

ÁREA DE CONSOLIDACIÓN. AÑO 2016
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS EXTENSIVOS.
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS-U.N.C

RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO EN EL ESTADIO DE HOJA BANDERA DEL CULTIVO DE TRIGO

Autores: Asinari, Matías Pedro
Gastaldo, Juan Martin
Palombo, Bernardo Antonio
Pirani, Gastón Matías

Tutor: Ing. Agr. Cantarero, Marcelo

RESUMEN

El nitrógeno (N) es uno de los principales nutrientes que el suelo debe proporcionar para un adecuado crecimiento del cultivo de trigo y su rendimiento, como así también garantizar una óptima calidad del grano de acuerdo a los estándares de comercialización vigentes. De esta manera la estrategia de fertilización nitrogenada es uno de los componentes de mayor impacto dentro del sistema de producción.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de diferentes niveles de N en aplicaciones en el estadio de hoja bandera completamente emergida. Se evaluaron cuatro niveles de N: 0, 20, 40, y 60 kg/ha, en un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. De todas las variables evaluadas sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en la variable Materia seca total en madurez del cultivo.

Se discuten en el trabajo algunas implicancias de los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

La importancia del cultivo de trigo radica en el impacto que éste genera sobre el sistema, entre los que se pueden mencionar: aportes al margen bruto de las empresas, aporte financiero al inicio de la campaña gruesa, aporte de diversidad, aportes a la siembra directa (distribución y calidad de los rastrojos, mejora la retención e infiltración del agua, disminuye las perdidas por evaporación, previene la erosión eólica e hídrica), alta eficiencia del uso del agua almacenada en el suelo y junto con el maíz son los que aportan mayor beneficio al balance del carbono (Cantarero, 2014).

En la provincia de Córdoba el cultivo de trigo representa un 13 % en promedio del total del país en cuanto a superficie sembrada en una serie histórica desde 1969-2014. En dicha serie existen fluctuaciones que van desde el 4% en el año 2009 hasta un 23% en el año 2007; en la Figura 1 se pueden observar las variaciones de la superficie sembrada a través de los años de dicha serie. En la campaña 2014/15 se sembró un total de 1.141.000 hectáreas en la provincia de Córdoba que representa un 21% del total de la superficie sembrada del país. (SIIA, 2016).

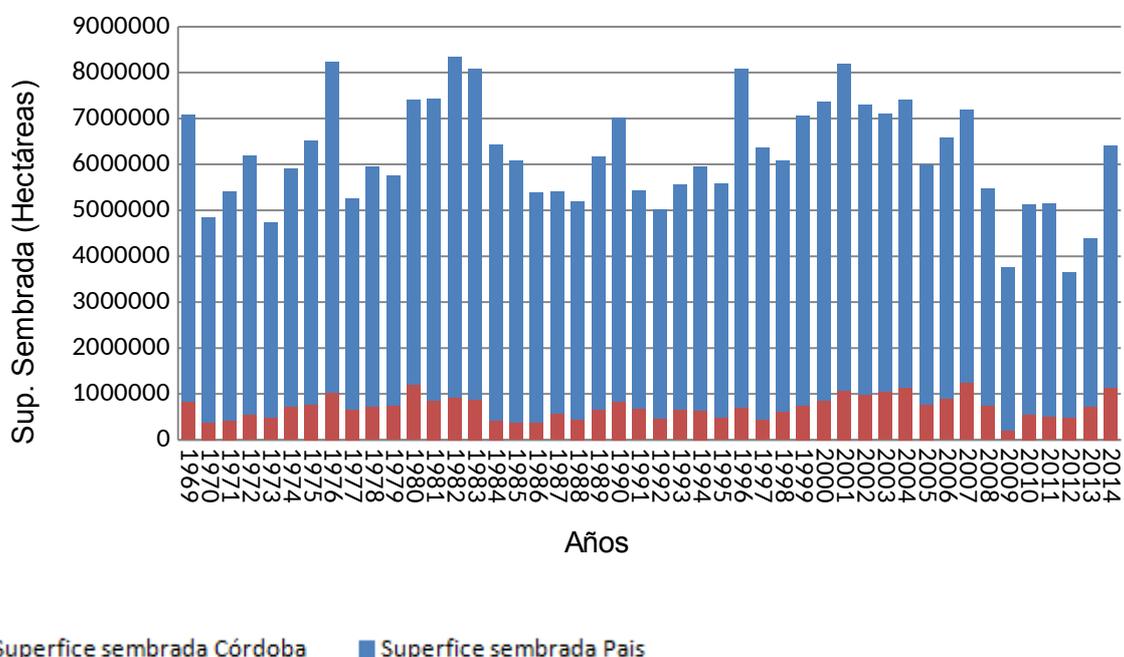


Figura 1. Superficie sembrada de trigo a nivel nacional y en la provincia de Córdoba en el periodo 1969 a 2014. (SIIA, 2016).

En cuanto al rendimiento en la provincia se observa una clara tendencia al aumento a razón de 26,6 kg/ha/año como lo demuestra la Figura 2 (SIIA, 2016). Las causas de este aumento se deben a que por un lado el mejoramiento genético ha tendido a aumentar el rendimiento, también asociado a un aumento a la tolerancia al vuelco; de este modo, da la posibilidad de fertilizar con mayores dosis de nitrógeno, sin aumentar los riesgos de pérdidas por vuelco. Por otro lado la incorporación de la siembra directa benefició física e hídricamente los suelos permitiendo que la mayor parte del agua de lluvia se infiltre en el suelo y esté disponible para los cultivos, disminuyendo sensiblemente la pérdida de agua por escurrimiento superficial y por evaporación, reduciendo la erosión (Michelena y Iruña, 2011; Passioura, 1996).

