

Efecto de la fertilización nitrogenada en trigo bajo siembra directa



Tutor: Ing. Agr. (Mag.) Roberto Kiessling

Consejero: Ing. Agr. (Dr.) Juan Manuel Martínez

Ing. Agr. (Mg.) Gabriela Minoldo

Departamento de Agronomía

Universidad Nacional del Sur

Bahía Blanca, 2021

Andrés Hernandorena



El presente trabajo surgió de un Convenio entre la Universidad Nacional del Sur y
PROFERTIL S.A.



Agradecimientos

- ❖ A los docentes de la cátedra de fertilidad, el Ing. Agr. (Dr.) Juan Manuel Martínez y el Ing. Agr. (Mag.) Roberto Kiessling, por dejarme participar en este proyecto y fundamentalmente por la ayuda brindada para poder culminarlo.
- ❖ A mis padres, Griselda y Carlos, por facilitarme las condiciones para poder realizar una carrera universitaria.
- ❖ A mi hermana Agustina, pilar fundamental de apoyo durante toda mi etapa universitaria.
- ❖ A mis compañeros y grandes amigos, por todo lo compartido y aprendido en este tiempo. Amigos que se alegran por los logros obtenidos y apoyan en los fracasos.

A todos muchas gracias de corazón.

Contenido

Índice de tablas	4
Índice de figuras	5
Resumen	6
Introducción	7
Hipótesis	16
Objetivos	16
Materiales y métodos	17
Descripción del sitio experimental	17
Descripción del ensayo.....	17
Eficiencias de uso del nitrógeno	21
Análisis económico.....	21
Análisis de datos	22
Resultados y discusión	23
Características climáticas	23
Medidas resumen	24
Análisis de correlación.....	25
Análisis ANOVA	27
Contrastes ortogonales	30
Eficiencias	31
Análisis económico.....	33
Conclusión	34

Índice de tablas

Tabla 1: fases de desarrollo fenológico	8
Tabla 2: Requerimientos nutricionales e índice de cosecha (García & Correndo, 2016).	11
Tabla 3: Diseño del ensayo de larga duración.....	19
Tabla 4: Variables de cultivo analizadas.	20
Tabla 5: Coeficientes para los contrastes ortogonales según efecto estudiado	22
Tabla 6: variables analizadas con medias, máximos y mínimos.	24
Tabla 7: Correlación entre variables.	26
Tabla 8: Probabilidad del F para las fuentes de variación del ensayo, coeficiente de determinación y variación.	27
Tabla 9: Medias de tratamientos y comparación por diferencia mínima significativa	28
Tabla 10: comparación entre grupos de medias.	30
Tabla 11: Eficiencias resultantes.....	32
Tabla 12: Análisis económico.	33

Índice de figuras

Figura 1: Distribución del área sembrada de trigo en Argentina.....	9
Figura 2: Evolución de la producción de trigo en argentina.	10
Figura 3: Campo Naposta donde se realizó el ensayo.....	19
Figura 4: Precipitaciones mensuales promedio B. Blanca años 2019; Histórico serie (1860-2016).	23
Figura 5: temperaturas mensuales promedio B. Blanca años 2019; Histórico serie (1961-2017)	24
Figura 6: Rendimiento (kg/ha) en función de la dosis (kg/ha).....	31
Figura 7: ecuación lineal del Ncos vs dosis.	32

Resumen

El sudoeste bonaerense (SOB) se ubica en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires, siendo el trigo (*Triticum aestivum* L.) el primer cultivo en orden de importancia en los sistemas de producción. Esta región se caracteriza por poseer como principales factores limitantes del crecimiento y del rendimiento del cultivo al agua y al nitrógeno (N), por ser éstos deficientes. El N tiene la particularidad de tener deficiencias en ciertas épocas del año, y a su vez es requerido en grandes cantidades por los cultivos, siendo el trigo el cereal que mayor necesidad del mismo posee. Por éstos motivos es el nutriente que mayormente limita la producción vegetal. El ensayo se realizó en Colonia Napostá en la campaña 2019 sobre un ensayo de larga duración (ELD) comenzado en 2009. El predio se ubica a 35 km de la ciudad de Bahía Blanca sobre la Ruta Provincial 33, el mismo pertenece a la UNS.. El diseño estadístico consiste en cuatro bloques completos al azar con seis tratamientos cada uno, con parcelas de 60 m². Los tratamientos consisten en aplicación de fertilizante en forma de urea en diferentes dosis (0, 40 y 80 kg⁻¹) y tres momentos (emergencia, macollaje y fraccionada la mayor dosis repartida en partes iguales entre las antes mencionadas).El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en diferentes dosis y momentos sobre las variables del cultivo a cosecha

Introducción

El trigo (*Triticum spp.*) es un cultivo anual perteneciente a la familia de las *Poaceas*, las plantas poseen raíces fasciculadas que suelen llegar a medir un metro o más, aunque el 50% de las mismas se encuentran en los primeros 25 cm de suelo. El tallo tiene una particularidad debido a que en la fase vegetativa está constituido por una masa de células, denominándose meristema apical. De este mismo se producen brotes axilares que van a ser los futuros macollos. En la época de encañado se alarga, llevando entre 4-8 nudos, produciendo un tallo erecto, herbáceo y sin ramificaciones, llevando consigo las hojas envainadoras en cada nudo. La parte de los entrenudos son huecos y la posición del nudo es macizo. Llega a una altura de entre 60 y 120 cm según la especie. Las hojas son alargadas y rectas, paralelinervadas y terminadas en punta, con una longitud de aproximadamente 15-25 cm. En cada nudo nace una hoja, compuesta por una vaina, una lámina, y en la unión de estas dos se encuentran las aurículas y la lígula. Al terminar el proceso de encañazón aparece la espiga envuelta en la última hoja (hoja bandera), ésta es la estructura reproductiva, llamándose espiga de espiguillas, ya que posee un eje llamado raquis en el cual se insertan las espiguillas alternadamente a izquierda y derecha, llegando a contener entre 15-25. Cada espiguilla posee externamente dos glumas, y posee de 3 a 5 antecios dispuestos en un eje llamado raquilla. Cada antecio compone una flor, cubierto por una lemma y una pálea. El trigo pertenece al género de plantas autógamas, esto quiere decir que se autofecunda. Gracias a esta característica cada variedad de trigo puede conservar el desempeño agronómico año tras año. Produce un fruto llamado cariopse, posee una forma ovoide con sus extremos redondeados con una ranura en la parte ventral, está protegido por una delgada capa llamada pericarpio, el resto del grano es en su totalidad endosperma, en este caso de constitución harinosa. (Sacado de: <https://trabajoinformatica1516.wordpress.com/morfologia-y-fisiologia/>).

Al ser un cultivo invernal tiene buena resistencia y adaptación a las bajas temperaturas, ya que, la mayoría de su ciclo ocurre en el periodo invernal. Su rango de temperatura ronda entre 3-33°C, siendo la óptima entre 10-25°C. Aunque tenga buena adaptación a bajas temperaturas hay épocas en su ciclo donde los cambios bruscos de temperatura pueden afectar los tejidos en crecimiento, y hasta interferir negativamente en el rendimiento. En la época de emergencia la plántula es susceptible a bajas temperaturas pudiéndose observar muerte de plántulas, luego en macollaje va adquiriendo mayor resistencia. En el encañado comienza un periodo de susceptibilidad teniendo su máximo riesgo en floración-antes, es así que se llama periodo crítico a este momento del ciclo.

Los requerimientos de agua son bastante bajos, teniendo un óptimo de 400-500 mm/ciclo, pero puede desarrollarse desde 250-2800mm anuales.

Los suelos más adecuados para un crecimiento adecuado son los fértiles, sueltos, libre de inundaciones y profundos. El pH debe rondar entre 6 y 7,5, en suelos ácidos es bastante difícil esperar un buen crecimiento. Incorporar trigo en una rotación ayuda a mejorar la estructura del suelo, mejora la aireación, la permeabilidad y retiene mejor el agua.

Crecimiento y desarrollo son los procesos que ocurren en simultaneo durante el ciclo del cultivo. El primero se refiere a la acumulación de biomasa, mientras que desarrollo se refiere al avance de estados morfológicos o fisiológicos que van ocurriendo durante el ciclo de cultivo. Estos dos procesos están regulados genéticamente y a su vez tienen influencia del ambiente, es por esto que el desempeño de crecimiento y desarrollo (fenología) puede ser diferente entre variedades y, dentro de las mismas, respecto a las condiciones climáticas (Abatte & Divito, 2017). (<https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2017/10/Resumen-Manual-Trigo-IPNI.pdf>).

