



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA
Santa María de los Buenos Aires
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

“FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y CALIDAD EN TRIGO”

Trabajo final de graduación para obtener el título de: INGENIERO AGRÓNOMO.

Autor: Jerónimo Paramio.

Tutor: Ing. Agr. David Melion.

1. Resumen

Como ya sabemos la fertilización es una de las tecnologías más aplicables en trigo, pero lógicamente si una fertilización buena no está acompañada de otras prácticas como pueden ser, un buen control de malezas, una adecuada fecha de siembra, un monitoreo sanitario e intervención a tiempo, tampoco vamos a obtener el resultado esperado de dicha aplicación, por ello mismo es importante entender el cultivo como un proceso integral de prácticas para lograr un buen resultado.

El trigo, como toda gramínea es altamente demandante en nitrógeno, por lo que es el principal nutriente a tener en un plan de fertilización, pero no el único, por lo tanto en el siguiente ensayo buscamos evaluar sobre diferentes estrategias de fertilización nitrogenada, adicionando a un ensayo en particular una aplicación de aminoácidos, las variables que analizamos luego de dicho ensayo serán el rendimiento y calidad de grano en las diferentes muestras.

Para llevar a cabo dicho ensayo, se realizaron 6 tratamientos con diferentes estrategias de fertilización nitrogenada en distintos estadios del cultivo (a la siembra, encañazón, hoja bandera) con 3 repeticiones de cada uno, sobre una variedad pre-comercial del semillero Klein, en la localidad de Pla, Ciudad de Alberti.

Las variables que se tuvieron en cuenta fueron: rendimiento (kg/ha), % de proteína, peso hectolítrico, peso mil semillas. Se realizaron análisis entre los diferentes tratamientos mediante el programa de InfoStat, con un error alfa = 0,05 para considerar diferencias significativas entre las medias.

Se encontraron diferencias significativas en la variable % proteína, donde hubo un aumento de valor en los tratamientos que tuvieron aplicación adicional en hoja bandera. En el resto de los tratamientos no se encontraron diferencias significativas para poner en discusión dentro del ensayo, podemos adjudicar esto debido a que el cultivo atravesó un déficit hídrico producto de las bajas precipitaciones durante el ciclo, y a las temperaturas mínimas que se encontraron por debajo de la media, con el resultado final de, heladas en el mes de octubre en las etapas de floración y llenado de grano, período crítico para el

desarrollo del trigo.

Índice General.

Contenido

1. Resumen	3
2. Introducción	6
2.1. Crecimiento y desarrollo.....	8
2.2. Fertilización	10
3. Palabras claves	13
4. Objetivo.....	13
5. Hipótesis	13
6. Materiales y métodos.....	14
6.1 Localización del ensayo	14
6.2 Diseño del ensayo	15
6.3 Tratamientos.	15
6.4 Labranzas del cultivo.....	16
6.5 Determinaciones.	19
6.6 Caracterización de la campaña.....	20
6.7 Temperatura.	21
7. Resultados y discusión.....	23
7.1 Variable rendimiento (k/ha).	24
7.2 Porcentaje de Proteína (Prot %).	26
7.3 Peso de mil semillas (PM).....	28
7.4 Peso hectolítrico (PH)	29
8. Conclusión	31
9. Bibliografía	33

2.Introducción

El trigo (*Triticum sp*), es el cultivo más difundido del mundo con una superficie sembrada de 219 millones de hectáreas por año (FAOSTAT, 2021). Desde el punto de vista productivo (toneladas producidas), el trigo ocupa el cuarto lugar a nivel mundial luego de la caña de azúcar, el maíz y el arroz con cáscara.

En nuestro país, el trigo es el cereal de invierno de mayor producción, se estima que en la última campaña se sembraron 6,7 millones de hectáreas a nivel nacional con un rendimiento promedio de 2.800 kg/ha y una producción total de 17 millones de toneladas (Secretaría de Agricultura, Dirección de estimaciones Agrícolas, 2021). Esta superficie representa un 23,3% más que el promedio de los últimos cinco años (Bolsa de Cereales de Buenos Aires 2021). Durante la cosecha se registraron rendimientos récords en diferentes regiones sobre el centro del área agrícola, mientras que en sectores clave de Buenos Aires y La Pampa no se alcanzaron rindes máximos, pero si hasta un 30% por encima de los promedios históricos (Tabla 1).

Existen varios tipos de variedades de trigo, que se fueron desarrollando a lo largo de los años, por un lado el trigo común (*Triticum aestivum*) es el trigo más cultivado, también conocido como el trigo para producción de pan, galletas y demás. Generalmente tiene alto contenido de proteínas y gluten con el endosperma de textura dura o blanda. La región triguera de Argentina ocupa actualmente una extensa longitud de Argentina, que va desde la Provincia de Buenos Aires, como límite sur, hasta las provincias de Salta y Jujuy, en el norte del país (Fuente: Dirección de Estimaciones Agrícolas. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca).

El trigo “duro” o “candeal” (*Triticum Durum*) también es conocido como trigo para pasta, se conoce por su dureza, alto contenido proteico, buen sabor y cualidades de cocción excelentes. En Argentina, el cultivo de trigo candeal viene sufriendo un franco retroceso

desde la década del 70, donde se había llegado al récord de área sembrada dentro del periodo analizado 1976/2009 según datos oficiales de Estimaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de La Nación. El trigo candeal se desarrolló dentro del área comprendida por las subregiones trigueras IV y V sur. (Ilustración 1)

EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DE TRIGO EN ARGENTINA

En quintales por hectárea

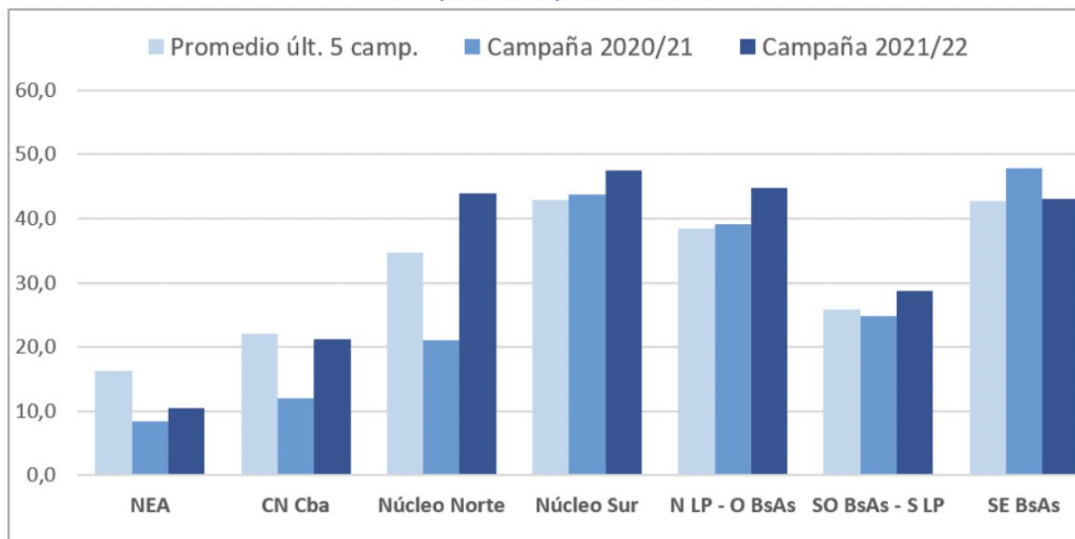
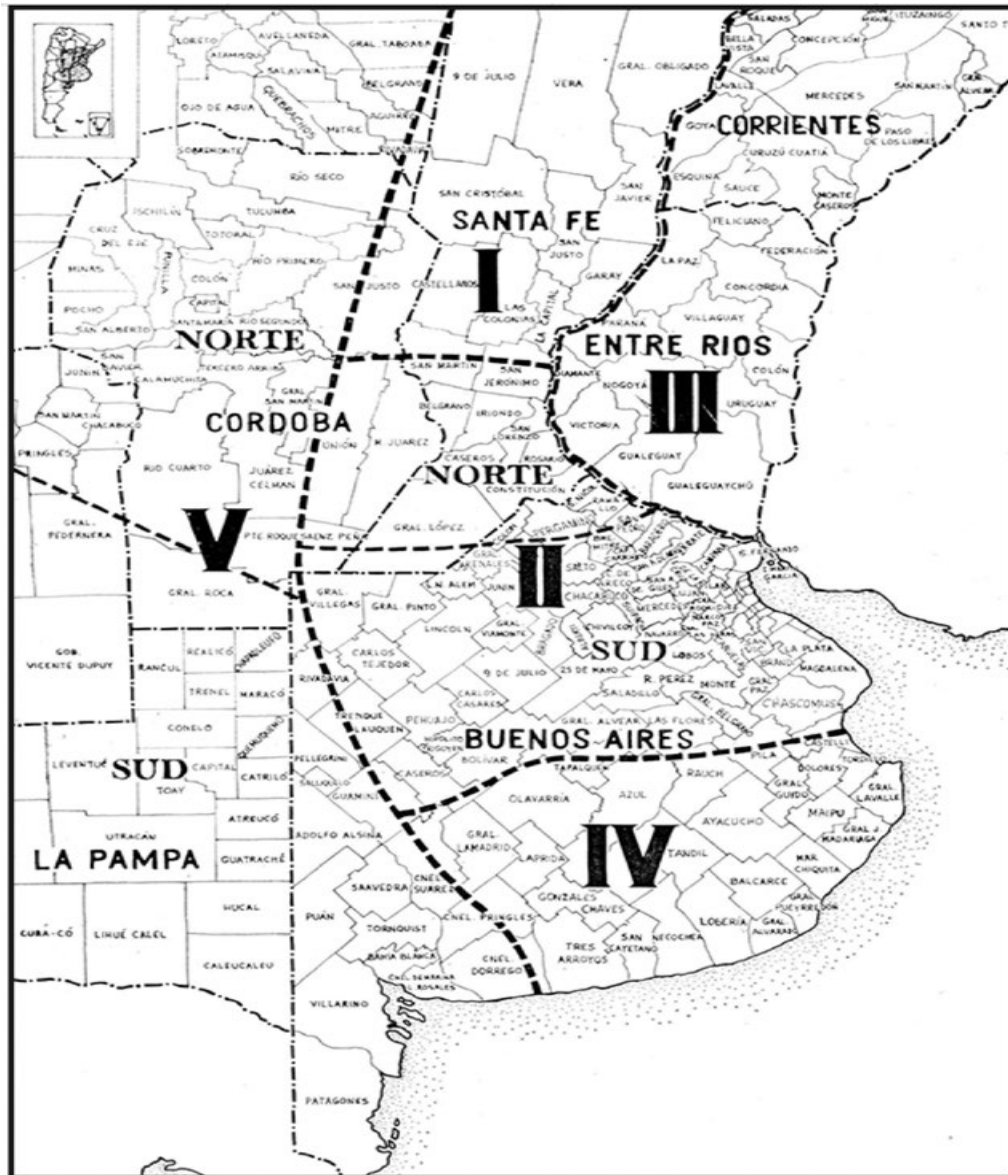


Tabla 1 Fuente: Bolsa de cereales



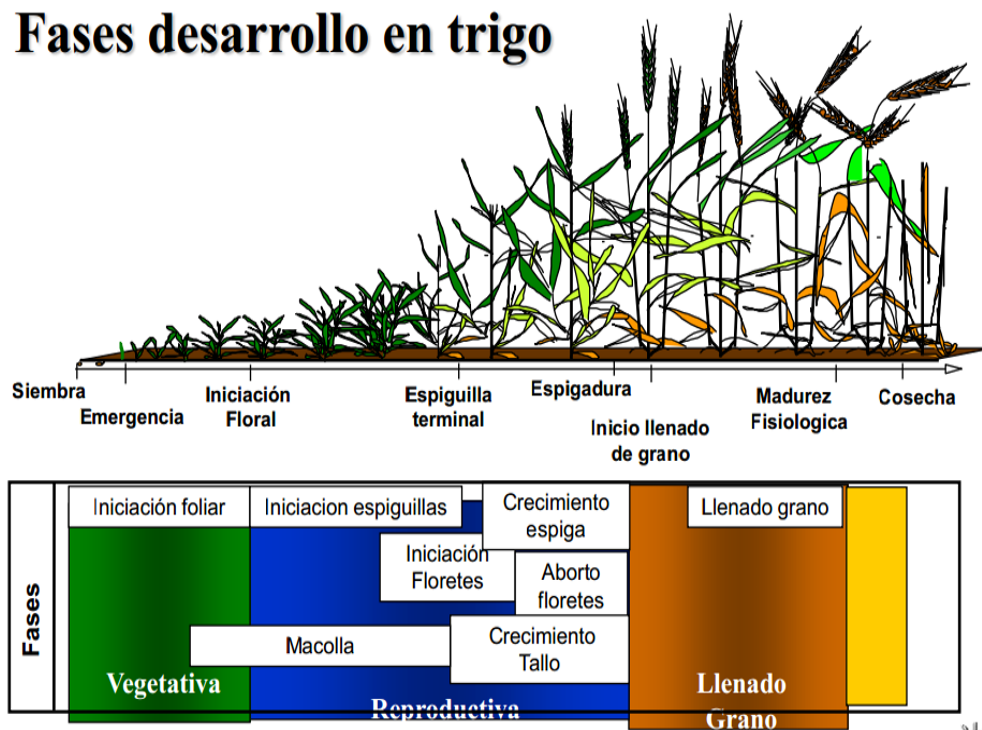
(Ilustración 1). Mapa previo de la región triguera Argentina, elaborado por el tribunal de Fiscalización de semillas en 1952.

2.1. Crecimiento y desarrollo

Durante el ciclo del cultivo, ocurren dos procesos en simultáneo que ya todos conocemos, el crecimiento y desarrollo. Cuando hablamos de crecimiento, hablamos de aumento de biomasa, y cuando hablamos de desarrollo nos referimos a la sucesión de estados morfológicos o fisiológicos que se presentan durante el ciclo de la vida del cultivo. Se puede dividir el ciclo del cultivo en tres etapas o periodos (Abbate y Lazaro 2001):

1. Periodo de generación del área verde (Vegetativa).
2. Periodo de crecimiento de espigas (Reproductiva).
3. Periodo de llenado de grano.

Fases desarrollo en trigo



(Ilustración 2): Cronología de crecimiento y desarrollo en planta de trigo.

2.2.Fertilización

En la región triguera argentina los nutrientes deficientes generalmente son el Nitrógeno (N) y el fósforo (p), aunque el azufre (s) se ha revelado como escaso últimamente en la parte norte de la región pampeana. Los suelos de esta región se encuentran naturalmente provistos de otros nutrientes, como potasio (K), calcio, magnesio (Mg) y micronutrientes sin embargo, el nivel de los mismos es evaluado según el territorio específico y el cultivo a realizar, ya que con la intensificación de la agricultura han disminuido en relación a otros tiempos (García, 2009).

El trigo es un cultivo altamente demandante en N y P, motivo por el cual se debe recurrir permanentemente a la fertilización para suplir las necesidades de estos nutrientes. La tecnología de fertilización nitrogenada debe contemplar tres factores que responden a demandas consistentes:

- Rentabilidad.
- Calidad del producto.
- Relaciones con el ambiente.

Estos factores no son independientes y tienen resultados diversos, según el período del que se trate. Es necesario incorporar el criterio de "costo ambiental" de cada práctica y una visión a mediano y largo plazo de los efectos buscados (Loewy, 2005).

Para cubrir los requerimientos de alto rendimiento y alta calidad del grano de trigo, una sola aplicación de nitrógeno, en un solo momento del cultivo, difícilmente sea lo correcto.