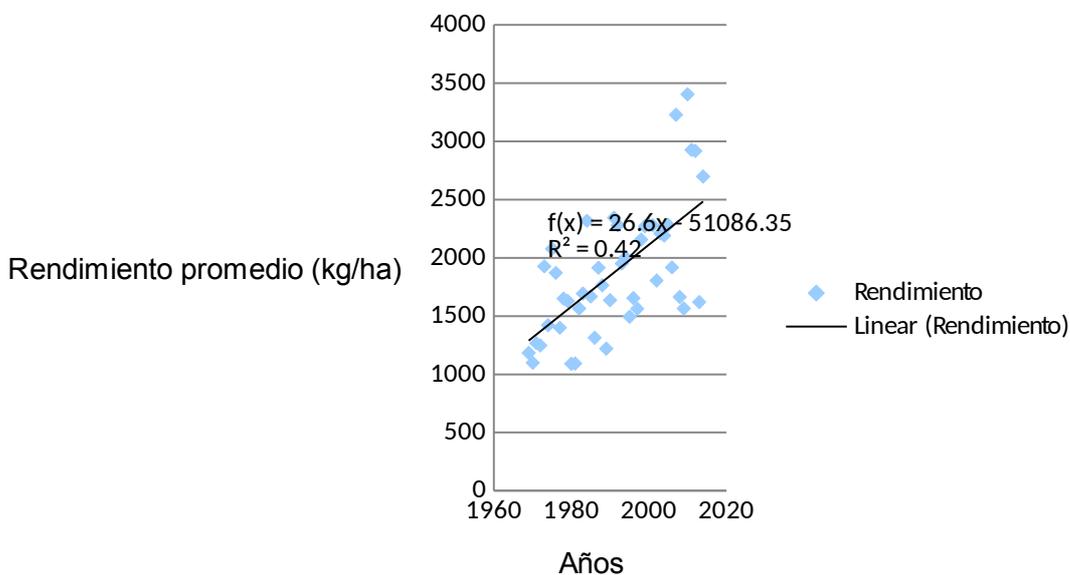


Figura 2. Rendimiento promedio de la provincia de Córdoba del periodo 1969 a 2014. (SIIA, 2016).

El rendimiento de los cultivos está estrecha y positivamente asociado a la biomasa total producida y su partición hacia estructuras reproductivas. La biomasa depende de la capacidad de interceptar luz y de la eficiencia del uso de la radiación (EUR), la partición depende del número de granos y de cómo crecen los mismos. Los nutrientes como el N pueden afectar el rendimiento modificando la interceptación de radiación como también la eficiencia en su uso, la determinación y crecimiento de los granos.

Los requerimientos de nutrientes por parte del cultivo de trigo varían a lo largo del ciclo, determinados por la tasa de crecimiento del cultivo y la composición nutricional de los nuevos tejidos. En el caso de los nutrientes muy móviles como el nitrógeno siguen un patrón característico: durante las fases iniciales del desarrollo, la producción de biomasa y la absorción de nitrógeno son lentas, para pasar luego a una fase exponencial de acumulación de biomasa y nitrógeno, y llegar finalmente al momento de la floración donde se ha absorbido alrededor de un 90 % de la cantidad máxima de nitrógeno que acumula el cultivo de trigo (Figura 3; Slafer et al., 2003; Alvarez, 2006).

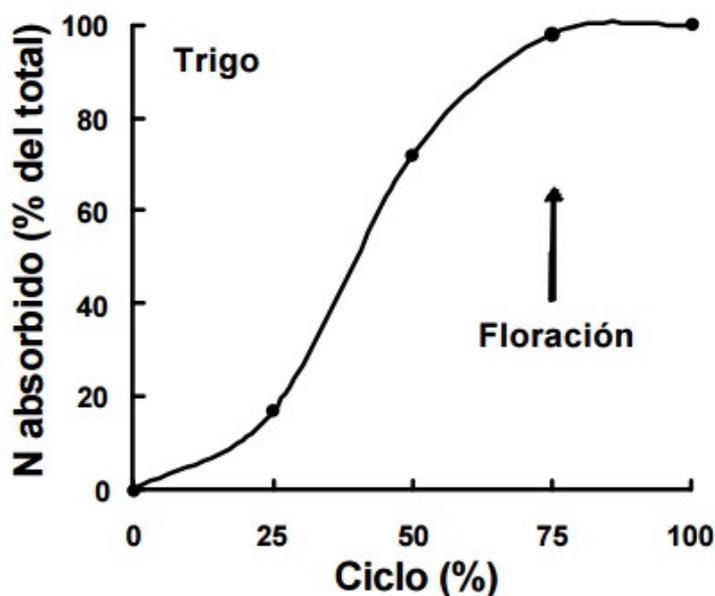


Figura 3. Evolución relativa del nitrógeno absorbido en la biomasa aérea de cultivos de trigo en el Sudeste Bonaerense (Alvarez, 2006).

Hasta este momento ontogénico (floración) existe acumulación de nutrientes en los distintos órganos de la planta y hay poca removilización de un órgano hacia otro. A partir de la floración es evidente la removilización del nitrógeno acumulado en pre floración en los diferentes órganos hacia los granos, siendo las hojas los primeros órganos en removilizarlos (Slafer et al., 2003).

Según Dreccer et al. (2003), es reconocido el efecto de la deficiencia nutricional sobre la senescencia foliar, este proceso condice generalmente con el periodo pos floración y es estimulado por la deficiencia de nitrógeno. En esta etapa

la re-síntesis de proteínas necesarias para mantener hojas verdes y funcionales compite con la removilización de nitrógeno hacia los granos. La reducción de la absorción en la última etapa del ciclo es común, debido a que por un lado la disponibilidad de nutrientes se hace escasa a partir de floración-inicio de llenado de grano y por otro lado, la habilidad del cultivo para mantener o aumentar la captura del nutriente se reduce, fundamentalmente por la reducción de la tasa de crecimiento y expansión de las raíces.

Sabido esto, es de suma importancia llegar a floración-inicio de llenado de grano con buena disponibilidad de nitrógeno, para mantener el mayor tiempo posible las hojas fotosintéticamente activas y optimizar la removilización hacia los granos; por lo tanto una buena actividad de las hojas durante dichos periodos permitirá mantener un buen ritmo de crecimiento de los granos.

Slafer et al. (2003), demostraron que el rendimiento del cultivo de trigo, puede ser explicado analizando sus dos componentes numéricos (número de granos y peso de granos). El número de granos producidos es el que mejor explica las variaciones en el rendimiento final más que cualquier cambio en el peso individual.