Para describir los estados morfológicos externos del cultivo se utiliza la escala de Zadoks (Zadoks et al., 1974), siendo la más utilizada para este fin. Los estados que describe pueden ser procesos de desarrollo y otros de crecimiento. Esta escala divide al ciclo de cultivo en etapas principales, y a su vez éstas se subdividen en etapas secundarias, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: fases de desarrollo fenológico

Tabla de las fases de desarrollo siguiendo la escala decimal Zadoks (Z0.0 a Z9.9)					
Etapa principal	DESCRIPCIÓN	Sub-fase	Etapa principal	DESCRIPCIÓN	Sub-fase
0	Germinación	0.0-0.9	5	Espigado	5.0-5.9
1	Producción de hojas TP	1.0-1.9	6	Antesis	6.0-6.9
2	Producción de macollos	2.0-2.9	7	Estado lechoso del grano	7.0-7.9
3	Producción de nudos TP (encañado)	3.0-3.9	8	Estado pastoso del grano	8.0-8.9
4	Vaina engrosada	4.0-4.9	9	Madurez	9.0-9.9

Según J.C. Zadoks, T.T. Chang y C.F.

TP: tallo principal

Sacado de:

https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/44598/mod_resource/content/1/Trabajo%20de%20epidemiolog%C3%ADa%20Escala%20de%20Zadoks.pdf.

Nuestro país cuenta con una superficie continental de alrededor de 280 millones de hectáreas de las cuales 37,5 millones están ocupadas por cultivos agrícolas. Los principales cultivos que ocupan esa superficie son: soja, trigo, maíz, girasol, sorgo y cebada. En cuanto a la producción de Argentina, los cultivos mencionados suman alrededor de 137 millones de toneladas de las cuales 19 millones respectan al cultivo de trigo.

Actualmente, Argentina, es aún, uno de los 5 primeros exportadores mundiales de trigo, el cual fue históricamente su cultivo insignia. El trigo es el tercer cereal más cultivado en el mundo, después del maíz y el arroz. Las principales provincias de Argentina productoras de trigo, en orden decreciente son Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, entre Ríos y La Pampa. (figura 1)

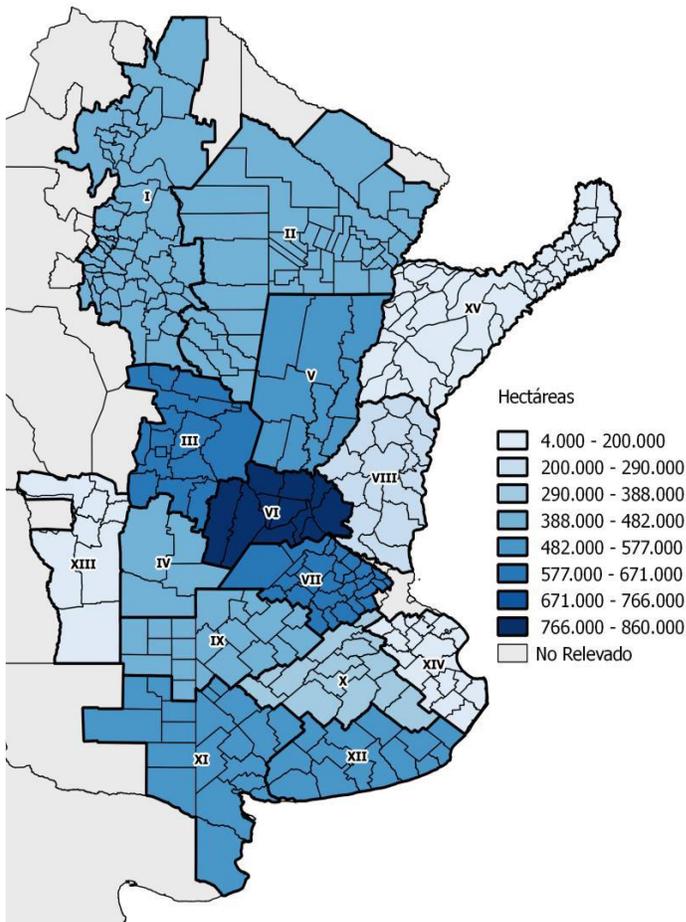


Figura 1: Distribución del área sembrada de trigo en Argentina.

De acuerdo a la campaña 2018/2019, la producción del mismo fue de 19 millones de toneladas con una superficie sembrada de 6,46 millones de hectáreas. Estos valores, duplican los resultados en los últimos 5 años y sostienen una tendencia ascendente.

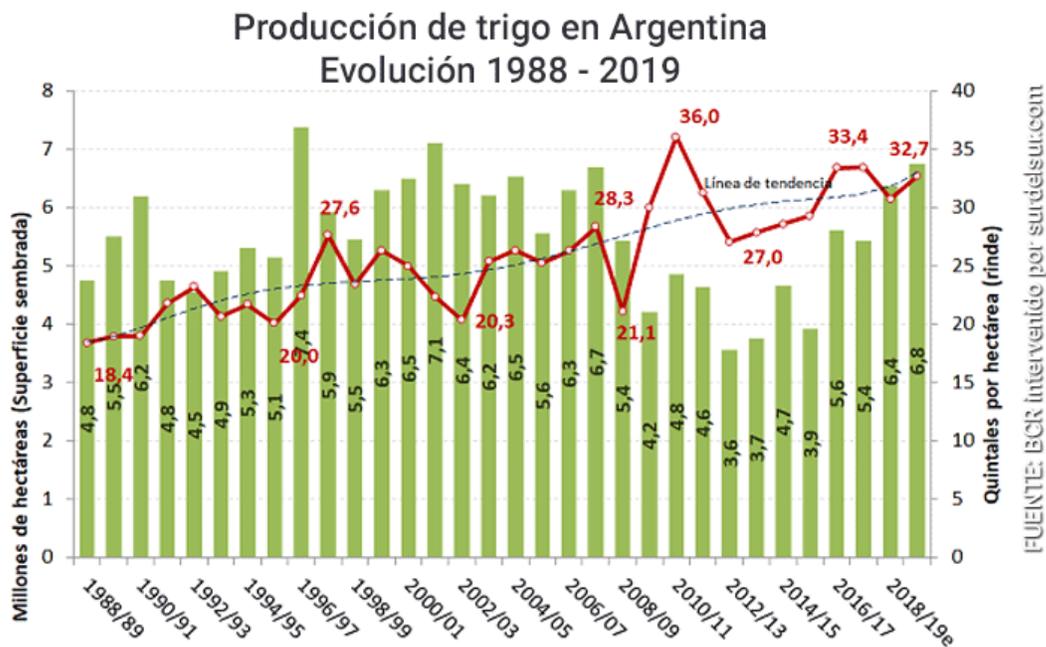


Figura 2: Evolución de la producción de trigo en Argentina.

Efectivamente como se puede observar en la figura 2, a partir de diciembre de 2015, la política de disminución de las retenciones, tendió a la recuperación del sector. En ese momento resultaron beneficiados el trigo, maíz, girasol y otros cultivos, con retenciones del 11%, medida dirigida a restablecer el equilibrio, entre el cultivo de los distintos cereales. Después que asume el gobierno el presidente Alberto Fernández, y en función del déficit fiscal, se fijaron retenciones del 12 % para el trigo.

Despega la campaña 2014/15 con 11,2 Mt, un 10,9% más que la campaña anterior. (Bolsa de Cereales). Se obtienen valores ligeramente inferiores en la temporada 2015/2016, el área sembrada fue de 3,9 Mha con una producción de 10,9 Mt. (GEA de la BCR). Se produce entonces un considerable aumento del 57% de la producción, llegando a 17 Mt para 2017/2018, con un área sembrada de 5,4 Mha (Bolsa de Cereales de Buenos Aires).

Se destacan los valores estimados para la campaña de trigo 2019/2020, que continúa la tendencia ascendente con 6,8 Millones de hectáreas sembradas y 19,5 Millones de toneladas de producción.

Resumiendo, en los últimos cinco años, Argentina duplicó la producción de trigo y triplicó sus exportaciones. Para la campaña 2019/20, se espera que la tendencia se profundice, alcanzando el volumen de cosecha y despachos al exterior más altos de su historia.