Lo ideal es hacer aplicaciones complementarias en estados mucho más avanzados, desde hoja bandera hasta inclusive aplicación de espigas, y en ese momento hacer aplicaciones de nitrógeno bajo la forma de urea en forma foliar. Es una manera muy eficiente para asegurar un alto contenido de proteína en trigo (Echeverría, 2007), es decir, buenas condiciones de calidad panadera de los granos de trigo y adecuados niveles proteicos. Ergo, la fertilización se ha transformado paulatinamente en una de las prácticas de manejo más importantes para obtener buenos resultados productivos en el cultivo.

Los nutrientes que mayor impacto demostraron en la región pampeana son: nitrógeno, fósforo, azufre. Debido a la necesidad de la planta de sostener altas tasas de absorción en periodos relativamente breves de tiempo, solamente compatibles con la absorción por raíz, dichos nutrientes, habitualmente son aplicados al suelo.

Pero sin embargo, la vía foliar es una forma práctica rápida y eficiente de agregar nutrientes en momentos estratégicos del cultivo, con el objetivo de maximizar su eficiencia agronómica (kg de grano/kg de nutriente agregado), así obtener un alto retorno económico al capital invertido o mejorar la calidad del producto cosechado.

Los requerimientos nutricionales los podemos observar en la tabla 2. Podemos observar que los requerimientos de P y S son similares, y los de N son entre 6-7 veces superiores. En este sentido, la aplicación de N por vía foliar entre los estadios Zadoks 39 a Zadoks 65 (Zadoks 1974), ha demostrado una gran potencialidad para incrementar el contenido de proteína, y en algunos casos el rendimiento, en diferentes sitios de la región pampeana (Ferraris 2006).

Consideramos que la fertilización foliar es una práctica fácil, rápida y segura para realizar una fertilización suplementaria con efectos sobre el porcentaje de proteína. El problema que conlleva esta técnica, es la escasa cantidad de N que es posible aplicar aun mojando completamente el cultivo, existen varios productos para dicho efecto, y se basan principalmente en urea re-cristalizada sin biuret. Es posible lograr efectos similares con urea común, pero con riesgos de fitotoxicidad por el biuret (no debe ser superior a 0,05%).

Nutriente	Requerimiento	Ind. Cosecha
	kg/ton	
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	-
Cu	0,010	0,75
Fe	0,137	-
Mn	0,070	0,36
Zn	0,052	0,44

Tabla 2: Requerimientos e índice de cosecha de nutrientes en Trigo. Fuente: Ciampitti y García, 2007. IPNI

Ferraris y Couretot (2006), realizaron un trabajo para evaluar el efecto de un fertilizante foliar nitrogenado sobre el rendimiento, la calidad y la eficiencia de uso del nitrógeno en el trigo. Dicha evaluación se basó en diferentes combinaciones de dosis de urea y Daimon.

Concluyen que el aumento en la disponibilidad inicial de N produce un incremento en el rendimiento, y en la concentración de proteína de los granos. Observaron una relación rendimiento/disponibilidad de N inicial diferente con el agregado del fertilizante foliar. Sin N foliar, el rendimiento incrementa en forma lineal en todo el rango de disponibilidades de N. Con el agregado de N foliar no se observa una tendencia definida, por la obtención de rendimientos elevados aun con bajas dosis de N a la siembra. Los efectos del N foliar fueron muy destacados para las dosis de los dos tratamientos N46 y N92 a la siembra, siendo suficiente la dosis de 10 l ha⁻¹ para alcanzar el máximo rendimiento. La dosis de 20 l ha⁻¹ en cambio, permite alcanzar los valores más altos de proteína en grano.

Echeverría y Studdert (1998), demostraron que aumenta de manera sostenida el contenido de proteína en el grano ya sea mediante la aplicación de nitrógeno a la siembra como en etapas posteriores (espigazón). La fertilización nitrogenada en forma foliar, desde espigazón hasta post antesis, generó aumentos en forma variable del rendimiento, el contenido de proteína y gluten del grano.

3. Palabras claves

TRIGO- FERTILIZACIÓN- RENDIMIENTO- FERTILIZANTES- CALIDAD

4. Objetivo

Evaluar distintas tecnologías de aplicación de N post-siembra sobre el rendimiento y calidad en el grano de trigo, sobre una variedad comercial de trigo pan.

A cosecha se determinará el rendimiento y peso de mil granos. Una muestra de semillas por unidad experimental se guardará para determinar proteína y otros parámetros relacionados con la calidad del grano.

5. Hipótesis

1. La fertilización en diferentes etapas del cultivo podría ser una herramienta adecuada para obtener mejores resultados en el rendimiento por hectárea del trigo.
2. Las diferentes estrategias de fertilización generarían un beneficio en la calidad del grano respecto a la fertilización tradicional.

6. Materiales y métodos

6.1 Localización del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en el departamento de Alberti, Camino de Pla, provincia de Buenos Aires, Criadero Klein.

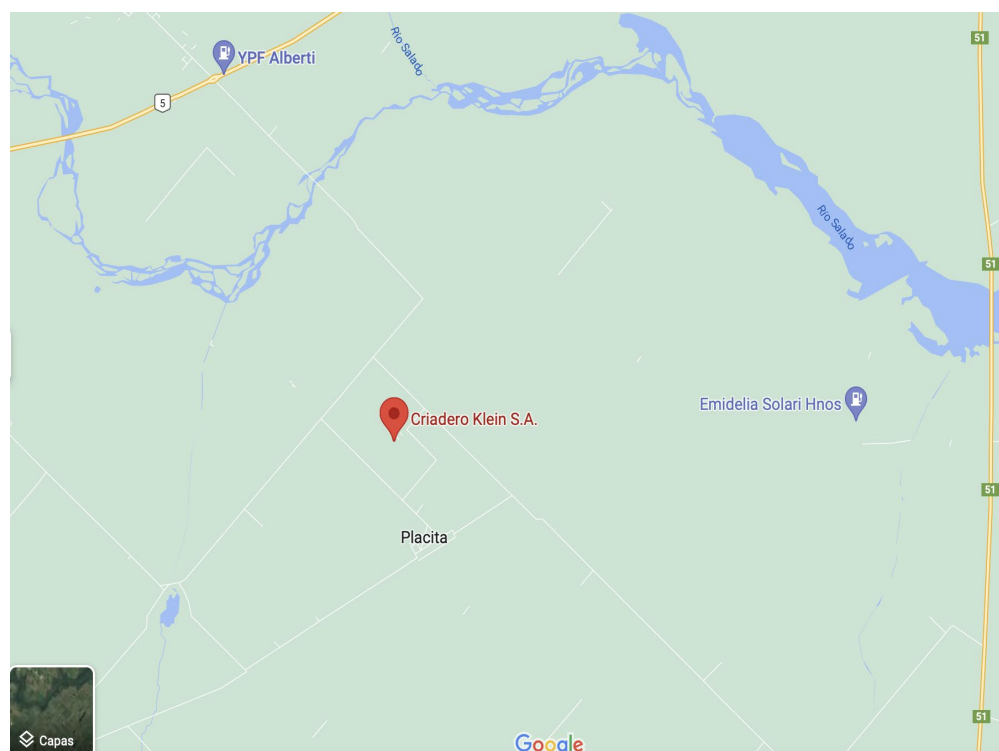


Imagen 1: Localización Criadero Klein, Google Maps. [-35.108023, -60.227595](#)

Antecesor del cultivo: Soja (*Glycine Max*).

6.2 Diseño del ensayo.

Se sembraron parcelas de 7 m² con un diseño de bloques al azar, un distanciamiento entre surcos de 0,21 mts.

6.3 Tratamientos.

1. Testigo sin fertilización N.
2. 150-x kg N a la siembra.
3. 150-x kg N a la siembra + 50 kg N (Urea) comienzo encañazón.
4. 150-x kg N a la siembra + 20 kg N foliar en hoja bandera (Fertilizante líquido Fronda N20).
5. 150-x kg N a la siembra + 50 kg N comienzo encañazón + 20 kg N foliar en hoja bandera (Fertilizante líquido Fronda N20).
6. 150-x kg N a la siembra + aplicación de aminoácidos.