En cuanto a la definición del número de granos, éste se produce a lo largo de las distintas etapas del cultivo y fundamentalmente dentro de la etapa reproductiva. Sin embargo, existe un período crítico para la definición de dicho componente que va desde la detección del 1^{er} entrenudo (Z3.2, Zadoks et al., 1974) aproximadamente 20 días pre-floración hasta grano lechoso (Z7.0, Zadoks et al., 1974) alrededor de 10 días post-floración. Así, el número final de granos establecidos dependerá del estado del cultivo al momento de iniciar dicho periodo (stand de plantas, dotación de nutrientes, presión de malezas, plagas y enfermedades) y de las condiciones ambientales que se presentan (temperatura y radiación).

La temperatura afecta negativamente al número de granos, acelerando el desarrollo; por su parte la radiación afecta al número de granos a través de su relación lineal positiva con la tasa de crecimiento del cultivo (Fischer, 1985; Abbate et al., 1997; Slafer et al., 2003).

A diferencia del número de granos, el componente peso de granos se define entre la floración (fecundación) y madurez fisiológica del cultivo. Este último, está determinado por la tasa de acumulación de materia seca del grano y la duración del periodo de llenado. Aumentos en la temperatura media durante el periodo de llenado determinarán un incremento en la tasa de crecimiento del grano que no será compensado por el acortamiento del período. Por lo tanto, las variaciones en la duración del periodo de llenado, producidos por los cambios de las temperaturas medias durante dicho periodo, son los que explican en mayor medida el peso final alcanzado por los granos (Slafer et al., 2003).

Por otro lado el peso final dependerá de la genética de cada cultivar y de las condiciones ambientales durante todo el periodo de llenado. En relación a la disponibilidad hídrica, una baja disponibilidad durante el periodo de llenado disminuye el periodo de acumulación de MS, con la consiguiente reducción en el peso del grano (Slafer et al., 2003).

Como se dijo anteriormente el mejoramiento genético ha tendido a aumentar el rendimiento, pero lo que no se puede pasar por alto, es que dicho mejoramiento llevó a una baja de la proteína por un efecto dilución (Passioura, 1996). Esta baja puede ser manejada con la fertilización nitrogenada, obteniendo respuestas positivas a las aplicaciones, en el porcentaje de proteína (Loewy, 1990).

Si bien ha sido ampliamente reportado que la fertilización nitrogenada entre siembra y macollaje tiende a aumentar el rendimiento, algunos autores indican que la misma, realizada en el periodo cercano a anthesis, provoca un incremento en la concentración de proteína de los granos (Echeverría y Studdert, 1998; Bergh et al., 2000). Por lo tanto, a efectos de maximizar el rendimiento, sin descuidar la calidad de los granos de trigo, resulta necesario evaluar alternativas de fertilización nitrogenada, en lo que respecta a la eficiencia de aplicaciones en macollaje, en relación en estadios tardíos.

El contenido de proteína y el peso hectolítrico del grano, son importantes componentes que determina en gran medida el destino de la producción y consecuentemente el precio, ya que están incluidos dentro de los estándares de comercialización de trigo.

El peso hectolítrico es un parámetro que está directamente relacionado con el potencial de extracción de harinas en el proceso de molienda. Además el peso hectolítrico máximo alcanzable por una línea o variedad depende significativamente de las condiciones ambientales y otros factores externos no controlables. Así, los trigos cultivados bajo riego y en condiciones de cultivo favorables tienden a producir grano con mayor peso hectolítrico, que los cultivados en condiciones de estrés ambiental (sequía, altas temperatura en período de madurez de grano, etc.) (Peña et al. 1998). En cuanto a la respuesta a aplicaciones de nitrógeno vía foliar, Ventimiglia et al. (2014) observaron diferencias positivas significativas en el peso hectolítrico con las mismas.

Según la Resolución 1262/2004, la Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca bajo la norma de calidad de trigo pan, bonifica o castiga el precio de acuerdo a tolerancias máximas para cada grado de calidad y bonificaciones o descuentos para distintos porcentajes de proteína, siendo no bonificados aquellos lotes que contengan menos de 75 kilos por hectolitro. La mercadería que exceda las tolerancias del GRADO 3, será considerada fuera de estándar y en el caso de peso hectolítrico se realizará un descuento del 2% por cada kilo faltante.

En el presente trabajo sólo se describirán las variables de dicha resolución que fueron evaluadas (Tabla 1) y así poder atribuirles su respectivo grado de calidad en el posterior análisis de los resultados.

Tabla 1: Tolerancias máximas de peso hectolítrico para cada grado de calidad y el contenido de proteína en % con sus respectivas bonificaciones o descuentos (Resolución 1262/2004).

Grado	Peso Hectolítrico Mínimo (kg/hl)	Contenido Proteico %	Bonificaciones %	Rebajas %
1	79	Mayor a 11	2	0
2	76	11	0	0
3	73	10,9-10	0	2
		9,9-9	0	3
		Menor a 9	0	4

HIPÓTESIS

Las aplicaciones de nitrógeno vía foliar en el estadio hoja bandera completamente emergida (Z3.9) del cultivo de trigo generan respuestas positivas en el rendimiento y en la calidad (mayor peso hectolítrico y % de proteína).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta en el rendimiento y en la calidad del grano ante aplicación foliar en dosis crecientes de N en el estadio hoja bandera completamente emergida (Z3.9).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Ante dosis crecientes de N:

Medir la materia seca total a madurez del cultivo.

Evaluar el impacto de las mismas sobre el rendimiento y sus componentes (numero de granos/m² y peso por grano).

Calcular el índice de cosecha.

Evaluar la respuesta en los parámetros de calidad (% de proteína y peso hectolítrico)

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en General Roca (32°43'06.16"S 61°52'41.04"O), Córdoba, sobre un suelo *Argiudol típico* Serie Marcos Juárez Clase Ic, de 200 cm de profundidad bajo siembra directa. El lote se mantuvo durante los últimos veinte años bajo agricultura y ganadería alternando cada cinco años, los últimos tres fueron agrícolas, siendo el cultivo antecesor soja (*Glycine max* L).

El análisis de suelo previo a la siembra arrojó los siguientes datos presentados en la Tabla 2.

Tabla 2: Análisis de fertilidad química de suelo.