Con la difusión de la siembra directa se propone la agriculturización, lo que implica mayor dependencia de insumos. Con la finalidad de evaluar la influencia de la fertilización sobre la estabilidad de los rendimientos de los cultivos de grano y la evolución de parámetros edáficos, que hacen a la integridad del recurso suelo, se realiza - desde 2009 - una investigación comparativa de 10 años de duración. Se estudia el efecto de la fertilización nitrogenada sobre un monocultivo de trigo bajo SD sobre variables edáficas y del cultivo. Los resultados parciales obtenidos (2009-2018) han sido publicados en trabajos anteriores (Orden et al., 2010; Orden et al., 2011; Gutiérrez et al., 2012; Kiessling et al., 2013; Borisov 2016)

Tabla 2: Requerimientos nutricionales e índice de cosecha (García & Correndo, 2016).

Nutriente	Requerimiento (kg/t grano)	Índice de cosecha
N	30	0,69
P	5	0,80
K	19	0,21
Ca	3	0,14
Mg	4	0,63
S	5	0,34
B	0,025	0,5
Cu	0,01	0,75
Fe	0,137	0,99
Mn	0,07	0,17
Zn	0,052	0,50

Con lo que respecta al manejo, como mencionamos anteriormente, es importante disminuir las pérdidas y solapar la mayor oferta de nutriente con la mayor demanda del cultivo, asegurándonos los componentes del rendimiento. Es por esto, que es importante ser precisos en dos factores: el momento y la dosis de fertilizante a agregar.

Teniendo en cuenta el primer factor mencionado, en el cultivo de trigo se puede aplicar a la siembra o postergado, siendo ésta última una práctica recomendada en las zonas más húmedas (Ron & Loewy, 2000). Otra opción es la del fraccionamiento de la dosis total de N a aplicar, entre siembra y macollaje.

El momento en que el N está disponible para el cultivo de trigo determina su absorción y translocación en la planta.

Cada una de las fechas de aplicación posee sus ventajas relativas. La gran cantidad de resultados diferentes es consecuencia de los muchos factores que pueden modificar la eficiencia en el uso del N. Estudios similares han demostrado que las aplicaciones fraccionadas, comparándola con aplicaciones en un solo momento, han resultado en una mayor recuperación de N por la planta (López-Bellido et al., 2012); una disponibilidad temprana se traduce en rendimientos mayores, mientras que en etapas tardías tiende a mejorar la calidad proteica del grano (Sarandón & Caldiz, 1990; Sarandón et al., 2000).

El otro factor mencionado es la dosis, En base al nivel del elemento encontrado en el análisis de suelos y, en función del potencial productivo para dicha zona, se determinará la dosis del fertilizante nitrogenado para arribar al rendimiento esperado, y en algunos casos, proteína deseada, haciendo uso de un balance simplificado de N.

El balance de nutrientes es la diferencia entre aquellos que entran y los que salen de un sistema definido. En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales. Esta definición permite estimar balances nutricionales de un lote en una campaña agrícola, a partir de los nutrientes que egresan del suelo en los granos y forrajes cosechados, en los productos animales y en los residuos de cultivos que son transferidos a otros lotes. Los ingresos de nutrientes al suelo están constituidos por los aportados por fertilizantes, abonos orgánicos y, en el caso de nitrógeno, por la fijación de N₂ del aire. El aporte de nutrientes de los residuos de cultivos realizados en el mismo lote no se incluye entre los ingresos, porque se considera un reciclaje dentro del mismo sistema suelo.

Para la aplicación de estos balances, una de las ecuaciones más utilizadas es la propuesta por García et al. (1994):

$$N_f + N_a + N_{mo} + N_{ii} = N_p + N_g + N_l + N_e + N_{iim} + N_{if}$$

Los términos que correspondientes a los ingresos son:

N_f = N aportado por el fertilizante.

N_a = N aportado por fijación biológica y/o lluvias.

N_{mo} = N mineralizado de la materia orgánica.

N_{ii} = N inorgánico inicial.

Los términos correspondientes a los egresos son:

N_p = N absorbido por la planta.

N_g = N perdido en formas gaseosas.

N_l = N perdido por lavado.

N_e = N perdido por erosión.

N_{iin} = N inorgánico inmovilizado.

N_{if} = N inorgánico final.

Para la estimación de estos términos se considera que:

Debido a la baja residualidad del N, es aconsejable minimizar el nitrógeno inorgánico final ($N_{if} = 0$).

El N_a no es significativo para no-leguminosas.

N_p , N_l y N_e son función del N disponible durante el ciclo del cultivo.

N_{ii} se puede estimar por análisis de suelos.

La diferencia entre N_{iin} y N_{mo} puede ser definida como N mineralizado (N_{min}).

Una simplificación del balance es el modelo empírico propuesto por González Montaner para trigo (AACS 1998). El mismo se basa en complementar la cantidad de N – nitratos del suelo a la siembra (N_{ii}) con fertilizante N_f hasta lograra una disponibilidad objetivo (Z) que optimiza la eficiencia agronómica.

$$N_f = Z - N_{ii}$$

Los valores de Z pueden derivarse de la siguiente tabla.

Zona	Valor Z (kg/ha)
N de Buenos Aires	90
Oeste arenoso	70
SO con tosca a mas de 80 cm	125
Mar y sierras papero sin tosca	150
Mar y sierras con riego	175

Cabe destacar que el momento y dosis de fertilización puede dar resultados distintos según las condiciones climáticas del año, la zona y los niveles de producción. Esto se debe a las diversas interacciones entre los factores edáficos, climáticos, de manejo y genotipo, que hacen que la relación entre disponibilidad de N y rendimiento sea compleja.

Como sabemos el número de granos por unidad de área es el componente de rendimiento con mayor peso en el rendimiento final, y está estrechamente relacionado con las condiciones en que se desarrolla el cultivo, entre estos la nutrición nitrogenada. El número de granos se compone de multiplicar el número de plantas por unidad de área, el número de espigas por planta y por los granos que contiene cada espiga (García, 2004) (<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807141622.pdf>).

El momento de aplicación de N en el cultivo de trigo se lo puede hacer a la siembra o luego de implantado en la época de macollaje, esta última practica es generalmente recomendada en las zonas más húmedas, además de estas dos, otra alternativa es realizar el fraccionamiento de la dosis total de N a aplicar, haciéndolo entre siembra y macollaje (Ron & Loewy, 2000).

En ciertas ocasiones una disponibilidad muy alta de N en etapas iniciales del cultivo es perjudicial, debido a que existe una proliferación excesiva de macollos y una caída en rendimiento en grano y/o deterioro de su calidad. En controversia una disponibilidad alta de N en inicio del encañado puede favorecer la sobrevivencia de macollos y la formación de espigas (García, 2004).

Además del efecto que produce la fertilización de N sobre los componentes del rendimiento, se debe conocer la demanda en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, esto lleva a lograr hacer un uso más eficiente del N. Desde la emergencia hasta inicio de macollaje la absorción de N es escasa, generalmente suplida por el N en el suelo, luego de esta etapa se va incrementando de forma más o menos lineal conforme comienza a macollar el trigo, y luego entra en una fase exponencial al inicio del encañado, siendo este periodo el de máxima absorción diaria de N debido a la producción de biomasa, luego en la etapa de la floración decae la absorción, estos patrones pueden variar entre genotipos y ambientes. En inicio de macollaje se puede llegar a una absorción diaria de 1,5-2 kg/ha de N, y es necesario aplicar fertilizante si el suelo no puede cubrir esta demanda, ya hacia fin de macollaje el trigo ha absorbido aproximadamente un tercio de sus requerimientos totales, y pasando a la etapa de alargamiento de la caña, durante

fin de macollaje y dos nudos visibles la absorción diaria ronda los 4-5 kg/ha de N (García, 2004).

La absorción de N por parte del trigo aplicada como fertilizante urea a la siembra depende de las condiciones ambientales. Se ha estimado que aproximadamente en promedio un 40% de N es recuperado, con aplicaciones de entre 30-60 kg/ha, y es menor con dosis mayores de N. Esta baja eficiencia con aplicaciones a la siembra puede estar asociada a la reducción de la disponibilidad del N en el suelo, como lo son la pérdida de nitratos por lavado en el perfil del suelo o hacia la atmosfera en forma de gas, por estos motivos y teniendo en cuenta el patrón de absorción por parte del cultivo, debemos tener en cuenta que el riesgo de pérdida de N aplicado inicialmente como fertilizante es evidente. Cuando la cantidad de N aplicado a la siembra es elevada vamos a tener mayores pérdidas, al igual que en siembras tempranas, ya que, es mayor la exposición del N a los procesos que causan dichas pérdidas (García, 2004).

