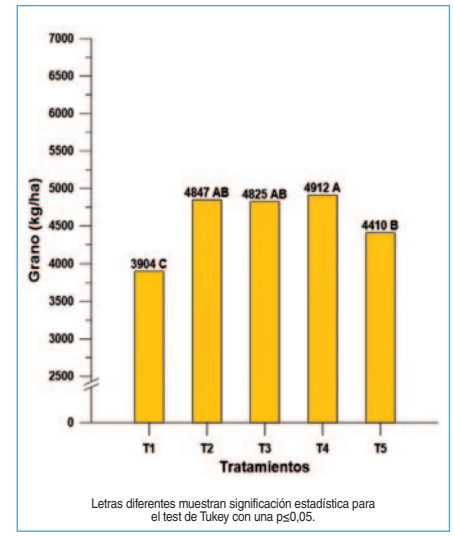


FIG. 8 Vitrosidad (izquierda) y gluten medio (derecha) durante los tres años de estudio para cada tratamiento.

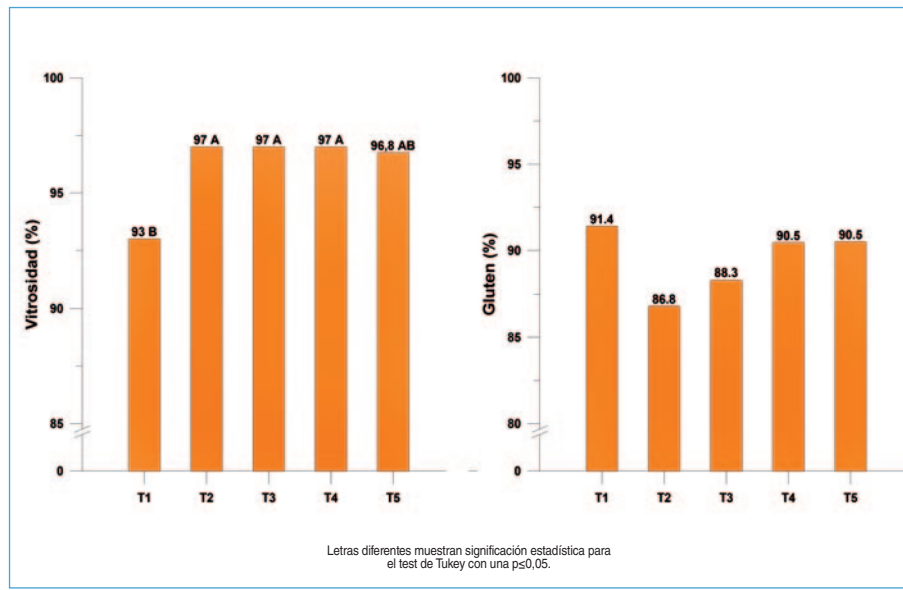
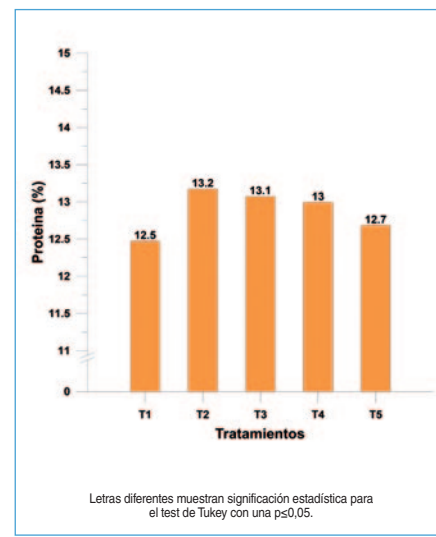


FIG. 9 Concentración media de proteína durante los tres años de estudio para para cada tratamiento.



Para otros parámetros de calidad como la vitrosidad y el gluten (**figura 8**), el primero presentó diferencias significativas entre el testigo y los demás productos utilizados que presentaron valores parecidos, apreciándose cómo estadísticamente el uso de bioestimulantes o abonos foliares incrementó la vitrosidad del trigo. El gluten se incrementó levemente en el testigo, pero sin diferencias significativas, siendo el tratamiento sólo con abono foliar el que arrojó valores inferiores.

En cuanto a la concentración media de proteína durante los tres años (**figura 9**) no se encontró significación estadística, aunque sí que se apreciaron diferencias notables. Los tratamientos 2, 3 y 4 obtuvieron valores del 13% o superiores, calidad del grupo 1. A diferencia del biostimulante de referencia y el testigo que tuvieron concentraciones inferiores, 12,7% y 12,5%, respectivamente y correspondientes al grupo 2.