Profundidad (cm)	Materia orgánica (%)	pH	P Bray 1 (ppm)	N-NO ₃ (ppm)
0 - 20	2,45	5,67	17,1	13

El 20 de mayo de 2015 se sembró la variedad Klein Guerrero con una densidad de 300 semillas/m² (125 kg/ha) y se fertilizó con 100 kg/ha de fosfato mono amónico (grado 12-22-0) en la línea de siembra. Dicha variedad es de Ciclo largo además se encuentra dentro del Grupo 3 de calidad (Trigoklein, 2016). Los grupo 3 son trigos con alto potencial de rendimiento, calidad panadera deficitaria, siendo adecuados para panificación corriente y preferentemente para métodos directos y semidirectos con tolerancia máximas de 8 horas de fermentación (Cuniberti, 2016).

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evaluaron cuatro niveles de N: N0, N20, N40 y N60 (0, 20, 40 y 60 kg N/ha). Cada unidad experimental tenía una dimensión de 10 m² (5m x 2m). Conformado por 10 surcos distanciados 0,20 m entre sí, por un largo de 5 m cada uno.

El 25 de septiembre (128 días después de la siembra) en el estadio de hoja bandera completamente emergida (Z3.9; Zadoks et al, 1974), se realizaron las aplicaciones foliares de UAN (32% de N) con previa dilución en agua para aumentar

el volumen de aplicación. Para realizar las aplicaciones se utilizó una pulverizadora tipo mochila con una capacidad de 20 litros.

El 30 de septiembre (133 días después de la siembra) en el estadio de preinflorescencia no emergida (Z4.0), se realizó un muestreo de materia seca de 0,5 m² por unidad experimental, conformado por 5 surcos por 0,5 m de largo; cada muestra se secó a 60 °C durante 48 hs.

El 30 de noviembre (194 días después de la siembra) a la madurez del cultivo, se muestreó toda la biomasa aérea de una superficie de 1 m² (5 surcos por 1 m de largo), se llevaron las muestras a estufa a 60 °C durante 48 hs, se las pesó y se trilló. Luego se pesaron los granos obtenidos de cada muestra y se calculó el rendimiento. De cada tratamiento se tomaron 200 granos y se pesaron para determinar el peso individual del grano. El número de granos (NG) se calculó como el cociente entre el rendimiento y el peso individual del grano (PG). El índice de cosecha (IC) se determinó como el cociente entre el rendimiento y la biomasa total a madurez. La eficiencia del uso del nitrógeno aplicado resultó del cociente entre producción de granos con respecto al testigo y unidades de nitrógeno aplicadas.

En el laboratorio de calidad de cereales de la E.E.A (INTA Marcos Juárez, Córdoba) se determinaron los parámetros de calidad (% de proteína y peso hectolítrico).

Para la determinación de proteína (Norma AACC Method 39-25, 1998) se utilizó el contenido total de proteína en grano por espectroscopía de transmitancia en el infrarrojo cercano con un equipo NIT Infratec 1241 de Tecator, calibrado con método Kjeldahl. El resultado se expresa en porcentaje.

Para la determinación del peso hectolítrico (Resolución SAGPyA 1262/04) se utilizó un equipo de tecnología infrarroja NIT, Infratec 1241 de Tecator que mide el peso de un volumen de cien (100) litros de trigo, expresado en kilogramos por hectolitro (kg/hl).

Toda la información obtenida fue analizada estadísticamente mediante análisis de varianza (ANAVA) con una confiabilidad de 95% ($p < 0,05$). Cuando el test detectó diferencias entre tratamientos, las medias se compararon a través de la Mínima Diferencia Significativa ($p < 0,05$). Para los análisis se utilizó el programa Infostat (Di Rienzo et al., 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La materia seca total en preinflorescencia no emergida (MSTpre; Tabla 3), demuestra que hasta el momento previo a la aplicación foliar, la producción de materia seca era homogénea entre las parcelas asignadas a cada tratamiento, por lo que la variabilidad encontrada posterior a la aplicación correspondería a efectos del fertilizante.

Tabla 3: Materia seca Total en preinflorescencia no emergida (MSTpre), Materia seca Total en madurez del cultivo (MSTmc), índice de cosecha (IC), Rendimiento (0% de humedad; Rend.), peso por grano (PG), número de grano por unidad de superficie (NG), peso hectolítrico (PH) y % de proteína (Prot.), para cada uno de los niveles de N evaluados (Trat.).

Trat. (kg de	MSTpre (kg/ha)	MSTmc (kg/ha)	Rend. (kg/ha)	IC (%)	PG (mg)	NG (núm./m ²)	PH (kg/hl)	Prot. (%)
0	9304 a	10110 a	3194 a	32 a	32,0 a	10021 a	74,8 a	7,5 a
20	9346 a	10630 a	3487 a	33 a	30,3 a	11532 a	74,9 a	7,9 a
40	9290 a	11700 b	3521 a	30 a	31,5 a	11195 a	73,9 a	7,7 a
60	9204 a	12300 b	3720 a	30 a	31,2 a	11807 a	72,2 a	7,7 a

En cada columna letras iguales no muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

La materia seca total producida a madurez del cultivo fue la única variable que mostró diferencias significativas, los mayores incrementos se observaron en los tratamientos de 40 y 60 kg N/ha con aumentos desde un 16% hasta un 22% con respecto al tratamiento testigo (Tabla 3).

Dreccer et al. (2003) establecieron que la disponibilidad de nutrientes, principalmente nitrógeno, afecta la producción de biomasa y rendimiento: Deficiencias de N producen alteraciones que disminuyen el crecimiento de las hojas y la duración del área foliar de los cultivos (es decir, el tamaño y actividad de las fuentes de fotoasimilados) y disminución en la cantidad y tamaño de órganos reproductivos (es decir, del tamaño y cantidad de destino de los fotoasimilados).

El tamaño y la actividad del área foliar determinan la capacidad del cultivo para acumular biomasa, regulando los procesos de intercepción de radiación y la eficiencia en el uso de la radiación interceptada (Dreccer et al., 2003).

En lo que respecta al rendimiento, a pesar de no haber diferencias estadísticamente significativas, se evidencia una tendencia a un mayor rendimiento en los tratamientos fertilizados (Tabla 3). Esta diferencia fue entre un 9 y 17% superior al testigo en los tratamientos fertilizados, en los cuales se observa un crecimiento lineal a medida que aumenta la dosis de N. Con esto podemos ver que aun aplicando el fertilizante en hoja bandera tenemos una respuesta agronómica en el rendimiento.

Según Pagnan et al. (2016) en su trabajo, la aplicación foliar de N en estado de hoja bandera no generó un incremento significativo de rendimiento, lo que es comparable al nuestro.