Una de las estrategias para aumentar al máximo la eficiencia de fertilización es hacer un fraccionamiento del N total a aplicar, esto sería sincronizar la aplicación del fertilizante con la demanda en cada estado de crecimiento del cultivo, y así tendremos poco N susceptible a perderse. El objetivo principal del fraccionamiento de es reducir la cantidad de N que se pierde. Alcanzar un 100% de eficiencia de recuperación del N aplicado es impensable, pero si utilizando esta práctica se llegara a 50% disminuiría el costo de producción del trigo y el riesgo ambiental. Varios estudios obtuvieron los rendimientos más altos y mejores resultados económicos cuando se aplicó una dosis moderada de N a la siembra, que es entre 20-60 kg/ha y luego se refertilizó cuando finalizó el macollaje (García, 2004).

De todo lo hablado anteriormente y sabiendo que existe variabilidad en las precipitaciones entendemos que hacer aplicaciones tardías tiene la ventaja de poder evaluar las condiciones meteorológicas previo a la labor, siendo la más importante la lluvia, y en base a esto planear la aplicación del fertilizante, teniendo en cuenta la disponibilidad de agua en el suelo y el pronóstico (Cantamutto et al., 1986).

Hipótesis

1. El desarrollo y producción del trigo es afectado por el momento y dosis de aplicación del N.
2. Las aplicaciones de N fraccionadas favorecerían la producción de trigo comparándolas con la aplicación en un solo momento.

Objetivos

- Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento, sus componentes y la calidad del grano de trigo pan.
- Estudiar el efecto de la dosis y momento de aplicación sobre el cultivo.
- Estudiar los efectos de una única aplicación de fertilizante nitrogenado en siembra-emergencia o macollaje, comparándola con el fraccionamiento de la dosis en ambos momentos.

Materiales y métodos

Descripción del sitio experimental

El ensayo de larga duración (ELD) se encuentra ubicado en un establecimiento rural ubicado en Colonia Napostá, a una distancia de 35 km de la ciudad de Bahía Blanca sobre la Ruta Nacional 33, cabecera del partido con igual nombre y sede de la Universidad Nacional del Sur. El mismo se realiza desde el año 2009.

La precipitación media anual es de 560 mm (medias tomadas desde 1860 al 2006). Estas precipitaciones son heterogéneas a lo largo del año, siendo las estaciones más lluviosas el otoño (mayor pico de precipitaciones) y primavera. Por el contrario, los meses más secos corresponden a junio, julio y agosto, y se registra una estación semiseca en enero y febrero, cuando la evapotranspiración potencial es el doble de las precipitaciones, provocando casi imposibilitando la producción de cultivos de verano.

Descripción del ensayo

El lote destinado al ELD hasta el año 2008 registraba una historia con más de 20 años de pastoreo sobre praderas naturales. Algunas de las especies presentes hasta esa fecha eran *Amelichloa*, *Nassella*, *Pappophorum* y *Stipa*. En 2008, un año previo a que comience el ELD, se sembró trigo pan, con sistema de labranza convencional y sin fertilización. Cosechado el trigo se dio comienzo al ELD utilizando siembra directa hasta la fecha. La topografía del sitio experimental, con edafoclima ústico-térmico, corresponde a un paisaje plano, con algunas ondulaciones resultado de episodios eólicos, procesos de erosión/deposición, y eventos de origen marino.

El diseño estadístico es de cuatro bloques completos al azar, con un tamaño de unidades experimentales de 60 m². La profundidad efectiva del suelo es de 80 cm en la parte superior de la ladera (Bloque I), y cercana al metro en los restantes bloques.

Orden et al. (2011), realizaron una descripción detallada de la variabilidad espacial y las condiciones iniciales del suelo con respecto a la fertilidad en el sitio de ensayo. Por medio de esta investigación se clasificó el suelo como *Paleustol Petrocálcico* (Soil Survey Staff, 2010), franco grueso térmico, con la característica de no presentar limitaciones físicas para la producción.

Para las condiciones generales de la fertilidad química, en las muestras de suelo tomadas al inicio del ensayo, se obtuvieron valores coherentes a la textura y frecuentes para la zona, obteniendo valores de capacidad de intercambio catiónico de 14,3 cmol kg⁻¹ y 17 g kg⁻¹ de carbono orgánico. El pH 7,6, ligeramente alcalino, no representando una limitación para el crecimiento del trigo.

Los valores de nutrientes disponibles al comienzo del ensayo fueron los siguientes:

Fosforo extraíble (Bray y Kurtz), 9 mg kg⁻¹, correspondiéndole una baja a moderada disponibilidad.

Potasio asimilable adecuado con un valor entre 367-461 mg kg⁻¹.

La disponibilidad de calcio es alta e intermedia para el magnesio, el suministro de este último podría verse perjudicado debido a la alta relación Ca:Mg.

Bien provisto de Hierro y Manganeso.

Cobre y Zinc moderadamente provisto.

El Boro extraíble tiene un valor de 1,8 mg kg⁻¹ siendo 4 veces mayor al promedio informado para los Ustoles de la zona.

El diseño de tratamientos consistió en una combinación de diferentes dosis y épocas de aplicación de fertilizante nitrogenado con cuatro bloques completos al azar (Tabla 3).

Tabla 3: Diseño del ensayo de larga duración.

Tratamiento	Nomenclatura	Dosis total (kg N ha ⁻¹)	Época de aplicación	
			Ne	Nm
1	0	0	0	0
2	40e	40	40	0
3	80e	80	80	0
4	40m	40	0	40
5	80m	80	0	80
6	40e + 40m	80	40	40

Ne: aplicación en siembra-emergencia; Nm: aplicación en macollaje.



Figura 3: Campo Naposta donde se realizó el ensayo.

En el año 2019, el 25 de marzo previo a la siembra se realizó barbecho químico utilizando la combinación de glifosato, 2,4 D sal ester; y una segunda pulverización en mayo con el agregado de Picloran. Luego se sembró el sitio experimental el 19 de junio, utilizando para realizar esta tarea una sembradora juber con separación de hileras de 17.5 cm con el agregado de 80 kg de Super Fosfato Triple (0-20-0). Cabe mencionar que previamente se

realizaron muestreos de suelo con el fin de calcular la dosis de base de fosforo. La variedad utilizada fue ACA 360 con una densidad de 110 kg/ha.

Luego de la emergencia, se realizó el 26 de junio la fertilización de forma manual con nitrógeno utilizando urea aplicado en forma manual. Además, se realizó el muestreo de suelo para la determinación de humedad y N inorgánico. Posteriormente, el FECHA se realizó la fertilización de macollaje siguiendo los mismos pasos.

Una vez llegado a madurez fisiológica el FECHA se cosecho de forma manual y aleatoria 4 metros lineales de cada tratamiento. Esas muestras se la llevaron al laboratorio del departamento y se pesaron para la determinación de materia seca (MS). Luego, se cortaron las espigas y se pesaron para calcular el número de espigas por metro cuadrado (ESPm²). A continuación, se trillaron las mismas y se pesaron los granos para estimar rendimiento (REND), peso de mil semillas (P1000) utilizando un contador de semillas y peso hectolitrico (PH) utilizando el método del enrase.

Tabla 4: Variables de cultivo analizadas.

Variable	Abreviatura	Unidades	Determinación-cálculo
Biomasa aérea cosecha	Bac	kg ha ⁻¹	Cosecha 4 m lineales
Numero Espigas m ⁻²	ESPm ²	-----	Conteo 4 m lineales
Rendimiento	REND	kg ha ⁻¹	Cosecha 4 m lineales
Índice de cosecha	IC	-----	Por cálculo IC = REND/MS
Peso de mil granos	P1000	G	Conteo y pesaje
Granos m ⁻²	GRANm ²	-----	Por cálculo GRANm ² = REND*10/ PMIL
Granos por espiga ⁻¹	GRANESP	-----	Por cálculo GRANESP = GRANm ² / ESPm ²
Peso hectolítrico	PH	kg hL ⁻¹	Pesaje de volumen.
Proteína	PROT	%	NIR
Nitrogeno cosechado	Ncos	kg ha-1	Por cálculo REND * %N/100

Eficiencias de uso del nitrógeno

Con las variables rendimiento (REND) y N cosechado por biomasa (Ncos) se ajustaron ecuaciones lineales en función de la dosis de N aplicada. Se obtuvieron la eficiencia agronómica (EAGR) y la eficiencia de recuperación (EREC) utilizando las pendientes de las ecuaciones resultantes. Luego, con estos dos datos se calculó la eficiencia fisiológica (EFIS) mediante el cociente entre EAGR y EREC. Por último, los requerimientos de N del cultivo se calcularon a través de la inversa de la EFIS.