Es reseñable cómo los productos bioestimulantes y abonos foliares no solo



incrementaron las producciones, sino que también en contra de lo preestablecido “que la calidad disminuye con el aumento de la producción”, también incrementaron la concentración de proteína.

Conclusiones

Según los resultados obtenidos el uso de productos que mejoren el desarrollo vege-

tativo de las plantas provoca un incremento final en la producción del cereal al aumentar su actividad fotosintética y la producción de biomasa. Esto ocurre tanto en años muy productivos como en años secos con producciones bajas.

Sin embargo, se aprecia cómo existen diferencias claras en los resultados obtenidos en función del producto utilizado.

Es reseñable cómo la utilización de estos productos no solo incrementó las

cosechas, sino que también mejoró la calidad del grano obtenido. ■

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Sipcarn Iberia la colaboración en este proyecto “Estudio de la efectividad de la aplicación en cobertura de productos bioestimulantes en cereal de invierno” y a la Comisión Europea dentro del programa LIFE (Instrumento financiero para el medio ambiente) por cofinanciar el proyecto Life Agromitiga “Development of climate change mitigation strategies through carbon-smart agriculture” LIFE17 CCM/ES/000140.

Influencia de la aplicación de bioestimulantes en la productividad y calidad de trigo duro

Se ha estudiado su efecto en función del tipo de bioestimulante y de su forma de aplicación

El uso de distintos compuestos (enzimas, micronutrientes, microalgas, ácidos húmicos, etc.) conocidos comúnmente como bioestimulantes, han mostrado la capacidad para mejorar la asimilación de los fertilizantes sólidos, ya que propician un incremento de la actividad metabólica de la planta, aumentando su actividad vegetativa y facilitando la asimilación de macronutrientes aportados en las coberteras de abonos sólidos. Su uso se ha extendido en los últimos años, pero no fue hasta el 5 de junio de 2019 cuando se incluyeron en el Reglamento de fertilizantes (UE 2019/1009) por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) 1069/2009 y (CE) 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) 2003/2003.

Además, la productividad de los cultivos y la calidad de su grano se encuentra estrechamente ligada con su estado vegetativo y consecuentemente con su fertilización, siendo su forma y los compuestos utilizados uno de los principales factores que influirán en la cosecha. Por otra parte, es el mayor gasto en el que ha de incurrir el agricultor en la producción de trigo. Por tanto, se ha de intentar optimizar su uso para que la planta pueda asimilar la mayor cantidad de nutrientes aportados con el fin

F. Márquez-García, C.M. Flores-Rodríguez, G.L. Blanco Roldán, J.A. Gil-Ribes.

Grupo Investigación AGR-126 "Mecanización y Tecnología Rural". Dpto. Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agronómica y de Montes. Universidad de Córdoba.

En el actual entorno de cambio climático se ha de mejorar el balance de carbono de los cultivos. Para el caso del cereal más del 65% de las emisiones relativas a su producción provienen del uso de los fertilizantes, de ahí la importancia de mejorar su uso y utilizar productos que favorezcan su asimilación por parte de las plantas. En este trabajo se evalúa el efecto mejorante de la aplicación foliar de productos bioestimulantes y abonos foliares y su periodo de aplicación, así como su influencia en el desarrollo del cultivo, la cosecha final y la calidad del trigo duro bajo condiciones de siembra directa.



de obtener el máximo desarrollo vegetativo y cosechas posibles y, además, para evitar las posibles contaminaciones que se ocasionan cuando no se hace un uso adecuado de los fertilizantes.

Material y métodos

Las pruebas se llevaron a cabo durante las campañas 2015/16, 2016/17, 2017/18 y 2018/19 en una parcela homogénea situada en el oeste de la finca experimental de Rabanales, de la Universidad de Córdoba.

Para ello, se implantó en la finca un campo de ensayo de unas 6 hectáreas de superficie (**figura 1**). Esta zona posee una pendiente descendiente desde el camino de alrededor de un 10%, con una parte alta más arenosa y con algo de canto rodado y una zona baja con un suelo vértico, lo que la hace especialmente interesante para realizar ensayos al tener gran variabilidad.

Durante las tres primeras campañas se dispusieron cinco tratamientos, un testigo sin aplicación de ningún producto (1) y cuatro tratamientos con distintas combinaciones de bioestimulante y abono foliar (**cuadro I**). El momento de aplicación fue mezclado con los herbicidas de postemergencia contra hoja ancha aproximadamente en el mes de febrero de cada año, o con los fungicidas a la entrada de la primavera.