Incrementos similares en términos porcentuales en el rendimiento fueron encontrados por Masino et al., (2010) a pesar de no tratarse del mismo momento de fertilización (siembra) para dosis similares, además Masino et al., (2010) obtuvieron respuestas hasta de un 25% con respecto al testigo en dosis de 90 kg N/ha y una caída al 23% en dosis de 120 kg N/ha, tratamientos que no fueron evaluados en nuestro ensayo .

Al comparar los rendimientos obtenidos con el rendimiento promedio (3295 kg/ha) del departamento Marcos Juárez de las últimas diez campañas (SIIA, 2016), vemos que los valores de los tratamientos fertilizados se ubican por encima de la media, no así el testigo.

Analizando la ecuación ($y = 8,06x + 3238,7$) que se obtuvo al relacionar el rendimiento con respecto a las dosis de nitrógeno utilizada, se puede interpretar que por cada kilo de nitrógeno incorporado se tradujo en un aumento de 8,06 kg/ha el rendimiento ($R^2=0,92$; p-valor = 0,0405).

Según Quintero y Boschetti (2009) la eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante aplicado es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización. En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % de N aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del N se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Según ensayos realizados en la década del 90 en la región pampeana muestran una respuesta promedio de 6 a 7 kg de trigo por cada kg de nitrógeno aplicado, con máximos de 12 a 14 kg.

El significado económico de nuestros resultados queda claramente representado en la Tabla 4; Donde es evidente la repercusión económica que tiene una mayor eficiencia en la utilización del N, observable en el tratamiento N: 20, además de ser el único económicamente factible de realizar, ya que a mayores dosis se estaría evidenciando la ineficiencia de su aprovechamiento, con sus respectivo impacto negativo económico. Según Golik et al. (2003) la eficiencia de utilización del N disminuye con la aplicación de N.

Tabla 4: Análisis económico de la fertilización.

Dosis	Respuesta	Eficiencia	Margen según respuesta y costo de aplicación
(kg N/ha)	(kg trigo/ha)	(kg trigo/kg N aplicado)	(US\$/ha)
20	293	14,7	16,4
40	327	8,2	-7,2
60	526	8,8	-5,4
1US\$=14,79 \$	kg N= 1,44 US\$ Kg Trigo= 0,154 US\$		

Según Slafer et al. (2003) las condiciones ambientales que se presentan durante el periodo crítico incidirán de manera importante en el número final de granos. De esta manera, una mayor biomasa acumulada a floración determinará un mayor peso de las espigas, por lo tanto, un mayor número de granos y en consecuencia un mayor rendimiento. Suponemos que la fertilización en hoja bandera (momento que se encuentra dentro del periodo crítico), incidió como describe Slafer et al. (2003) incrementando los rendimientos al producirse mayor biomasa producto de dicha fertilización, aunque no significativamente.

La variable que mayor respuesta genera sobre el rendimiento es el número de granos/m². Cómo se observa en la Figura 6, el rendimiento se asoció significativamente con el NG ($R^2= 0.81$; p-valor= 0,0001), mientras que en la Figura 7 no hubo asociación entre rendimiento y PG ($R^2= 0.01$; p-valor= 0,7363).

Además al analizar el peso del grano con respecto al número de grano/m² (Figura 8) no se observó una asociación significativa ($R^2=0,28$ y un p-valor= 0,0777). Si bien Cárcova et al. (2003) determinaron que los distintos componentes del rendimiento (numero de granos/m² y peso por grano) presentan, entre sí, relaciones negativas y a medida que se incrementa el número de granos por unidad de superficie tiende a disminuir el peso promedio unitario de los granos, en nuestro trabajo, dicha tendencia no se manifestó significativamente, siendo explicado el rendimiento solo por el número de granos.

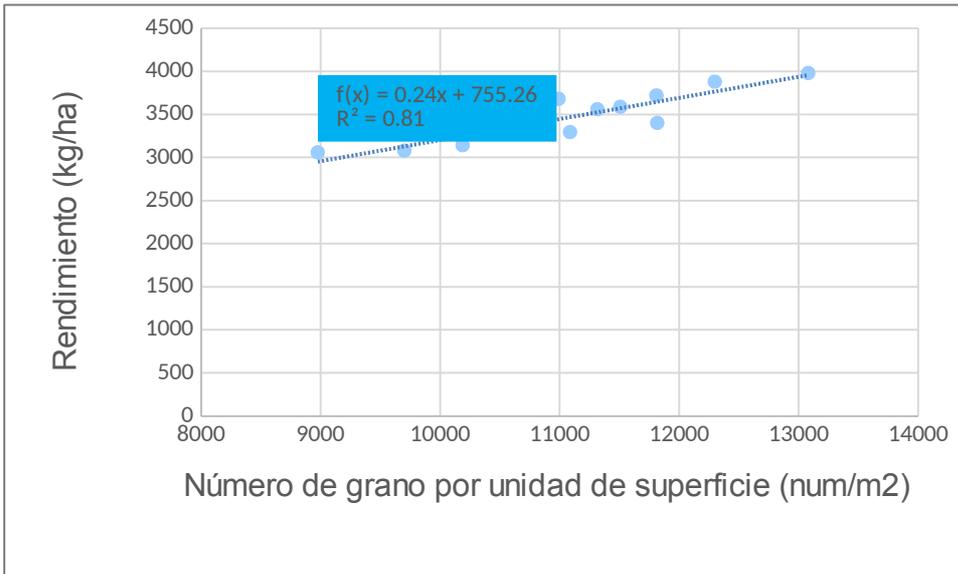


Figura 6: Relación entre el rendimiento (kg/ha) con respecto al número de grano por unidad de superficie (núm/m²).