Análisis económico

Para el análisis económico de la respuesta a la fertilización se tomaron los valores del precio trigo y de la urea granulada, el costo de aplicación de fertilizante al voleo y precio del dólar a diciembre 2019.

Precio trigo: 200 u\$s t⁻¹

Precio urea granulada: 450 u\$s t⁻¹

Costo de aplicación de fertilizante al voleo: 10 u\$s ha⁻¹

Precio del dólar a diciembre 2019: 51,2 \$ u\$s⁻¹.

De los mismos y con las medias de rendimientos del ensayo se elaboró la tabla con los costos adicionales por la aplicación de urea, al igual que los ingresos adicionales que se reciben por los mayores rendimientos en comparación con el testigo, y el margen bruto, resultante de restar ambas variables.

Se estimó la relación kg de grano: kg de N⁻¹ (R). También, se calculó la dosis óptima económica (DOE) ajustada a la ecuación de rendimiento en función de la dosis de N aplicada.

Análisis de datos

Para los análisis estadísticos de resultados se utilizó estadística descriptiva, que incluye la media, coeficiente de variación (CV), valores mínimos y máximos, mediana, cuartil 1 (Q1) y cuartil 3 (Q3). Para encontrar posibles valores erráticos se utilizaron gráficos de caja y brazos (box-plot). Para evaluar el efecto de las fuentes de variación (tratamiento y bloque) se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), comparación de medias por diferencia mínima significativa de Fisher al 5% (DMS). También se compararon grupos de medias a través de contraste ortogonales (Tabla 4). Se evaluó la relación entre las variables del rbcultivo mediante correlaciones de Pearson. Se realizaron regresiones lineales simples entre REND y Ncos con la cantidad de N aplicado. Se utilizó el software estadístico INFOSTAT para la realización de todos los análisis (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Tabla 5: Coeficientes para los contrastes ortogonales según efecto estudiado

Tratamientos	testigo	40e	80e	40m	80m	40e+40m
Efectos de contraste						
1 fertilizado vs testigo	-5	1	1	1	1	1
2 emergencia vs macollaje	0	-1	-1	1	1	0
3 fraccionamiento vs aplicación única	0	0	1	0	1	-2
4 40 kg N ha ⁻¹ vs 80 kg N ha ⁻¹	0	-3	2	-3	2	2
5 interacción entre dosis y épocas	0	-1	1	1	-1	0

Resultados y discusión

Características climáticas

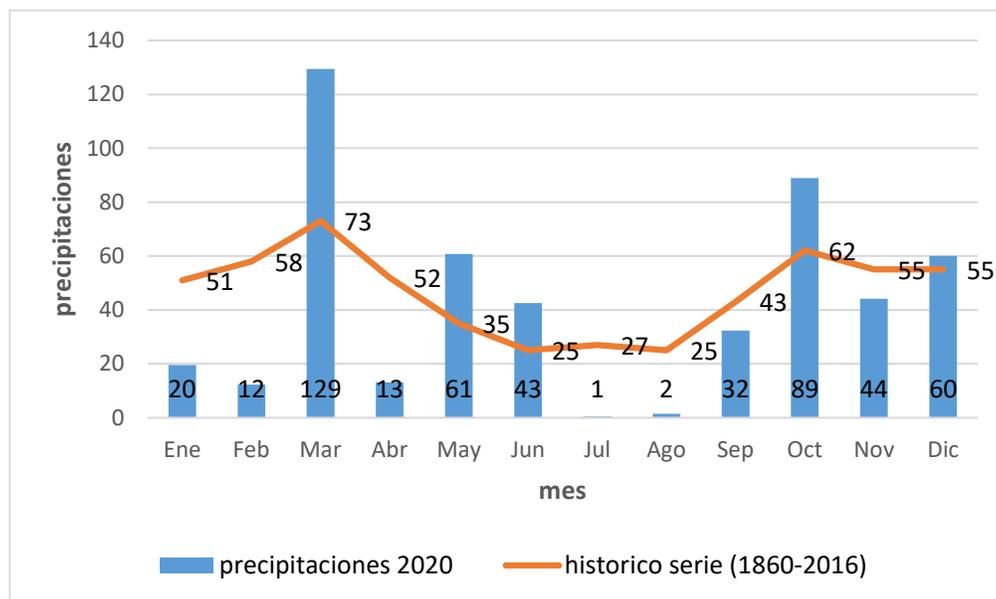


Figura 4: Precipitaciones mensuales promedio B. Blanca años 2019; Histórico serie (1860-2016).

En esta campaña las precipitaciones fueron por debajo de la media histórica (560mm). Las lecturas del pluviómetro cercano al sitio experimental acumularon un total de 505 mm anuales. Si bien hubo meses muy por encima de la media histórica también hubo meses que ocurrió lo contrario, siendo los meses más lluviosos marzo y octubre; y los menos lluviosos julio y agosto. Con lo que respecta al mes de la siembra del cultivo se registraron 43 mm, lo cual resulto importante en la buena implantación del mismo. En el mes de octubre se registraron 89 mm, obteniendo una buena provisión de agua en el perfil del suelo para cubrir los requerimientos hídricos del período crítico del cultivo que impactan fuertemente en el rendimiento.

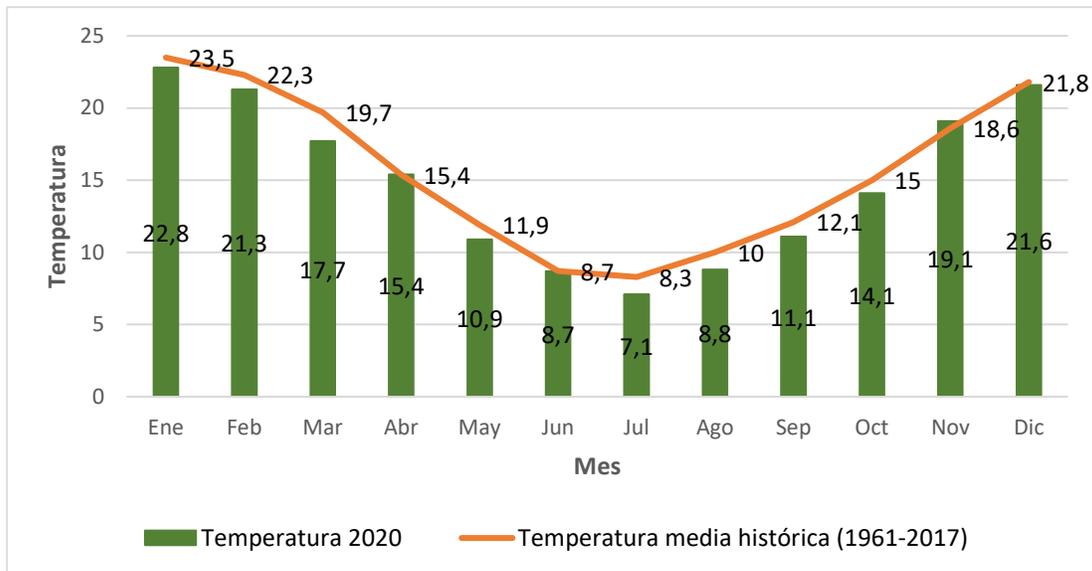


Figura 5: temperaturas mensuales promedio B. Blanca años 2019; Histórico serie (1961-2017)

En la figura 5 se muestra las temperaturas medias mensuales y la media histórica de la serie (1961-2017). Como se puede observar, no hubo demasiadas variaciones siguiendo un patrón normal para la región. Cabe aclarar, que en el mes de julio se registraron temperaturas un poco inferiores a la media histórica pero sin comprometer el desarrollo del cultivo.

Medidas resumen

A continuación, se muestra una tabla sin discriminar por tratamientos ni bloques, mostrando las medias, máximos y mínimos de todas las variables analizadas.

Tabla 6: variables analizadas con medias, máximos y mínimos.

Variable	N°	Media	D.E.	Mín	Máx
Bac	24	6784,33	1079,55	4442,90	8600,00
ESPM ²	24	387,16	70,15	261,43	540,00
GRANm ²	24	7357,42	1272,73	4531,18	9576,73
GRANESP	24	19,09	1,78	15,70	23,58
REND	24	2709,25	415,16	1865,71	3413,29
IC	24	0,40	0,02	0,36	0,44
P1000	24	37,04	2,35	33,68	41,18
PH	24	77,99	2,83	68,66	81,83
PROT	22	13,06	1,97	9,30	16,10
Ncos	24	62,02	16,07	31,69	88,61

El rendimiento promedio fue de 2709,25 kg/ha siendo un valor por encima del promedio de la zona que varían entre 1600-1900 kg/ha (López et al., 2013), esto lo atribuyo a la escala experimental del ensayo. Con lo que respecta a espigas/ m² (ESPM²) el promedio fue 387,16 siendo un valor aceptable para la implantación del cultivo.