Dados los buenos resultados obtenidos en las tres primeras campañas, como se puede apreciar en el artículo publicado en **Vida Rural** nº 468 en septiembre de 2019, se decidió en la campaña 2018/19 incrementar el número de bioestimulantes estudiados, reducir los abonos foliares e introducir diferentes fechas de aplicación, como se muestra en el **cuadro II**.

Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones en parcelas elementales de 15 m de ancho y alrededor de 200 m de largo, buscando tener superficies de gran tamaño

FIG. 1 Plano de situación de la parcela experimental dentro de la finca de Rabanales.



CUADRO I

TRATAMIENTOS ESTUDIADOS EN CAMPAÑAS 2015/16, 2016/17 Y 2017/18.

Tratamiento	Producto	Dosis	Momento aplicación
T1	Testigo sin tratar	-	-
T2	11,5% N Ureico + 16,5% Urea Formaldehído (Efficient)	10 l/ha	Mezcla con herbicida de post-emergencia
T3	16,5% Aminoácidos + 31 p/p Mat. Org. + Zn + Mn quelatado (Stilo Verde)	2 l/ha	Mezcla con herbicida de post-emergencia
T4	T2 + T3	8 l/ha + 2 l/ha	Mezcla con herbicida de post-emergencia
T5	3,9% Urea + 15,2% MgO + 3% Cu + 9,1% Mn + 4,9% Zn (YaraVita Cereal)	3 l/ha	Mezcla con herbicida de post-emergencia

CUADRO II

TRATAMIENTOS ESTUDIADOS EN LA CAMPAÑA 2018/19.

Tratamiento	Producto	Dosis	Momento aplicación
T1	Testigo sin tratar	-	-
T2	16,5% Aminoácidos + 31 p/p Mat. Org. + Zn + Mn quelatado (Stilo Verde)	2 l/ha	Herbicida post-emergencia -
T3	9% de aminoácidos a base de Prolina (Stilo Hydro)	1 kg/ha	Herbicida post-emergencia -
T4	T2* ¹ + (11,5% N Ureico + 16,5% Urea Formaldehído, Efficient)* ²	2 l/ha + 10 l/ha	Herbicida post-emergencia* ¹ Fungicida* ²
T5	T2* ¹ + T2* ²	2 l/ha + 2 l/ha	Herbicida post-emergencia* ¹ Fungicida* ²

CUADRO III

OPERACIONES DE CULTIVO LLEVADAS A CABO EN TRIGO DURO. CAMPAÑA 2015/16.

Operación	Fecha	Producto	Dosis
Herbicida	05-11-2015	Glifosato 36%	1,5 l/ha
Siembra + Abono	09-12-2015	Trigo duro + Umstart Perfect	180 kg/ha + 40 kg/ha
Herbicida	14-12-2015	Pendimetalina 36,5% + Diflufenican 50%	2,5 l/ha + 125 cc/ha
Abonado	19-01-2016	Nitrocom Expert 30%	130 kg/ha
Herbicida + Tratamiento ensayo	16-02-2016	(Bromoxinil 12% + Mecoprop-p18%) + Tribenuron-Metil 75% + Según tratamiento	0,7 l/ha+15 g/ha+ Según tratamiento
Abonado	14-03-2016	Nitrolent 40%	200 kg/ha
Fungicida	14-04-2016	Epoxiconazol 12,5%	1 l/ha
Cosecha	18-06-2016		



Foto 1. Mezclado y aplicación de los productos ensayados.



Foto 2. Muestreo de NDVI (izquierda) y toma de muestras de biomasa (derecha) en las parcelas.

que simulasen los resultados obtenidos en una besana agrícola.

En el campo de ensayo se sembró todas las campañas trigo duro de la variedad Euroduro a una dosis de unos 180 kg/ha, incorporando junto a la semilla 40 kg/ha de Umostart Perfect. En los **cuadros III y IV** se muestra el calendario de tareas llevadas a cabo de manera general al trigo de la parcela experimental.

Todas las campañas se le aplicaron al trigo dos coberteras: una primera temprana, en fase ahijado, con Nitrocom Expert al 30%, abono parecido al nitrosulfato amónico, pero con más concentración de azufre (40%) además de zinc y manganeso, aplicando unas 40 UFN (alrededor del 30% del nitrógeno total aplicado). Posteriormente, en fase de encañado, se aplicaron abonos con inhibición (Nitrolent al 40% o Enebe 40%), alrededor del 65% del total de UFN del cultivo. Este abono es una urea con inhibición de la nitrificación y también con un alto contenido de azufre,

además de zinc y manganeso.

La aplicación de los productos se hizo en la mezcla directa junto con el caldo de aplicación de los productos fitosanitarios (**foto 1**).