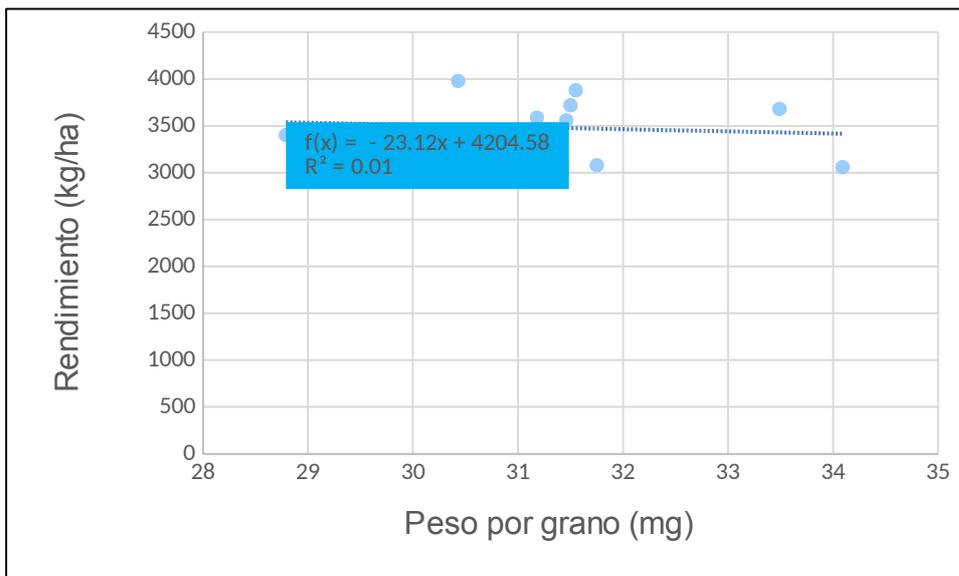


Figura 7: Relación entre Rendimiento (kg/ha) respecto al peso por grano (mg).

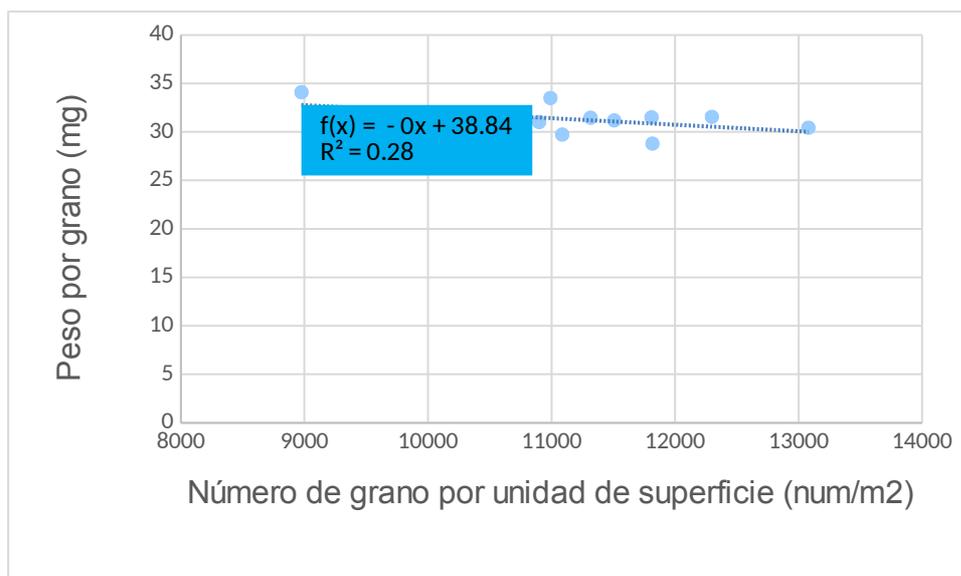


Figura 8: Relación entre el Peso por grano (mg) con respecto al número de grano por unidad de superficie (núm/m²).

Finalizando con nuestro análisis sobre la Tabla 3, evaluaremos la respuesta de la fertilización sobre los componentes de calidad planteados (peso hectolítrico y % de proteína) de suma importancia en lo que hace a la comercialización del trigo.

Al observar la ecuación ($y = -0,044x + 75,27$) obtenida de la relación entre peso hectolítrico con respecto a los 4 tratamientos, observamos una baja en el peso hectolítrico (PH) a razón de 0.044 kg por cada kg de fertilizante aplicado ($R^2 = 0,83$; $p\text{-valor} = 0,0914$), que si bien no hubo una asociación en ellos, ni tampoco diferencias estadísticamente significativas (Tabla 3), es importante tenerlo presente ya que este parámetro es excluyente de las distintas categorías de calidad. Loewy (1990) llegó a la conclusión que el PH de los granos tiene escasas diferencias por fertilización con una tendencia a bajar en los ensayos sin respuestas significativas al nitrógeno.

En tanto, al analizar los porcentajes de proteínas de la Tabla 3 y observar la ecuación ($y = 0,002x + 7,64$) obtenida de la relación entre porcentaje de proteína con respecto a los 4 tratamientos, observamos que por cada kg de nitrógeno aplicado su valor incrementa en 0,002% ($R^2 = 0,10$; $p\text{-valor} = 0,6838$) aunque no hubo una asociación en ellos, ni tampoco diferencias estadísticamente significativas.

Según Pagnan et al. (2016) en su trabajo, la aplicación foliar de N en estado de hoja bandera generó una respuesta significativa en el porcentaje de proteína lo que difiere con el nuestro. Sus mayores rendimientos y más altos porcentajes de proteínas los obtuvieron al fertilizar en macollaje y complementarlo con la aplicación foliar, no observándose los mayores incrementos en el porcentaje de proteína solo con la aplicación en hoja bandera.

Además es importante remarcar los bajos valores de proteína obtenidos para todos los tratamientos desde 7,5 a 7,9% (Tabla 3), otorgándole una mala calidad al grano, quedando los tratamientos N: 0, N: 20 y N: 40 en grado de calidad 3 y el tratamiento N: 60 fuera de estándar, por presentar un PH por debajo del 73 kg/hl. Además deberían ser todos los lotes castigados con descuentos del 4% por contener menos 9% de proteína.

Según Cuniberti (2016) la campaña triguera 2015/16 presentó una señal de alarma generalizada en toda la cadena del trigo por la baja proteína de la producción nacional, la más baja observada históricamente. Además se está estimando un promedio de proteína a nivel nacional del orden del 9% (en la zona central del 9,2% y en la zona sur del 9,3% en la presente campaña), haciendo que el trigo argentino se ubique en el mercado internacional dentro del tipo forrajero para consumo animal. Pensamos que esto se debe principalmente a los bajos niveles de fertilidad del suelo.

Según García, (2005) los niveles críticos de nitrógeno (N suelo + N fertilizante) para la zona sur de Córdoba y Santa Fe son entre 100-150 kg N/ha de 0 a 60 cm, para un rendimiento objetivo de 3200-4400 kg/ha.