El peso de 1000 granos fue de 37,04 gr siendo un valor alto para la región, siendo un valor directamente relacionado con las ESPM². El índice de cosecha promedio (IC) fue de 0,40, un valor aceptable para el ciclo del cultivo y genética del mismo. El peso hectolitrico (PH) promedio fue de 78 ubicando al trigo como grado 2 en la norma de comercialización, lo cual es aceptable.

Análisis de correlación

En la siguiente tabla se muestra el análisis de correlación, el mismo explica la asociación entre las variables estudiadas.

Tabla 7: Correlación entre variables.

	Bac	ESpm2	GRANm2	GRANESP	REND	IC	P1000	PH	PROT	Ncos
Bac	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESpm2	0,88	1	-	-	-	-	-	-	-	-
GRANm2	0,94	0,87	1	-	-	-	-	-	-	-
GRANESP	0,1	-0,27	0,22	1	-	-	-	-	-	-
REND	0,93	0,81	0,94	0,22	1	-	-	-	-	-
IC	-0,25	-0,24	-0,07	0,3	0,13	1	-	-	-	-
P1000	-0,41	-0,49	-0,54	-0,13	-0,23	0,52	1	-	-	-
PH	-0,12	-0,13	-0,23	-0,22	0,01	0,35	0,7	1	-	-
PROT	0,61	0,59	0,72	0,26	0,5	-0,32	-0,83	-0,7	1	-
Ncos	0,89	0,82	0,96	0,25	0,86	-0,11	-0,6	-0,39	0,86	1

Los valores pintados de **rojo** correlacionan con un pvalor > 0,001, **azul** pvalor >0,01 y **verde** pvalor >0,05. Dicho esto, como se puede observar en la tabla 7, el rendimiento (REND) correlaciona muy bien y de forma positiva con ESPm2, Bac GRANm2, resultado esperable ya que son variables que inciden directamente con el mismo. Además, cabe destacar que también correlaciona positivamente con nitrógeno cosechado, siendo lo esperado ya que gran parte del nitrógeno se encuentra en el grano.

En cuanto al peso de mil granos (P1000), correlaciona en p valores aceptables y de forma negativa con Bac, ESPm2 y GRANm2, siendo coherente ya que a mayor producción de espigas y granos por metro cuadrado mas chicos van a ser esos granos y por ende menor P1000.

Con lo que respecta a proteína que contiene el grano, tuvo una correlación aceptable y de forma positiva con Bac, ESPm2 y GRANm2, esto quiere decir que el suelo estaba bien provisto del nutriente y lo vemos reflejado en que la proteína del grano no disminuyo aun produciendo gran cantidad de granos por metro cuadrado. Otra observación es la correlación negativa con el peso de mil granos, resultado esperable ya que a mayor tamaño de grano más “diluida” se encuentra la proteína.

Análisis ANOVA

Como se dijo anteriormente, se analizó estadísticamente las diferencias entre los tratamientos mediante el análisis de la varianza y el método de Fisher con un error menor al 5%.

Tabla 8: Probabilidad del F para las fuentes de variación del ensayo, coeficiente de determinación y variación.

variable	p-tratamiento	p-bloque	CV
Bac	0,0005	0.0015	8,3
ESM²	0,0106	0.0006	10,51
GRANm²	0,0002	0.0015	8,58
GRANESP	0,5072	0.6186	9,68
REND	0,0153	0.0488	10,91
IC	0,9538	0.4683	6,62
P1000	0,0039	0.0278	4,09
PH	0,0022	0.1604	2,39
PROT	<0,0001	0.0033	4,6
Ncos	0,0173	0.0002	28,95

Como se observa en la tabla 8, valores (pvalor) inferiores a 0,05 arrojan diferencias significativas entre medias. Tal es el caso de producción de materia seca (Bac), espigas por m² (ESM²), granos por m²(GRANm²), rendimiento de grano (REND), peso de mil granos (P1000) y peso hectolitrico (PH). Las variables que no hubo diferencias significativas entre tratamientos fueron granos por espigas (GRANESP) pvalor:0,5072 y el índice de cosecha (IC) con un pvalor de 0,9538.

Tabla 9: Medias de tratamientos y comparación por diferencia mínima significativa

	Bac	ESpm ²	GRANm ²	GRANESP	REND	IC	P1000	PH	PROT	Ncos
Testigo	5582 D	324 C	5674 C	17,67 A	2246 C	0,40 A	39,79 A	80,17 AB	9,77 E	38,17 C
40e	6732 BC	374 BC	7030 B	18,71 A	2708 AB	0,41 A	38,73 AB	80,64 A	11,65 D	55,05 B
80e	7614 A	418 AB	8176 A	19,88 A	2989 A	0,40 A	36,50 BC	76,79 CD	14,1 B	73,18 A
4 (40m)	6093 CD	363 BC	6944 B	19,08 A	2512 BC	0,41 A	36,16 C	78,49 ABC	12,83 C	56,25 B
5 (80m)	7002 AB	396 AB	7841 AB	20,11 A	2757 AB	0,40 A	35,19 C	74,19 D	15,13 A	72,62 AB
6 (40e + 40m)	7682 A	446 A	8479 A	19,07 A	3043 A	0,40 A	35,84 C	77,65 BC	14,6 AB	76,87 A

De la tabla 9 observamos la comparación entre las medias de todas las variables analizadas. El objetivo es comparar todos los tratamientos con el testigo (1), diferenciando con color rojo los tratamientos que hubo diferencia significativa.

En el caso de la producción de materia seca se observa que los tratamientos 2, 3, 5 y 6 se diferencian del testigo; efecto que se le atribuye a que estos tratamientos se los fertilizo en emergencia del cultivo, no siendo el tratamiento 5 que se utilizó una dosis alta de fertilizante en macollaje.

Con respecto a espigas por metro cuadrado observamos que los tratamientos que se utilizó dosis altas de fertilizante se diferenciaron con el testigo, atribuyendo esta diferencia al mayor contenido de nitrógeno disponible para el cultivo que se ve reflejado en mayor desarrollo de espigas por planta.

En producción de granos por metro cuadrado todos los tratamientos demostraron diferenciarse del testigo, ya que este no recibió aporte de nitrógeno por parte del fertilizante en todo el ciclo del cultivo.

Teniendo en cuenta la variable peso de mil granos, los tratamientos se diferenciaron del testigo cuando se utilizó dosis altas de fertilizante o cuando se suministró en macollaje del

cultivo. Este efecto se atribuye a que es una variable que se define terminando el ciclo del cultivo, razón por la cual, un alto contenido de nitrógeno en esta etapa implica un mayor desarrollo de la masa de los granos, mayor peso de mil y por ende mayor rendimiento.

El peso hectolitrico mostro diferencias significativas en los tratamientos que se utilizó dosis altas, efecto similar al mencionado para peso de mil semillas

En el caso del rendimiento de grano por hectárea se vieron diferencias con el testigo en los tratamientos que se fertilizo en emergencia, efecto que se explica con una mayor producción de macollos y mejor establecimiento del cultivo que se refleja con mayor rendimiento del mismo. Obviamente cabe aclarar, que dosis altas en macollaje tienden a aumentar el rendimiento y emparejar el efecto producido por la fertilización en emergencia. Además, cabe aclarar, que el tratamiento que se obtuvo mayor rendimiento fue el de la dosis fraccionada (6), efecto que se explica por mejor aprovechamiento del nutriente por parte del cultivo, disminuyendo las pérdidas del mismo.

Las variables índices de cosecha y granos por espigas no mostraron diferenciarse con el testigo asumiendo que se debe a efectos gobernados por la genética del cultivo y no así por la nutrición del mismo.

En el caso de la proteína, todos los tratamientos se diferenciaron estadísticamente con el testigo, siendo el de mayor contenido proteico el tratamiento 5. Este efecto se explica por el solapamiento entre el aporte de alta dosis de nitrógeno en macollaje y el periodo en el cual se conforman los granos.

Contrastes ortogonales

Tabla 10: comparación entre grupos de medias.