En este estudio se evaluó cómo afecta la aplicación de productos bioestimulantes y abonos foliares a distintos parámetros relacionados con la productividad y calidad del trigo duro. Para ello se llevaron a cabo

mediciones periódicas de la actividad fotosintética del cultivo (NDVI) con un Green Seeker (Trimble) y muestreos de biomasa con marco de 0,5 x 0,5 m² (**foto 2**).

Resultados

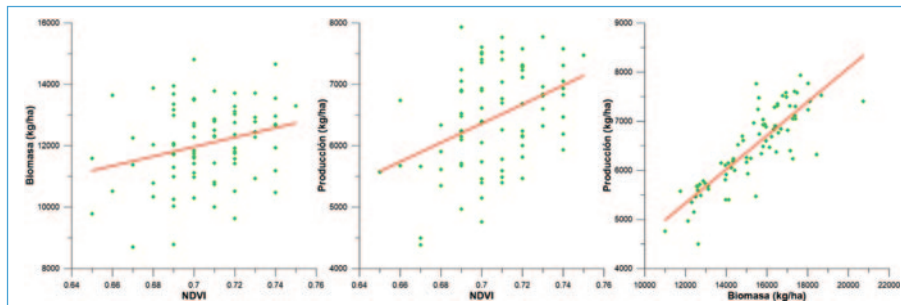
Los resultados obtenidos muestran que conforme el NDVI aumentó, la producción de biomasa se incrementó, siendo este in-

CUADRO IV

OPERACIONES DE CULTIVO LLEVADAS A CABO EN TRIGO DURO. CAMPAÑA 2016/17.

Operación	Fecha	Producto	Dosis
Herbicida	10-11-2016	Glifosato 36%	2,5 l/ha
Siembra + Abono	16-11-2016	Trigo duro + Umostart Perfect	180 kg/ha + 40 kg/ha
Herbicida	18-11-2016	Pendimetalina 36,5% +Ddiflufenican 50%	2,5 l/ha + 125 cc/ha
Abonado	18-01-2017	Nitrocom Expert 30%	150 kg/ha
Herbicida	27-02-2017	5 g Pinoxaden + 1,25 g Cloquintocet-Mexyl	1 l/ha
Herbicida + Tratamiento ensayo	15-03-2017	MCPA 50% + Tribenuron-Metil 75% + Según tratamiento	1 l/ha + 15 g/ha + Según tratamiento
Fungicida	24-03-2017	Epoxiconazol 12,5% +Piraclostrobin	1,5 l/ha
Abonado	02-04-2017	Nitrolent 40%	200 kg/ha
Cosecha	09-06-2017	-	-

FIG. 2 Correlación entre el NDVI y la producción de biomasa (izquierda), NDVI y producción de los cultivos (centro) y biomasa y producción de los cultivos (derecha).



cremento mucho más acusado para la producción final de grano (**figura 2**). Además, se aprecia que estuvo ligada a la cantidad de biomasa generada. Es decir, cuanta más biomasa se genere, más producción previsiblemente se obtendrá.

Aunque los resultados obtenidos durante las cuatro campañas de estudio han estado fuertemente influenciados por la meteorología propia de cada campaña,

indistintamente de que el año fuera muy productivo o menos, en todas las ocasiones los productos bioestimulantes o abonos foliares incrementaron la producción de biomasa, como se aprecia en la **figura 3**, en la que se resume la media de los resultados obtenidos en las tres primeras campañas (2015/16, 2016/17 y 2017/18).

Este aumento en la producción de biomasa de los productos bioestimulantes y

abonos foliares se tradujo en un incremento en el número de espigas viables respecto al testigo, especialmente en los tratamientos 2, 3 y 4 (**figura 4**).

El incremento en la producción de biomasa y número de espigas se tradujo asimismo en un incremento productivo respecto al testigo (**figura 5**), aunque no existió una tendencia clara en cuanto a cual de los productos fue el más adecuado, pues en función de cada año la respuesta fue diferente, pero en todos los años fueron muy superiores al testigo sin tratar.

Atendiendo a la producción media de grano en los tres años, los tratamientos del 2 al 4, tanto con bioestimulante como abono foliar o combinados, obtuvieron resultados similares, incrementando la cosecha en 294 kg/ha (10%) respecto al

tratamiento 5 y 623 kg/ha (25%) respecto al testigo. Por tanto, el uso de estos productos resultó siempre rentable para el agricultor respecto al precio del tratamiento.

Algunos de los parámetros de calidad del trigo, peso hectolitro e índice de caída, ligados a la variedad utilizada, durante los tres primeros años de estudio no se vieron influidos por el uso de estos productos y presentaron en todos los casos valores propios del grupo 1 de calidad (figura 6).