Consideramos que el lote donde se realizó el ensayo, estaba por debajo de dicho umbral (cantidad de nitrógeno total estimada en el caso N:60, de 113 kg N/ha), donde a través de los años se fueron empobreciendo los suelos al no llegar a cubrir los requerimientos de los cultivos con la falta de una adecuada fertilización, principalmente nitrogenada. Dicha falta de fertilización, es consecuencia de la falta de rentabilidad de la actividad, lo que obligó de alguna manera a reducir los costos del sistema y extraer estos nutrientes desde los suelos.

Esto nos lleva a pensar que aunque hayamos aplicado fertilizante nitrogenado, siempre nos encontramos por debajo de dicho umbral, por lo que ese suministro fue destinado a rendimiento aunque no de manera significativa, y no alcanzó para aumentar en mayor medida el porcentaje de proteína.

Para terminar con este trabajo concluimos que con aplicaciones de N vía foliar, aun en estadios avanzados del cultivo (Z3.9), se pueden encontrar respuestas agronómicamente positivas en el rendimiento.

Además, concluimos que existe una relación entre productividad y calidad que lleva a un fenómeno de dilución del N aplicado, en una mayor biomasa y consecuentemente el mayor rendimiento se logra a expensas de la calidad.

AGRADECIMIENTOS

A la cátedra de Cereales y Oleaginosas de FCA-UNC y, en particular al Ing. Agr. Marcelo Cantarero por brindarnos su ayuda a través de sus conocimientos, su tiempo y dedicación hacia el grupo siendo el tutor de nuestro trabajo de final de carrera.

A la familia Pirani, por brindarnos el lugar físico para realizar el ensayo, además de su trato cordial.

Al laboratorio del INTA Marcos Juárez por sus servicios prestados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbate, P.E.; Andrade, F.H.; Culot J.P. y Bindraban, P.S. 1997. Grain yield in wheat: effects of radiation during spike growth period. *Field Crops Research*. pp. 245-257.
- Alvarez, R. 2006. Balance de Nitrógeno en Cultivos de Trigo. Campaña 2006. INTA Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/miscelaneas/105/trigo2006_23.pdf
- Cantarero, M. 2014. El Cultivo de Trigo. En: *Sistemas de producción de cultivos extensivos, Cereales y Oleaginosas, Material de clases*. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad nacional de Córdoba.
- Cárcova, J.; Abeledo, L. G. y López Pereira, M. 2003. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. En: *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. pp. 73-98.
- Cárdenas Navarro, R.; Sánchez Yáñez, J. M.; Farías Rodríguez, R. y Peña Cabriales, J. J. (2004). Los aportes del nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2), 173-178.
- Cuniberti, M. 2016. Problemática actual de la calidad del trigo argentino. Campaña 2015/2016. Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Córdoba ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA MARCOS JUÁREZ-ARGENTINA.
http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_trigo_problematica_calidad16.pdf
- Dreccer, M. F.; Ruiz, R. A.; Maddonni, G. A. y Satorre E. H. 2003. Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. En: *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. pp. 490-498.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y Robledo, C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Echeverria, H. y Studdert, G. 2001. Predicción del contenido de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) mediante el índice de verdor de la hoja bandera. *Ciencia del Suelo*, 19 (1):67-74.
- Fischer, R.A. 1984. Growth and yield wheat. In *Proceedings Symposium on potential productivity of field crops under different environments*. International Rice Research Institute, Los Baños, Philipinas, pp. 129- 154.

- Galantini, J. A.; Landriscini, M. R.; Fernández, R.; Minoldo, G.; Cacchiarelli, J. y Iglesias, J. 2004. Trigo: Fertilización con Nitrógeno y azufre en el sur y sudoeste bonaerense. [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/46CA5037CE53135A85257995007A648E/\\$FILE/23.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/46CA5037CE53135A85257995007A648E/$FILE/23.pdf)
- García, F. 2005. Avances en el Manejo Nutricional del Cultivo de trigo. [https://www.ipni.net/ppiweb/pltams.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/822ea6704fdf48d4032570260077a597/\\$FILE/Trigo%20Curso%20SD%20UBA%202005.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/pltams.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/822ea6704fdf48d4032570260077a597/$FILE/Trigo%20Curso%20SD%20UBA%202005.pdf)
- Golik, S. I.; Chidichimo, H. O.; Pérez, D. y Pane, L. 2003. Acumulación, removilización, absorción postantesis y eficiencia de utilización de nitrógeno en trigo bajo diferentes labranzas y fertilizaciones. <http://www.scielo.br/pdf/0D/pab/v38n5/18175.pdf>
- Loewy, T. 1990. Fertilización nitrogenada del trigo en el sudoeste bonaerense. Respuesta en la calidad del grano. http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_8n1/loewy2.pdf
- Masino, A.; Madoery, O. y Puentes, A. 2010. Respuesta del cultivo de trigo a dosis crecientes de nitrógeno. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-respuesta_de_trigo_a_dosis_crecientes_de_nitrogen.pdf
- [Michelena](#), R. O. y [Iruetia](#), C. B. 2011. La Siembra Directa controla la erosión y mejora la fertilidad del suelo. <http://inta.gob.ar/documentos/la-siembra-directa-controla-la-erosion-y-mejora-la-fertilidad-del-suelo>
- Miralles, D. J. 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de Trigo. INTA Rafaela. http://campus.fca.uncu.edu.ar/pluginfile.php/10063/mod_resource/content/0/Trigo_Ecofisiolog_a.pdf
- Pagnan, L.; Pesaola, G.; Bruno, J.; Errasquin, L. y Alladio, R. 2016. Efecto de la aplicación foliar tardía de nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad comercial de cultivares de trigo. http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_trigo_posse_calidad16.pdf
- Passioura, J. B. 1996. Drought and drought tolerance. Plant Growth regulators 20:79-83.
- Peña, R. J.; Ortiz-Monasterio, J. I. y Sayre, K. D. 1998. Estrategias para mejorar (o mantener) la calidad panadera en trigo de alto potencial de rendimiento. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=BwsR8srIzSoC&oi=fnd&pg=PA289&dq=peso+hectolitrico+en+trigo+y+>