<u>Tratamientos/Fertilización</u>	<u>Siembra 07/06</u>	<u>Encañazón 05/08</u>	<u>Hoja Bandera 03/10</u>
<u>Tratamiento 1</u>	X	X	X
<u>Tratamiento 2</u>	150 KgN	X	X
<u>Tratamiento 3</u>	150 KgN	50 kg N	X
<u>Tratamiento 4</u>	150 Kg N	X	20 Kg N líquido
<u>Tratamiento 5</u>	150 Kg N	50 Kg N	20 Kg N líquido
<u>Tratamiento 6</u>	150 Kg N	X	Aminoácido

(Tabla 3).

B	B	B	B	B	B
1	4	1	4	1	5
2	5	5	6	4	2
3	6	2	3	6	3
B	B	B	B	B	B

Disposición de parcelas en bloques al azar.

N líquido:

Fertilizante foliar líquido, aporta una dosis de nitrógeno al cultivo, de rápida absorción evitando pérdidas, con bajo contenido de biuret, baja fitotoxicidad.

Grado 20-0-0.

Contenido de biuret: <0,25 %

pH: 9

Densidad 1,12 gr/cm³

Aminoácido:

Fertilizante orgánico compuesto por una concentración de aminoácidos encargados de regular procesos de germinación, brotación, floración y desarrollo. Interviene como regulador en los procesos metabólicos de la planta.

6.4 Labranzas del cultivo.

La siembra de la variedad se realizó en la fecha 07/06/2022 con una variedad comercial del semillero Klein, en cuanto a la densidad de siembra se buscaron 250 plantas / mts². La fecha de emergencia del cultivo se dio el 03/07/2022.

El estado fenológico se determinó y registró mediante la escala decimal Zadoks (1974). Realizamos una fertilización nitrogenada a la siembra con 165 kg/ha de Urea para llevar a 150-x .

El 05/08/2023 cuando el cultivo se encontraba en encañazón Zadoks 21 se llevó a cabo una fertilización nitrogenada a base de UREA sólida en dosis equivalente a 50 kgN/ha, en 2 tratamientos en específico (Imagen 2), dicha aplicación se realizó al voleo.

Para finalizar, el 03/10/2023 en hoja bandera Zadoks 31, se ejecutó una tercera aplicación, en este caso utilizando fertilizantes líquidos foliares, mediante mochila manual de presión constante a CO₂, con botallón provisto de 4 picos a 52 cm y pastillas de cono hueco 80015, con un caudal 100 lt/ha, y 3 bares de presión. En el caso del fertilizante foliar la dosis agregada fue el equivalente a 20 kgN/ha y en el caso del aminoácido se utilizó la dosis recomendada por el fabricante.

Previo a cosecha en el día 10/11/2022, con la ayuda de una cinta métrica se realizó el conteo de espigas por metro lineal, y espiguillas por espiga, para estimar un rendimiento del cultivo (Imagen 3).

Los tratamientos fueron cosechados el día 05/01/2023 con una cosechadora Wintersteiger classic con sistema de pesada harvest master modelo 2014.

Por último, hicimos un análisis comercial de la semilla el día 01/02/2023, determinando el peso hectolítrico, peso de las mil semillas y su respectivo porcentaje de proteína (Imagen 4).



Imagen 2: Fertilización nitrogenada al voleo de UREA en trigo Zadoks 2.1 (05/08/2022) / estado del cultivo.

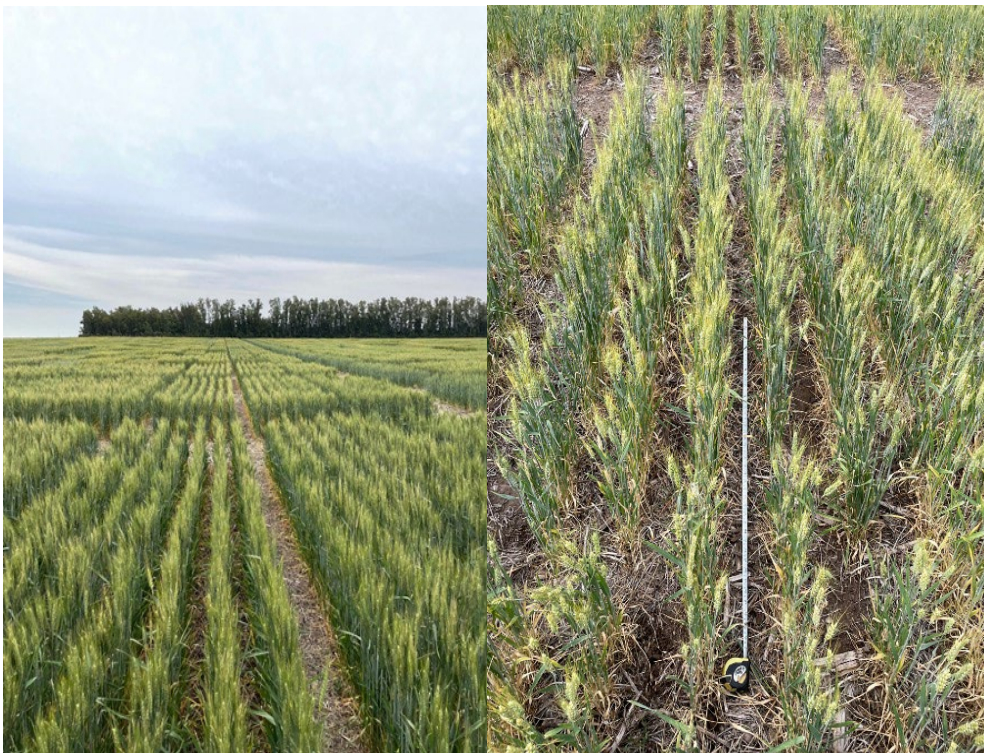


Imagen 3: Estimación de rendimiento 10/11/2022.



Imagen 4: Análisis de calidad de semilla 02/01/2023.

6.5 Determinaciones.

En suelo se realizó un análisis de suelos completo a los 20 cm (NO₃, pH, p, Zn, bases).

La muestra se guarda seca. En los intervalos de 20-40 y 40-60 se realizará la determinación de NO₃.

Análisis de suelo:

Ambiente	Prof	MO	N-NO ₃	P-Bray	S-SO ₄	P	P2O ₅	S	Mezcla	Densidad	N-NO ₃		
6	0-20	3,1	12,6	150,7	7,3	10,5	24	14,4	120	1,24	75,4	31,2	75,4
6	20-60		8,7							1,27		44,2	

(Tabla 4).

6.6 Caracterización de la campaña.

En cuanto a las precipitaciones, pudimos observar en el registro anual , una diferencia de 176,8 mm respecto al año anterior y de 348 mm respecto al promedio decádico.

Concluimos que ha sido un año difícil desde el aspecto climático para llevar a cabo dichos ensayos, ya que en este año los valores de las precipitaciones se encontraron por debajo del promedio. A su vez podemos concluir:

→ 579,5 mm acumulados desde Enero a Junio inclusive : Lluvias pre siembra.

→ 115,5 mm acumulados desde Julio a Octubre inclusive: Lluvias durante el desarrollo del cultivo.