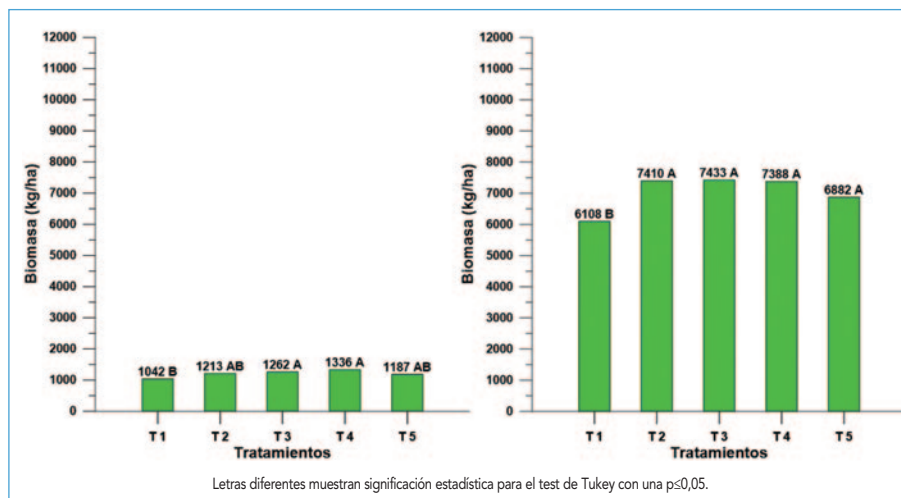
Para otros parámetros de calidad como la vitrosidad y el gluten (figura 7), el primero presentó diferencias significativas con el testigo y los demás tratamientos presentaron valores parecidos. El gluten se incrementó levemente en el testigo, pero sin diferencias significativas, siendo el tratamiento sólo con abono foliar el que arrojó valores inferiores.

En cuanto a la concentración media de proteína durante las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18 (figura 8), no se encontró significación estadística, aunque sí que se apreciaron diferencias notables. Los tratamientos 2 al 4 obtuvieron valores del 13% o superiores (calidad del grupo 1), a diferencia del tratamiento 5 y el testigo que tuvieron concentraciones inferiores, 12,7% y 12,5%, respectivamente y correspondientes al grupo 2.

Es reseñable cómo los productos bioestimulantes y abonos foliares no solo aumentaron las producciones, sino que también en contra de lo preestablecido “que la calidad disminuye con el aumento de la producción”, también incrementaron la concentración de proteína.

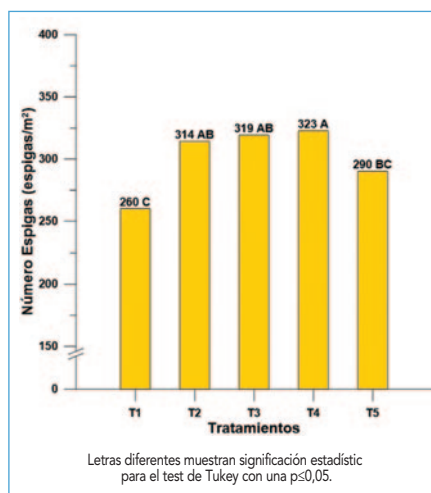
Estos buenos resultados hicieron que en la campaña 2018/19 se planteara un cambio en el ensayo introduciendo mayor número de bioestimulantes y dos momentos diferentes de aplicación, mezclados con los herbicidas de hoja ancha en invierno y con el fungicida en primavera (cuadros II a IV).

FIG. 3 Biomasa media obtenida para cada tratamiento durante las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18.



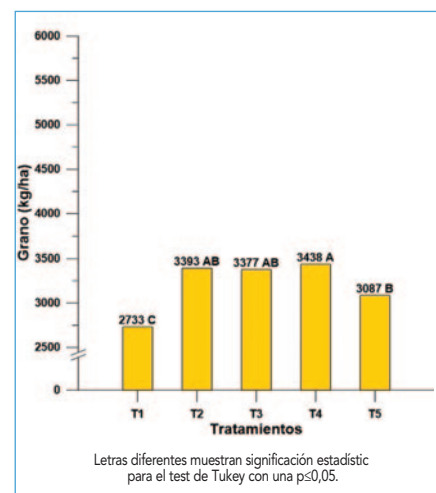
Letras diferentes muestran significación estadística para el test de Tukey con una p<0,05.

FIG. 4 Número de espigas medio obtenido para cada tratamiento durante las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18.



Letras diferentes muestran significación estadística para el test de Tukey con una p<0,05.

FIG. 5 5. Producción media de grano para cada tratamiento durante las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18.