	1. (fertilización)	2. (Emergencia vs macollaje)	3. (fraccionamiento o vs aplicación)	4. (40 kg N ha ⁻¹ vs 80 kg N)	5. (interacción entre dosis y épocas)
MS	0,0003	0,0421	0,0197	0,0062	0,9619
ESpm2	0,0041	0,4287	0,0207	0,0782	0,7915
GRANm2	<0,0001	0,5153	0,014	0,0056	0,6991
GRANESP	0,1136	0,7508	0,7238	0,2506	0,9395
REND	0,0037	0,1673	0,0876	0,0955	0,9056
IC	0,8924	0,8531	0,8039	0,3612	0,8531
P1000	0,0012	0,0217	0,3596	0,0523	0,4167
PH	0,0215	0,0224	0,9056	0,0005	0,8094
PROT	<0,0001	0,0033	0,0047	<0,0001	0,8993
Ncos	0,0026	0,3113	0,0864	0,3425	0,2519

El diseño de tratamientos se presta para una comparación de grupos de medias tal como se planteó con los contrastes ortogonales propuesto en materiales y métodos. En el primer contraste se comparó los tratamientos fertilizados con el testigo, y los resultados arrojaron diferencias significativas para producción de materia seca, espigas por m², granos por m², rendimiento, peso de mil semillas, peso hectolitrico, proteína y nitrógeno cosechado. Por el contrario, para las variables índice de cosecha y granos por espiga no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos fertilizados y el testigo.

Luego se comparó la época de fertilización contrastando emergencia y macollaje. Los resultados arrojaron diferencias significativas para producción de materia seca, peso de mil semillas, peso hectolitrico y proteína.

En el caso del fraccionamiento de la dosis, los resultados fueron positivos para MS, ESpm2, GRANm2 y proteína.

De la comparación de dosis bajas y altas, resultaron de forma positiva producción de materia seca, granos por m², peso hectolitrico y proteína. Para las demás variables no hubo diferencias significativas.

Para el contraste entre dosis y época no hubo ninguna interacción entre las variables analizadas.

Eficiencias

En la Figura 6 y 7 se observan los modelos que maximizan el ajuste de la relación entre REND y Ncos con la dosis de N aplicado en los diferentes momentos. En base a los contrastes y comparación de medias, no se diferenció estas relaciones por época de aplicación. En la Figura 6 se aprecia la fase lineal de respuesta en rendimiento a la fertilización para dosis menores a 35 kg N ha⁻¹ maximizando el coeficiente de determinación. La pendiente de la recta constituye una estimación de la eficiencia agronómica en el ensayo (EAGR), siendo la misma de 15 kg grano kg N⁻¹. El ajuste análogo para Ncos (Figura 7) provee de una estimación de la recuperación aparente del fertilizante (EREC) siendo de 0,65 kg N absorbido kg N aplicado⁻¹ hasta la dosis de 47 kg ha⁻¹.

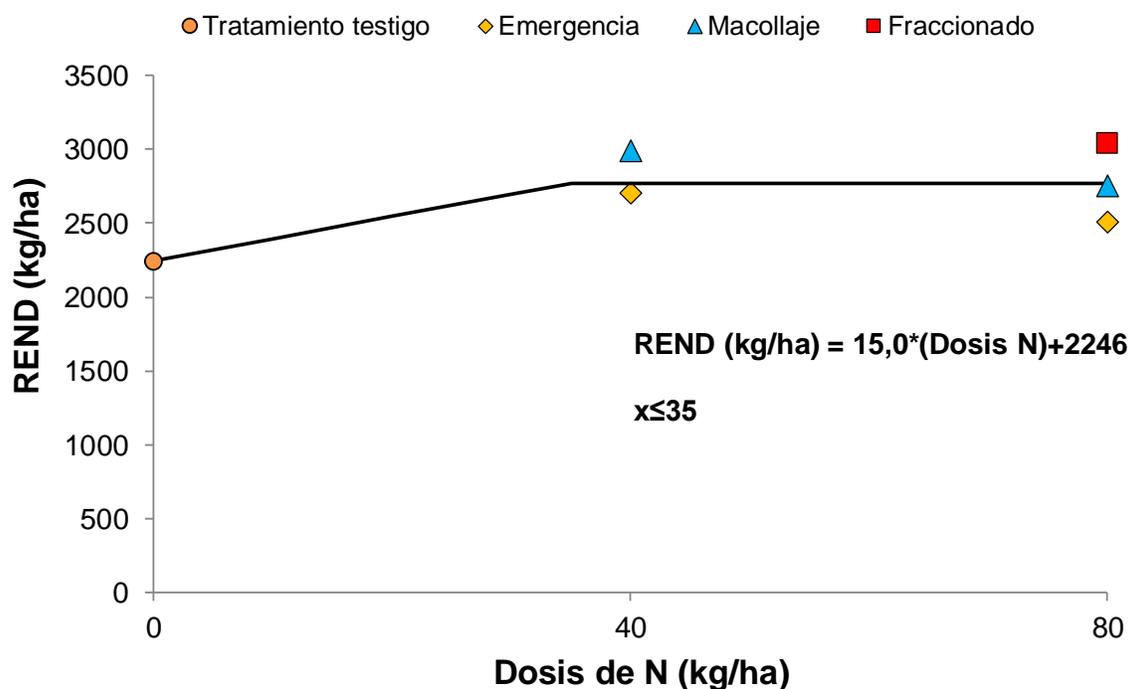


Figura 6: Rendimiento (kg/ha) en función de la dosis (kg/ha).

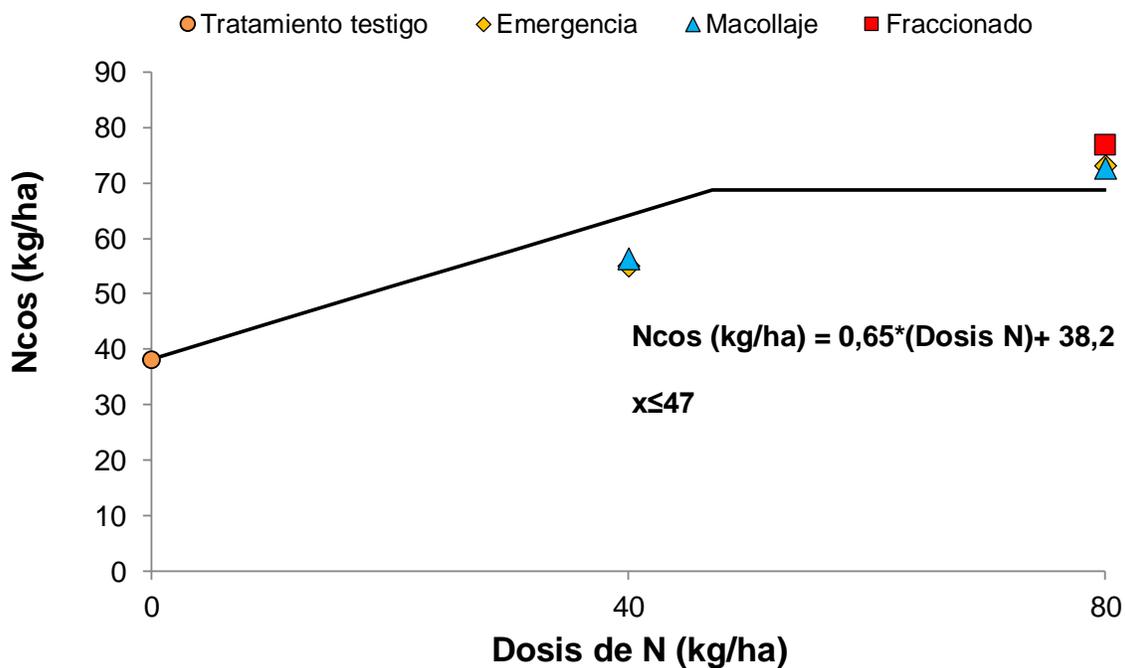


Figura 7: ecuación lineal del Ncos vs dosis.

Tabla 11: Eficiencias resultantes.

EAGR	EREC	EFIS	REQ
kg grano kg N aplicado ⁻¹	kg N absorbido kg N aplicado ⁻¹	kg grano kg N absorbido ⁻¹	kg N absorbido t de grano ⁻¹
15,0	0,65	23,1	43,2

A partir de las eficiencias EAGR y EREC se puede estimar por cálculo la eficiencia fisiológica (EFIS) que fue de 23,1 kg de grano kg N absorbido⁻¹, lo que equivale a un requerimiento (REQ) de 43.2 kg de N absorbido t de grano producida⁻¹. Es importante recalcar que los valores de REQ obtenidos se encuentren en los rangos usuales citados para trigo por varios autores Satorre *et al.*, 2003; Alvarez 2004; García & Correndo, 2016).

Análisis económico

En la tabla 12 se detalla los costos adicionales de la aplicación de urea (fertilizante y aplicación) y los ingresos adicionales obtenidos en los tratamientos fertilizados. Con ambos componentes se calculó el margen bruto por hectárea.