Precipitaciones													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Año 2022	281,5	125,8	132,4	33,1	6,1	0,6	38,4	6,1	1,5	69,5	67,9	46,5	809,4
Prom Histórico	98,8	108,1	118,7	99,7	66,3	46,0	41,4	43,8	58,8	103,8	103,4	97,3	986,2
Prom Decádico	94,1	117,0	117,5	154,2	105,7	39,8	39,8	58,1	84,5	131,9	102,1	112,8	1157,4
Acumulado 2022	281,5	407,3	539,7	572,8	578,9	579,5	617,9	624,0	625,5	695,0	762,9	809,4	
Acumulado histórico	98,8	207,0	325,7	425,4	491,7	537,7	579,1	622,9	681,6	785,5	888,9	986,3	
Acumulado decádico	94,1	211,1	328,6	482,8	588,5	628,3	668,1	726,2	810,7	942,6	1044,7	1157,4	

Tabla (5)

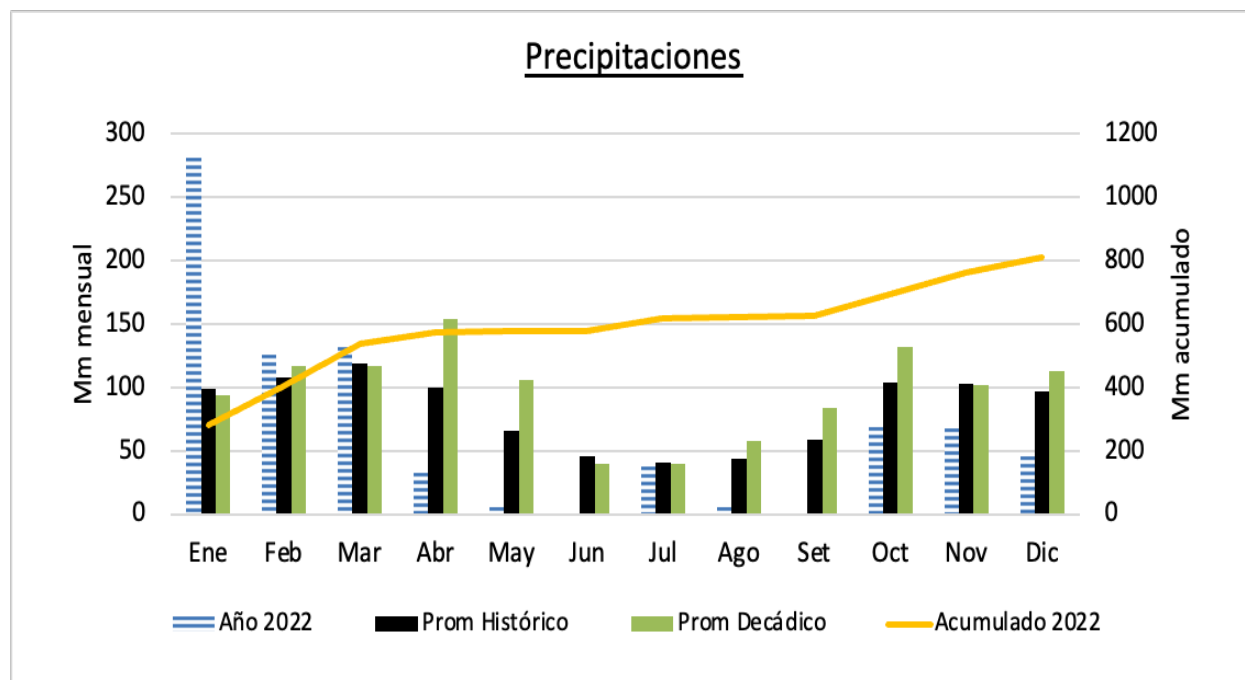


Ilustración 3: precipitaciones en zona Criadero Klein, Localidad de Pla, partido de Alberti, color azul año 2022.

6.7 Temperatura.

En cuanto a las temperaturas, la temperatura mínima fue un factor condicionante en el desarrollo del cultivo, se registraron 41 días con temperaturas $< 0^{\circ}\text{C}$. Como hecho acontecido y cabe destacar en el ensayo llevado a cabo, pudimos registrar una helada el día 9 de octubre del 2023 con el cultivo en espigazón, variable a tener en cuenta para el rendimiento final de la cosecha.

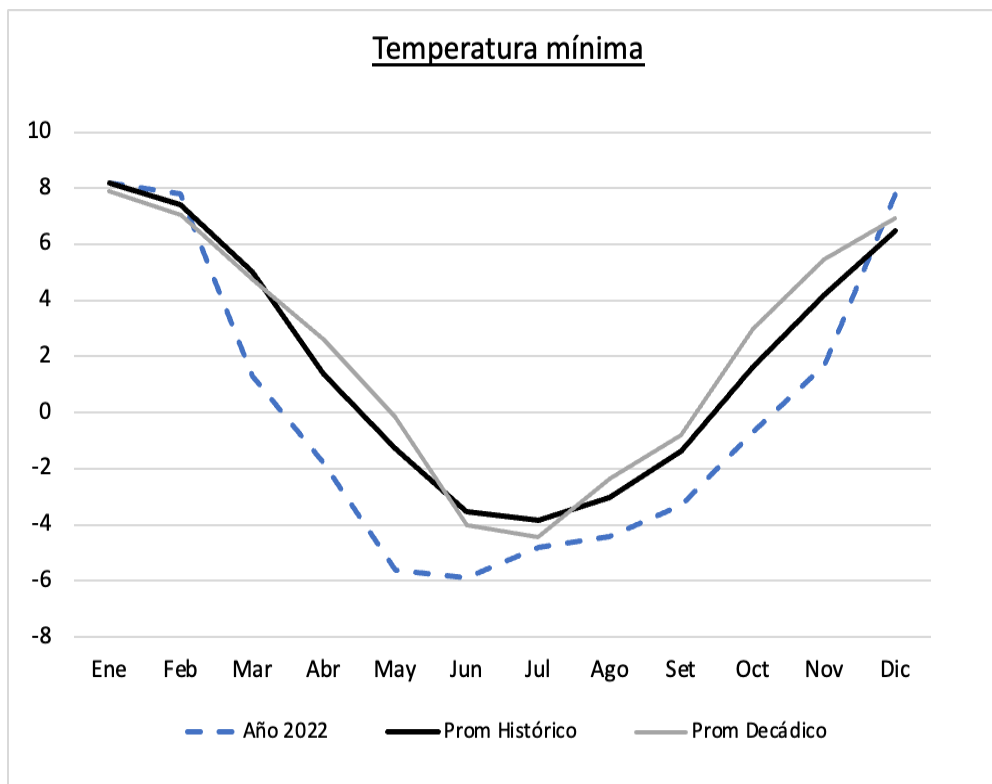


Ilustración 4: temperaturas mínimas

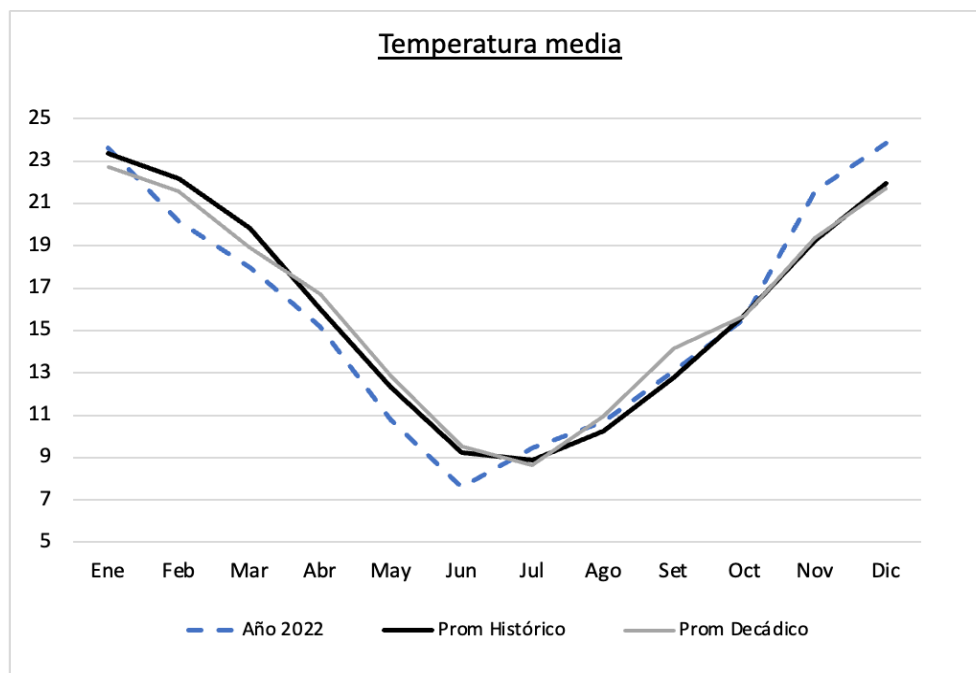


Ilustración 5: Temperaturas medias.