Letras diferentes muestran significación estadística para el test de Tukey con una p<0,05.

CUADRO V

OPERACIONES DE CULTIVO LLEVADAS A CABO EN TRIGO DURO. CAMPAÑA 2017/18.

Operación	Fecha	Producto	Dosis
Herbicida	07-11-2017	Glifosato 36%	2,5 l/ha
Siembra + Abono	15-11-2017	Trigo duro + Umostat Perfect	180 kg/ha + 40 kg/ha
Herbicida	22-11-2017	Pendimetalina 36,5% + Diflufenican 50%	2,5 l/ha + 125 cc/ha
Abonado	10-01-2018	Nitrocom Expert 30%	145 kg/ha
Herbicida + Tratamiento ensayo	17-01-2018	MCPA 50% + Tribenuron-metil 75% + Según tratamiento	1 l/ha + 15 g/ha + Según tratamiento
Abonado	22-03-2018	Enebe 40%	180 kg/ha
Fungicida	17-04-2018	Epoxiconazol 12,5% + Piraclorobin	1,5 l/ha
Cosecha	26-06-2018	-	-

FIG. 6 Peso hectolitro (izquierda) e índice de caída (derecha) durante las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18.

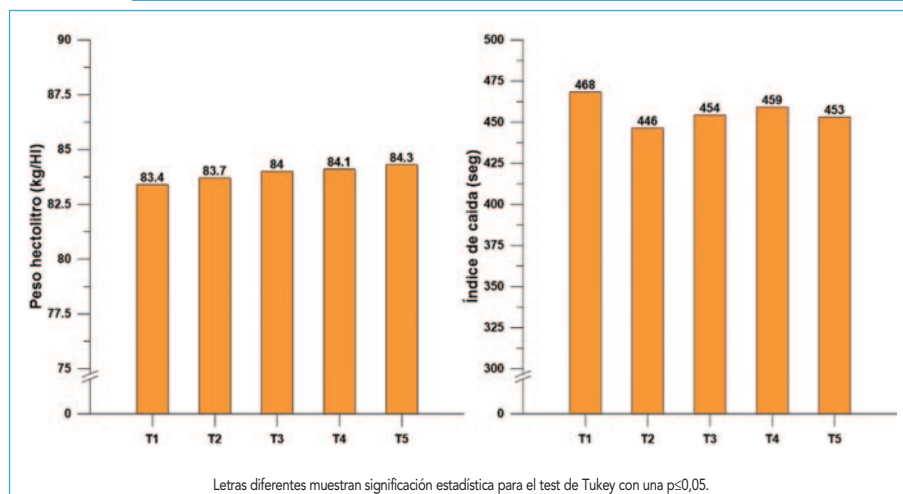


FIG. 8 Concentración media de proteína durante las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18.

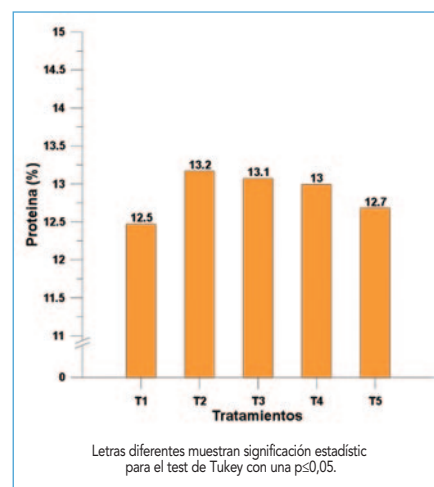
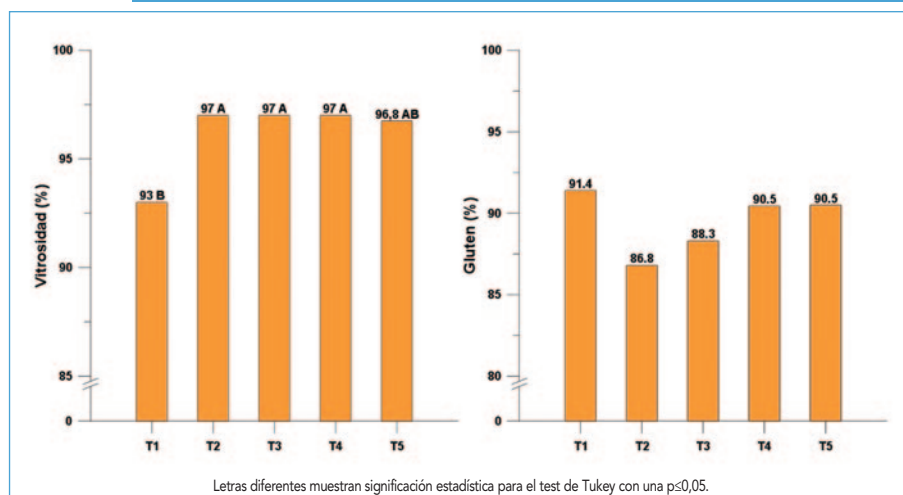


FIG. 7 Vitrosidad (izquierda) y gluten medio (derecha) durante las campañas 2015/16, 2016/17 y 2017/18.