nitrogeno&ots=RiMQOW7AP0&sig=s3-s9wMfT6nBU8JfAqHBTo-
PvRE#v=onepage&q&f=false

- Quintero, C. E. y Boschetti, G. N. 2009. Eficiencia de uso del Nitrógeno en Trigo y Maíz en la Región pampeana Argentina. URL: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/05/Eficiencia-de-uso-del-Nitr%C3%B3geno-en-Trigo-y-Ma%C3%ADz-en-la-Regi%C3%B3n-Pampeana-Argentina.pdf>
- Resolución 1262/2004. Norma de Calidad para la Comercialización de Trigo Pan-Norma XX Trigo Pan. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/100000-104999/102083/norma.htm>
- Slafer, G. A.; Miralles, D. J.; Savin, R.; Whitechurch, E. M. y Gonzáles, F. G. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad en trigo. En: Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. pp. 99-132.
- Sistema Integrado de Información Agropecuaria, Programa de Servicios Agrícolas Provinciales, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. http://www.siiia.gov.ar/_apps/siiia/estimaciones/estima2.php (CONSULTA: 24 de febrero de 2016).
- Smart-fertilizer.2016. Publicado en internet, disponible en <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/nitrogen>
- Trigoklein. 2016. Klein Guerrero ciclo LARGO. Publicado en internet, disponible en <http://www.trigoklein.com.ar/variedades/guerrero.html>
- Vetimiglia, L. y Torrens Baudrix, L. 2014. Fertilización foliar nitrogenada complementaría en trigo. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_9_de_julio_fertilizacin_foliar_nitrogenada_compl.pdf
- Zadoks, J.C.; T.T. Chang and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, 14:415-421

Anexo

	ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA MARCOS JUAREZ	Pág 1 de 1
	LABORATORIO DE CALIDAD INDUSTRIAL Y VALOR AGREGADO DE CEREALES Y OLEAGINOSAS	
	Ruta provincial N°12- (2580) Marcos Juarez - Cba - Argentina C.C N°21 - Tel/Fax 03472-425001 Interno 122 E-mail: eeamjuarez.calidad@inta.gov.ar	
INFORME DE ANÁLISIS		

CLIENTE: GASTON PIRANI

N° SOLICITUD/ INFORME: C 46

DIRECCIÓN: CORDOBA

FECHA INFORME: 7/01/16

COSECHA: 2015/16

VARIEDAD: KLEIN GUERRERO

N° ENT. LAB.	DESIGNACION	HUMEDAD GRANO (%)	P.H. (kg/hl)	PROTEINA (%)	PESO 1000 GRANOS (g)	G.H. (*) (%)	G.S. (%)	G.I. (%)
1162	(4) - 20 Kg N	9,30	75,46	8,2	31,74		No Aglutina	
1163	(6) - 20 Kg N	8,70	73,89	7,8	34,78		No Aglutina	
1164	(10) - 20 Kg N	8,90	75,47	7,6	33,4		No Aglutina	
1165	(1) - 40 Kg N	8,50	73,56	7,6	34,08		No Aglutina	
1166	(5) - 40 Kg N	8,20	74,29	7,8	36,48		No Aglutina	
1167	(11) - 40 Kg N	9,00	73,87	7,8	32,66		No Aglutina	
1168	(2) - 60 Kg N	7,80	73,91	7,5	34,22		No Aglutina	
1169	(8) - 60 Kg N	7,70	70,85	7,8	34,12		No Aglutina	
1170	(12) - 60 Kg N	9,10	71,96	8,0	33,64		No Aglutina	
1171	(3) - TESTIGO	9,20	73,45	7,2	33,96		No Aglutina	
1172	(7) - TESTIGO	8,10	75,72	7,6	37,10		NO Aglutina	
1173	(9) - TESTIGO	8,90	75,10	7,6	34,04		No Aglutina	

NOTA: Peso Hecotolítico realizado con vaso de precipitado por falta de muestra.

REFERENCIAS

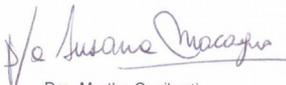
(*) : Gluten Norma IRAM 15864-1 (Agua destilada 2013)

P.H.: Peso Hectolítico

G.H.: Gluten Húmedo

G.S.: Gluten Seco

G.I.: Gluten Index



Dra. Martha Cuniberti
Jefa del Lab. de Calidad
Directora Técnica
cuniberti.martha@inta.gov

Prohibida su reproducción total o parcial sin la autorización escrita del LABORATORIO.
Resultados válidos sólo para las muestras recibidas. Las mismas se conservarán durante 15 días por cualquier reclamo del cliente.

LABORATORIO DE SUELOS Y SEMILLAS

Cooperativa Agropecuaria General Paz de Marcos Juárez Ltda

Solicitante: PIRANI GASTON

N° de Informe: 1132-133

Fecha de recepción de la/s muestra/s: 24-04-2015

Fecha de emisión: 04-05-2015



Identificación del Lote	N° Lab.	pH		Sales Solubles	Materia Orgánica	Fósforo	Nitrógeno		Total
		Potenciometría	Conductividad uS/cm	Walkley y Black (%)	Bray 1 débil (ppm P)	Fenoldi-sulfónico			
						(ppm N-NO3)	(ppm NO3)		
LOTE NORTE.	13133	5, 67	0, 17	2, 45	17, 10	13.	28. 6	0. 180	
pH	Valoración Agronómica	c.e.	Valoración Agronómica	Materia Orgánica (%)	Valoración Agronómica	P ppm	Valoración Agronómica	N-NO ₃ ppm	Valoración Agronómica
5.1 – 5.5	Ácido	0 – 0.5	Normal	< 1.25	Muy	< 5	Muy Bajo		
5.6 – 6.0	Mod. Ácido	0.5 – 1.0	Lig. Alta	1.25 – 2.50	Escaso	5 – 10	Bajo	< 5	Bajo
6.1 – 6.5	Liger. Ácido	1 – 2	Alta	2.50 – 3.50	Moder.	10 – 18	Medio	5 – 12	Medio
6.6 – 7.3	Neutro	2 – 4	Muy Alta	3.50 – 4.50	Bien	18 – 24	Alto	12 – 18	Medio
7.4 – 7.8	Liger. Alcalino	> 4	Ext. Alta	4.50 – 6.50	Rico	> 24	Muy Alto	18 – 24	Muy Alto