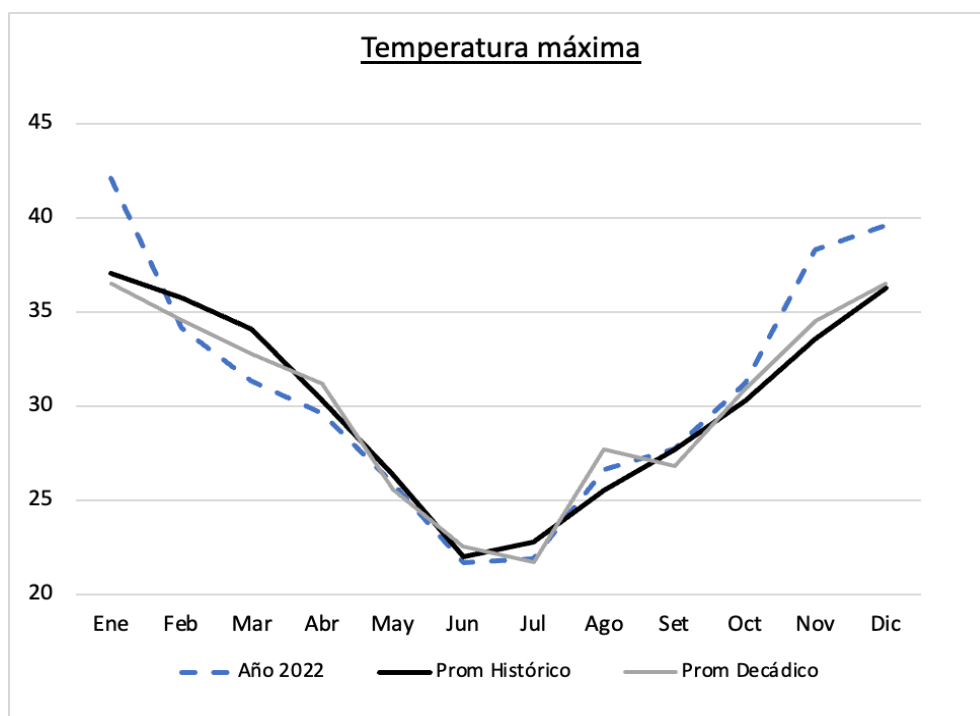


Ilustración 6: Temperatura máxima.

7. Resultados y discusión.

Los resultados los analizamos a través del software estadístico de InfoStat 2015. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Para evidenciar diferencias significativas entre tratamientos, se tomó un valor p de ($\alpha = 0.05$).

Las variables a determinar fueron:

- Rendimiento
- Porcentaje de proteína
- Peso de mil semillas.
- Peso Hectolítrico.

Las cuales nos arrojaron los siguientes resultados para las posteriores conclusiones:

7.1 Variable rendimiento (k/ha).

El rendimiento promedio del ensayo fue de 2513,14 kg/ha, este valor fue superior al rendimiento promedio del trigo en la zona, que fue de 1960 kg/ha (Bolsa de Cereales, panorama agrícola semanal diciembre 2022).

Resultados a cosecha:

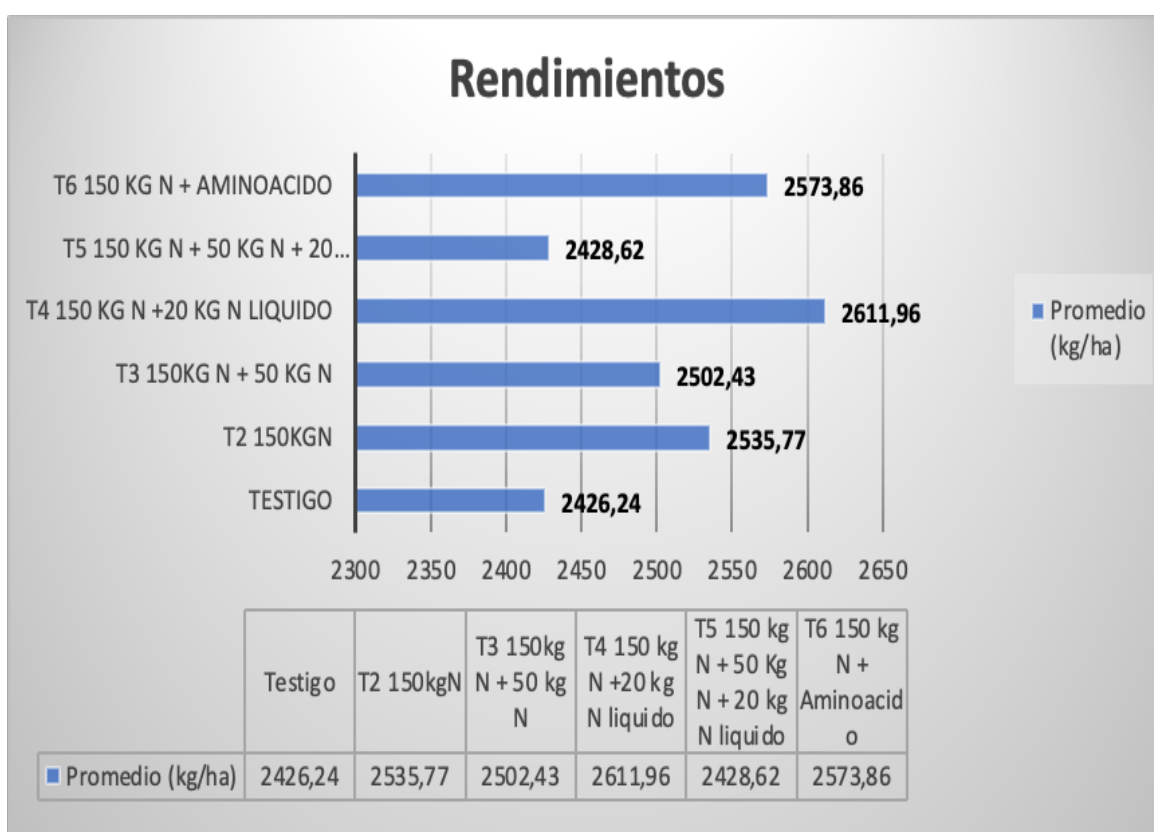


Ilustración 7: promedio de rendimientos (Kg/ha).

Trat	Rep	kg/ha	Nueva tabla : 23/01/2023 - 12:18:26 p.m. - [Versión : 20/09/2018]						
T1	I	2514,336	Análisis de la varianza						
T2	I	2814,342							
T3	I	2642,91	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
T4	I	2485,764	kg/ha	18	0,15	0	7,93		
T5	I	2471,478	Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
T6	I	2378,619	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
T1	II	2114,328	Modelo	86321,48	5	17264,3	0,44	0,8158	
T2	II	2392,905	Trat	86321,48	5	17264,3	0,44	0,8158	
T3	II	2442,906	Error	476175,51	12	39681,29			
T4	II	2550,051	Total	562496,99	17				
T5	II	2321,475	Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=354,37833						
T6	II	2821,485	Error: 39681,2924 gl: 12						
T1	III	2650,053	Trat	Medias	n	E.E.			
T2	III	2400,048	T4	2611,96	3	115,01 A			
T3	III	2421,477	T6	2573,86	3	115,01 A			
T4	III	2800,056	T2	2535,77	3	115,01 A			
T5	III	2492,907	T3	2502,43	3	115,01 A			
T6	III	2521,479	T5	2428,62	3	115,01 A			
			T1	2426,24	3	115,01 A			
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)									

Tabla 6: Análisis de la varianza (SC tipo I) para la variable rendimiento . Medias con letras en común no son significativamente diferentes (p-valor>0,05).