CUADRO VI

OPERACIONES DE CULTIVO LLEVADAS A CABO EN TRIGO DURO. CAMPAÑA 2017/18.

Operación	Fecha	Producto	Dosis
Herbicida	09-11-2018	Glifosato 36%	3 l/ha
Siembra + Abono	04-12-2018	Trigo duro + Umohart Perfect	180 kg/ha + 40 kg/ha
Herbicida	06-12-2018	Pendimetalina 36,5% + Diflufenican 50%	2,5 l/ha + 125 cc/ha
Abonado	24-01-2019	Nitrocom Expert 30%	140 kg/ha
Herbicida	29-01-2019	5 g Pinoxaden + 1,25 g Cloquintocet-Mexyl	0,8 l/ha
Herbicida + Tratamiento ensayo	22-02-2019	Bromoxinil 34,9% + Tribenuron-metil 75% + Según tratamiento	0,7 l/ha + 15 g/ha + Según tratamiento
Abonado	03-04-2019	Enebe 40 %	180 kg/ha
Fungicida + Tratamiento ensayo	03-05-2019	Epoconazol 12,5% + Piraclostrobin + Según tratamiento	1,5 l/ha + Según tratamiento
Cosecha	07-06-2019	-	-

En la **figura 9** se muestra la evolución del NDVI y se aprecia cómo no existieron diferencias en los distintos tratamientos durante el invierno, siendo en primavera (abril) el momento en que los tratamientos con bioestimulantes mostraron mayor actividad fotosintética que el testigo (T1).

Esta mayor fotosíntesis provocó que estadísticamente en todas las ocasiones los tratamientos con bioestimulantes incrementaran la producción de biomasa (**figura 10**) especialmente en los que se llevaron a cabo dos aplicaciones (tratamientos 4 y 5).

Estos resultados son similares a los obtenidos cuando se estudian los principales parámetros productivos del cultivo de trigo: número de espigas, producción de paja y cosecha de grano (**figura 11**). En todos los casos el testigo (T1) obtuvo estadísticamente peores resultados que el resto de los tratamientos, siendo las tesis con dos aplicaciones las que mejor se comportaron y especialmente el tratamiento 4, con una aplicación en invierno de bioestimulante y otra en primavera de abono foliar.

En cuanto a los principales parámetros de calidad (**figura 12**), en esta campaña el testigo también presentó de nuevo peores

FIG. 9 Evolución del NDVI medio obtenido para cada tratamiento durante la campaña 2018/19.

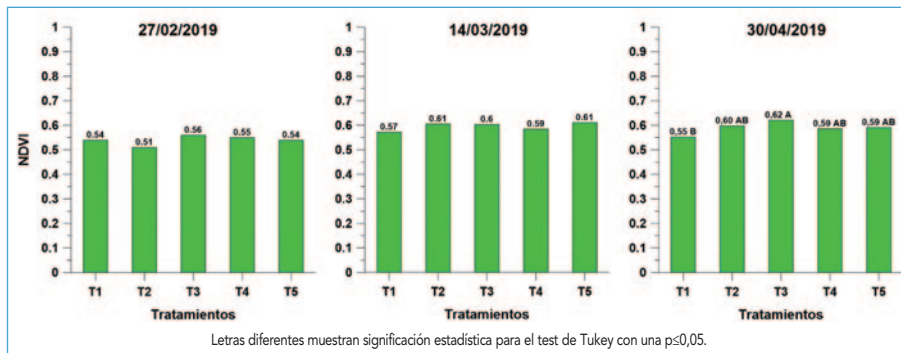


FIG. 10 Biomasa media obtenida para cada tratamiento durante la campaña 2018/19.

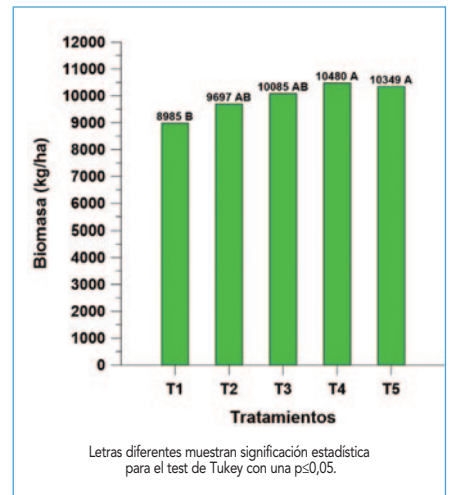


FIG. 11 Principales parámetros productivos medios para cada tratamiento durante la campaña 2018/19.