Como se puede observar el mayor redito económico se obtuvo en el tratamiento fraccionado siendo el de mayor costo por tener dos pasadas de fertilizadora. El tratamiento que dio margen negativo fue el de la dosis de 40 kg en macollaje, ya que el rendimiento no justificó el costo de la aplicación y fertilizante.

Además, cabe destacar que el tratamiento de 80 kg en emergencia prácticamente no tuvo diferencias con el fraccionado y tiene una pasada menos con la fertilizadora siendo favorable en temas logísticos.

Tabla 12: Análisis económico.

TRATAMIENTOS	REND	respuesta REND		En función del testigo		
		sobre testigo		COSTO Adicional (\$ ha ⁻¹)	INGRESO Adicional (\$ ha ⁻¹)	Margen Bruto (\$ ha ⁻¹)
		kg ha ⁻¹	en %			
Testigo	2246	0	0	0	0	0
40e	2708	462,75	20,61	2440,68	4027,8	1587,1
80e	2989	743,5	33,11	4445,16	6471,4	2026,3
40m	2512	266,11	11,85	2440,68	2316,2	-124,5
80m	2757	511,22	22,76	4445,16	4449,7	4,5
40e+40m	3044	797,86	35,53	4880	6944,6	2064,6

Luego se estimó la relación (R) de kg entre el fertilizante y el trigo dando como resultado 7,25kg, siendo inferior al R histórico 8kg de trigo por kg de N aplicado (Alvarez, 2008). Esto implica que conviene desde el punto de vista económico la aplicación de urea.

Conclusión

Como conclusión de este trabajo podemos decir que para las condiciones climáticas y edáficas presentadas en el transcurso del año 2019 donde se desarrolló el cultivo, la fertilización produjo un efecto positivo, obteniendo mayores rendimientos por unidad de superficie como de calidad de grano. Esto responde la premisa de la primera hipótesis ya que hubo diferencias entre dosis y momentos de aplicación del fertilizante.

Teniendo en cuenta el rendimiento del cultivo, las dosis en emergencia dieron mejores resultados ya que produjeron más macollos por metro cuadrado y eso impacto en el rendimiento. Para lograr el mismo efecto, pero en las dosis de macollaje es necesario aumentar la dosis, efecto que mostramos anteriormente en los resultados.

En cuanto a la proteína del grano, que hacen a la calidad del mismo y le confiere aptitud panadera, vimos que todos los tratamientos se diferenciaron del testigo, pero, los mejores resultados se obtuvieron con dosis altas en macollaje efecto que se explica por el solapamiento entre la formación del grano y el alto contenido de nitrógeno disponible en ese periodo. Además, este resultado se obtiene cuando la componente producción de macollos ya está definida en nuestra ecuación de rendimiento mencionada en la bibliografía.

Con lo que respecta a las dosis fraccionadas, se obtuvieron mayores rendimientos comparados con los demás tratamientos afirmando la segunda hipótesis planteada. Este efecto se explica por una mayor eficiencia que repercutió en forma favorable en el margen económico

Bibliografía

<https://trabajoinformatica1516.wordpress.com/morfologia-y-fisiologia/>

kAbbate, E. P & F. H. Andrade. 2006. Fertilización de cultivos. Trigo. En Echeverría, H. E. y F. O. García. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Pp 233- 249. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.

Bárbaro, N.; M. López, S. Melaj, R. Bergh; H. Echeverría & T. Loewy, 1999. Influencia del momento de aplicación en la eficiencia de fertilización nitrogenada en cultivos de trigo. Actas del XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile.

Berardo, A. 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la Estación Experimental INTA-Balcarce. Boletín Técnico No. 128. EEA INTA Balcarce.

Borisov, J. A. 2015. Respuesta del trigo a nitrógeno bajo condiciones de buena humedad en Colonia Napostá. Trabajo final para el grado de ingeniero agrónomo. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. 4 de diciembre de 2015.

Cantamutto, M.A.; F. Mockel, R. Rosell, R. Martínez, M.R. Landriscini, L. Gallez & G. Gullace. 1986. Factores que condicionan la respuesta del trigo a la fertilización con nitrógeno y fósforo en el sur de la provincia de Bs.As. Actas XI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Neuquen, Argentina.

Darwich, N. 2005. Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes. 2da Edición. p. 285.

Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. Gonzales; M. Tablada & C. W. Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo infoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Dreccer, M.F.; R. A. Ruiz; G. A. Maddonni & E. H. Satorre. 2003. Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. En Satorre et. al. (Eds.). Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Pp. 481- 492.

Fontanetto, H. 2006. Ensayos de formas de aplicación, dosis y fuentes de fertilizantes nitrogenados en trigo.

García, F. O. 1994. Dinámica del nitrógeno en ecosistemas agrícolas. Curso Actualización de nutrientes en suelos pampeanos. Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce. 10-12 de noviembre de 1994.

García, F. O. & A. A. Correndo. 2016. Cálculo de requerimientos nutricionales. IPNI (International Plant Nutrition Institute). Tomado de: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024>.

https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/44598/mod_resource/content/1/Trabajo%20de%20epidemiolog%C3%ADa%20Escala%20de%20Zadoks.pdf.

González Montaner, J. H.; G. A. Maddonni; N. Mailland & M. Posborg. 1991. Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo a partir de un modelo de decisión para la subregión IV (sudeste de la provincia de Buenos Aires). *Ciencia del Suelo* 9. Pp.41-50.

Krüger, H. R. 2015. *Secuencia de cultivos con trigo para el ambiente semiárido bonaerense: rendimientos y efectos sobre el suelo*. 1a ed. Bordenave, Buenos Aires: Ediciones INTA, 2015.

Laurino, K; B. Riveros & M. Alamo. 2013. Las políticas agropecuarias en el sudoeste bonaerense en los últimos años. Consultado de: http://www.isnsc.com.ar/Revista/Numero004/Eje_2/EJE_02_07_Laurino_Riveros_Alamo_las_politicas_agropecuarias_en_el_sudoeste_bonaerense_en_los_ultimos_anos.pdf.

Loewy, T., 1990. Efecto simple y combinado del N sobre el trigo, en tres épocas de aplicación. *Ciencia del Suelo* 8:181-186.

Loewy, T.; F. A. Milano; G. R. Angeles; M. S. Saldungaray; D. H. Campaña & M. A. Álamo. 2015. *Buenas prácticas agrícolas con desarrollo local para el sudoeste bonaerense* 2015.

López-Bellido, L.; V. Muñoz-Romero, J. Benítez-Vega, P. Fernández-García, R. Redondo & R.J. López-Bellido. 2012. Wheat response to nitrogen splitting applied to a Vertisols in different tillage systems and cropping rotations under typical Mediterranean climatic conditions. *European Journal of Agronomy* 43:24-32.

Kiessling, R. J.; J. M. Martínez; M. Toribio & M. M. Ron. 2013. Fertilización nitrogenada en trigo en el Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). Simposio Fertilidad 2013. “Nutrición de cultivos para la intensificación productiva sustentable”. Rosario 22 y 23 de mayo.

Miralles, D. J. & F. G. González. 2009. El trigo en Argentina: Perspectivas ecofisiológicas del pasado, presente y futuro para aumentar el rendimiento. Catedra de Cerealicultura. Facultad de Agronomía. UBA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Orden, L.; R. J. Kiessling & M. M. Ron. 2010. Variaciones de nitrógeno inorgánico del suelo con bajas precipitaciones y por fertilización nitrogenada en trigo. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. 31 de mayo al 4 de junio de 2010. Actas publicadas en CD ROM –4 pgs.

Orden, L; M. E. Mandolesi; R. J. Kiessling & M. M. Ron. 2011. Variabilidad espacial de fertilidad química del suelo en un diseño de bloques. *Spanish Journal of Soil Science* 1 (1): 54-69.

Patel J. K.; N. M. Patel & R. L. Shiyani. 2001. Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof – An empirical study. Gujarat Agricultural University, S.K. Nagar 385 506, India. *Current Science*, Vol. 81, NO. 9. 10 de noviembre de 2001.

Ron, M. M. & T. Loewy, 2000. Factores de eficiencia del N aplicado en trigo, a la siembra o macollaje. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.

Ron, M. M. & T. Loewy. 1999. Modelo de fertilización nitrogenada y fosforada para trigo en el Sudoeste Bonaerense, Argentina. Tomado de: http://suelos.org.ar/publicaciones/vol_18n1/ron_44-49.pdf

Zadoks, J. C.; T. T. Chang & C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.