Respecto a los rendimientos obtenidos en kg/ha, no se observó una diferencia estadísticamente significativa (p-valor>0,05), tanto entre diferentes tratamientos de fertilización, como el testigo sin fertilización.

Aún sin diferenciarse estadísticamente, los tratamientos de fertilización adicional líquida + sólida arrojaron mejores rindes respecto a los demás, no cubriendo la diferencia media significativa, pero observamos una tendencia positiva a aumentar el rendimiento.

Podemos adjudicar dicho resultado a una mala campaña debido a acontecimientos climáticos no favorables, ya que años anteriores con lluvias favorables y periodos libres de helada en floración los rendimientos promedios de los trigos superan los 5.000 kg/ha (Fuente: semillero Klein 2023).

A su vez observamos que en diferentes ensayos llevados a cabo por el INTA 9 de Julio, se obtuvo respuesta positiva en el rendimiento a la aplicación de nitrógeno líquido como sólido en diferentes estadios fenológicos del trigo obteniendo valores por encima del testigo con fertilización base, tal y como nosotros diseñamos nuestro ensayo. (Ventimiglia y Torrens Baudrix 2014).

7.2 Porcentaje de Proteína (Prot %).

El contenido de proteína es un factor clave en la calidad panadera, porque va a determinar las características físicas de la masa como la plasticidad, elasticidad y fuerza (Passarella & Savin, 2003).

Dentro de la comercialización de trigo, el contenido de proteína es importante para el productor como para el acopiador, ya que va a incidir en el precio final, teniendo en cuenta que existen bonificaciones para aquellos granos que se encuentren por encima del valor base de comercialización que es 11% (Bolsa de cereales de Rosario 2019).

Por ello dentro de este ensayo, consideramos una variable a analizar y determinar qué tratamiento incide directamente en dicho valor.

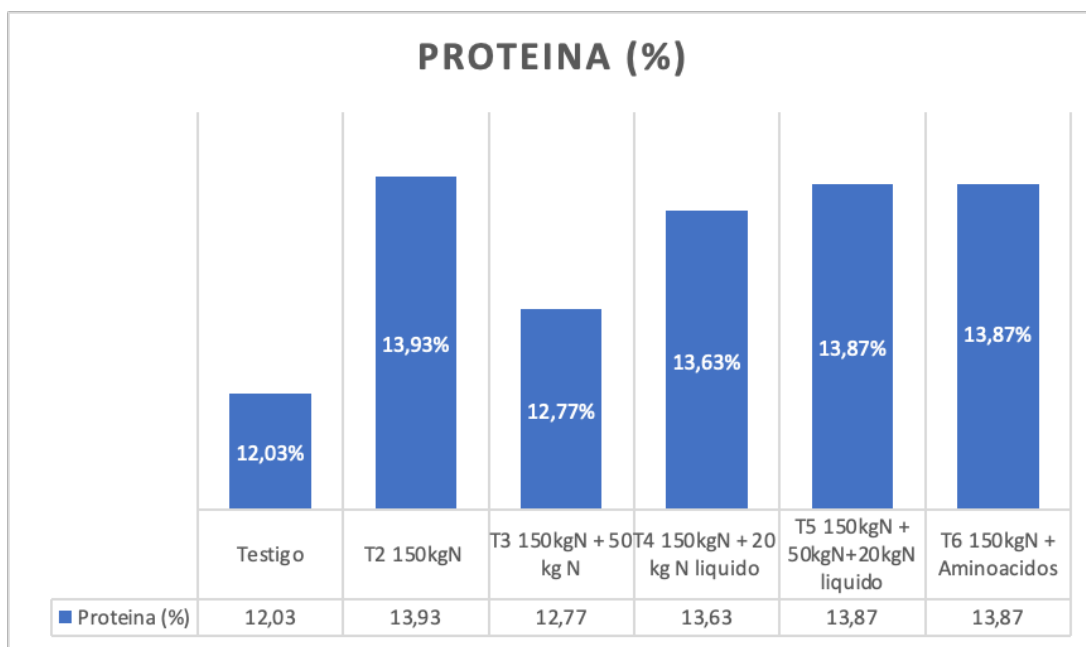


Ilustración 8: promedio del porcentaje de proteína de cada tratamiento.

Trat	Rep	Prot (%)	Nueva tabla : 13/2/2023 - 10:34:52 - [Versión : 30/4/2020]				
T1	I	12,5	Análisis de la varianza				
T2	I	14,2					
T3	I	14	Variable N	R ²	R ² Aj	CV	
T4	I	13,9	Prot (%)	18	0,45	0,22	7,26
T5	I	13,9	Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)				
T6	I	14	F.V.	SC	gl	CM	F p-valor
T1	II	12,5	Modelo	9,09	5	1,82	1,94 0,1616
T2	II	14,3	Trat	9,09	5	1,82	1,94 0,1616
T3	II	14	Error	11,26	12	0,94	
T4	II	13,7	Total	20,35	17		
T5	II	13,9	Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,72327				
T6	II	13,8	Error: 0,9383 gl: 12				
T1	III	11,1	Trat	Medias	n	E.E.	
T2	III	13,3	T2	13,93	3	0,56	A
T3	III	10,3	T5	13,87	3	0,56	A
T4	III	13,3	T6	13,87	3	0,56	A
T5	III	13,8	T4	13,63	3	0,56	A B
T6	III	13,8	T3	12,77	3	0,56	A B
			T1	12,03	3	0,56	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)							
Trat	Rep	PMS					

Tabla 7: Análisis de la varianza (SC tipo I) para la variable Prot (%). Medias con letras en común no son significativamente diferentes (p-valor>0,05).

Hubo diferencias significativas (p-valor < 0,05), donde se observó que el T2-T5-T6 obtuvieron un mayor % total de proteínas respecto a los demás tratamientos. El tratamiento 5 al igual que el tratamiento 6, fueron aplicados con una dosis de fertilizante foliar en hoja bandera + fertilizante, por lo tanto consideramos que hay una respuesta positiva al incremento de proteína en grano por consecuencia de la adición de fertilizante foliar en hoja bandera (Loewy 2004).

Otros ensayos realizados en diferentes localidades de la cuenca del salado concluyeron que el % de proteína podría variar según las características productivas de los lotes, como por ejemplo un factor a tener en cuenta que no analizamos en nuestro ensayo, sería el nitrógeno disponible en suelo, dicho esto, los suelos con valores mayores de nitratos resultaban aumentar directamente el valor proteico del grano de trigo. (Fertilización nitrogenada para incrementar la proteína en trigo, Gonzalo Perez y otros, 2018).

Respecto al T2 con fertilización base de 150 kg N a la siembra, podemos concluir pero no afirmar, luego del ensayo, que quizás teniendo un panorama climático no favorable para el desarrollo del cultivo, no consideremos necesario la adición de fertilizante líquido en los diferentes estadios para un beneficio proteico porcentual, ya que con la fertilización base

se obtuvieron resultados aceptables y no estadísticamente significativos como para justificar una suplementación de fertilización.