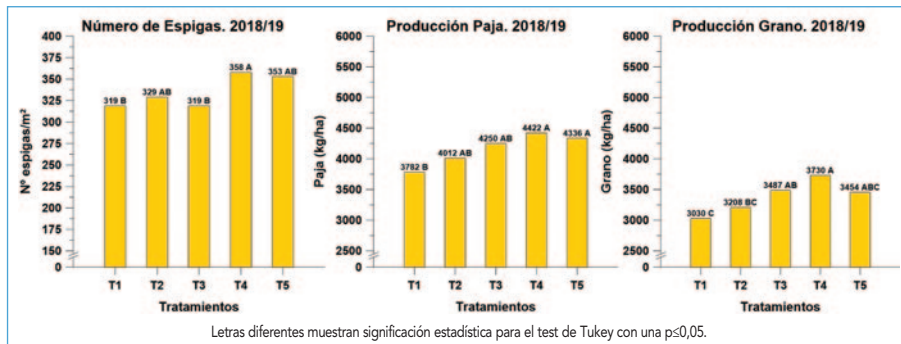
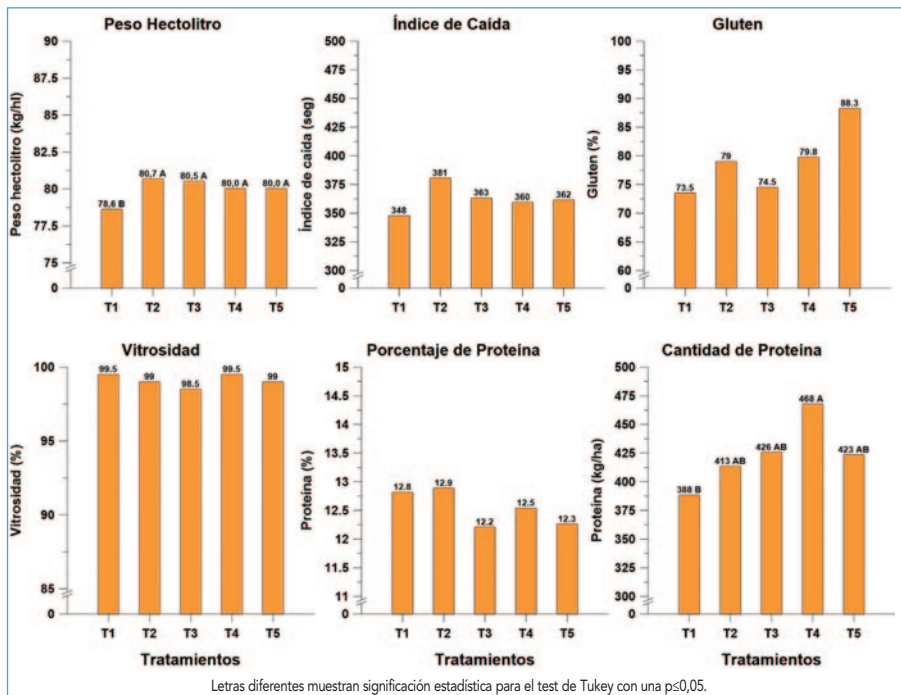


FIG. 12 Principales parámetros de calidad de grano medios para cada tratamiento durante la campaña 2018/19.



resultados, aunque sólo hubo diferencias estadísticamente significativas en el peso por hectolitro de los granos y la cantidad de proteína almacenada en la cosecha.

Conclusiones

Según los resultados obtenidos el uso de productos que mejoren el desarrollo vegetativo de las plantas provoca un incremento final en la producción del cereal, al aumentar su actividad fotosintética y la producción de biomasa, tanto para años muy productivos como para años secos con producciones bajas.

Sin embargo, se aprecia cómo existen diferencias claras en los resultados obtenidos en función del producto utilizado y la forma y fecha de aplicación. Es reseñable cómo la utilización de estos productos no solo incrementó las cosechas, sino que también mejoró la calidad del grano obtenido. ■

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Unión Europea dentro del programa LIFE (Instrumento financiero para el medio ambiente) por cofinanciar el proyecto Life Agromitiga "Development of climate change mitigation strategies through carbon-smart agriculture" LIFE17 CCM/ES/000140 y a Sipcarn Iberia por su colaboración.