7.3 Peso de mil semillas (PM).

Tratamientos	PM (gr)
T1 (Testigo)	38,53 gr
T2 150 kgN	40,40 gr
T3 150 kgN + 50 kgN	38,93 gr
T4 150kgN + 20kgN líquido	38,93 gr
T5 150 kgN + 50 kgN + 20 kg N líquido	39,20 gr
T6 150 kgN + Aminoácidos.	38,53 gr

Nueva tabla_1 : 13/2/2023 - 10:37:23 - [Versión : 30/4/2020]		
Trat	Rep	PMS
T1	I	35,2
T2	I	40
T3	I	40
T4	I	37,2
T5	I	38
T6	I	34
T1	II	38,8
T2	II	40,8
T3	II	37,2
T4	II	39,6
T5	II	38,8
T6	II	40,4
T1	III	41,6
T2	III	40,4
T3	III	39,6
T4	III	40
T5	III	40,8
T6	III	41,2

Análisis de la varianza						
Variable	N	R²	R² Aj	CV		
PMS	18	0,10	0,00	5,97		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	7,19	5	1,44	0,26	0,9243	
Trat	7,19	5	1,44	0,26	0,9243	
Error	65,39	12	5,45			
Total	72,58	17				
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,15268						
Error: 5,4489 gl: 12						
Trat	Medias	n	E.E.			
T2	40,40	3	1,35	A		
T5	39,20	3	1,35	A		
T4	38,93	3	1,35	A		
T3	38,93	3	1,35	A		
T6	38,53	3	1,35	A		
T1	38,53	3	1,35	A		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						

Tabla 9: Análisis de la varianza (SC tipo I) para la variable PMS. Medias con letras en común no son significativamente diferentes (p-valor>0,05).

En el caso de la variable peso de mil semillas (PM), se observa la misma tendencia que para la variable rendimiento y no se encontraron diferencias significativas ($p\text{-valor} > 0,05$) entre los diferentes tratamientos.

Existen diferentes factores que pueden afectar el peso de mil semillas como pueden ser la variedad del trigo, enfermedades predisponentes, heladas, déficit hídrico.

Podemos concluir que el valor promedio de los diferentes tratamientos se encuentra dentro de los parámetros normales del peso de mil semillas de trigo promedio 30gr-40gr.

7.4 Peso hectolítrico (PH)

El peso hectolítrico se determina por la uniformidad, forma, densidad, tamaño, granos quebrados, chuzos y materias extrañas, a su vez lo podemos definir como el peso de un volumen de 100 litros de trigo. Se considera un valor muy importante dentro de la comercialización de trigo, ya que a mayor peso hectolítrico, vamos a obtener un mejor rendimiento de harina.

Según las Normas de Comercialización de la Bolsa de Cereales de Rosario, se considera a un trigo de grado 3 como aquel que supera los 73 kg. hl⁻¹. El promedio de PH de nuestro ensayo fue de 73,59 kg. hl⁻¹, siendo este un valor que corresponde a un trigo de grano 3. No hubo ningún tratamiento que supere dicho umbral, por lo tanto dentro de la comercialización este tipo de grano sería castigado rebajando un 1% su valor base.

Nueva tabla_2 : 13/2/2023 - 10:38:57 - [Versión : 30/4/2020]

Trat	Rep	PH
T1	I	74,5
T2	I	74,1
T3	I	74,3
T4	I	74,5
T5	I	72
T6	I	74,7
T1	II	71,9
T2	II	72,6
T3	II	71,8
T4	II	72,6
T5	II	71,4
T6	II	72,2
T1	III	72,4
T2	III	75,2
T3	III	73,9
T4	III	73
T5	III	76,4
T6	III	74,1

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PH	18	0,06	0,00	2,19

Análisis de la varianza

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,89	5	0,38	0,15	0,9776
Trat	1,89	5	0,38	0,15	0,9776
Error	31,14	12	2,60		
Total	33,03	17			

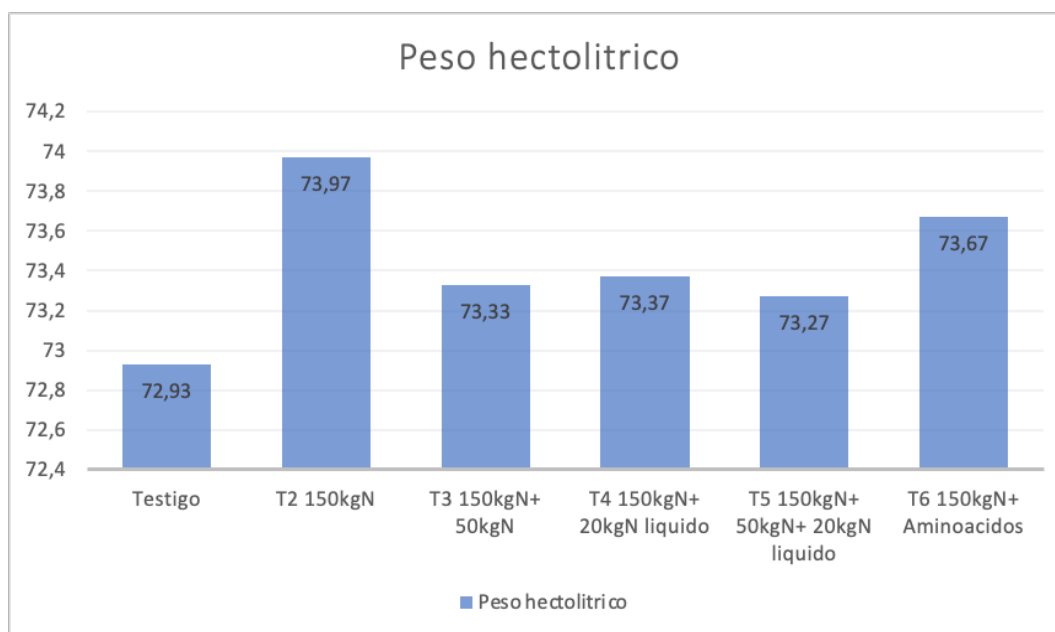
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,86578

Error: 2,5950 gl: 12

Trat	Medias	n	E.E.
T2	73,97	3	0,93 A
T6	73,67	3	0,93 A
T4	73,37	3	0,93 A
T3	73,33	3	0,93 A
T5	73,27	3	0,93 A
T1	72,93	3	0,93 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 10: Análisis de la varianza (SC tipo I) para la variable PH. Medias con letras en común no son significativamente diferentes (p-valor>0,05).



Estadísticamente, no encontramos diferencias significativas dentro de los diferentes tratamientos siendo (p-valor>0,05), por lo tanto no podemos afirmar que las diferentes estrategias de fertilización incidieron directamente en el peso hectolítico final de cada tratamiento.

8. Conclusión

Cabe destacar como hecho acontecido, heladas en principios del mes de octubre y fines del mismo donde el trigo se encontraba en el período de encañazón y floración, momentos críticos para la determinación del rendimiento y calidad de grano ya que son periodos de susceptibilidad que pueden generar mermas en todos los aspectos.

Se observaron “anillos blancos” por debajo de las espigas, lo cual genera una especie estrangulación en el tallo, este tipo de daño puede generar pérdidas en el rendimiento, porque a finales del ciclo cuando la planta senesce, el tallo puede quebrarse por vientos, perdiendo por totalidad la espiga.

Dentro de las parcelas, también encontramos plantas con granos abortados, espigas retorcidas y de color blanco imposibilitándolas a formar granos producto de las bajas temperaturas en floración. (Apuntes de clase, “Cereales y Oleaginosas” año 2019, Fernando Miguenz).

Dicho esto, no podemos realizar conclusiones concretas en base a las hipótesis planteadas, ya que los resultados del ensayo se pudieron ver altamente alterados por los acontecimientos ocurridos durante el ciclo del trigo.

En referencia a la primera hipótesis planteada:

“La fertilización en diferentes etapas del cultivo podría ser una herramienta adecuada para obtener mejores resultados en el rendimiento por hectárea del trigo.”

La primera hipótesis no puede ser aceptada, ya que no generó un incremento significativo en el rendimiento, tanto las adiciones de fertilizante sólido en encañazón, como líquidas en hoja bandera.

Se pueden evaluar los resultados con diferentes puntos de vista, en primer lugar el año no fue beneficioso para tomar como referencia los resultados de dicho ensayo.

Como explicamos y citamos diferentes trabajos, en años donde las condiciones climáticas se vieron favorables para el cultivo, se realizaron ensayos con las mismas estrategias de fertilización, obteniéndose respuestas positivas en la calidad final del grano.

En referencia a la segunda hipótesis planteada:

“Las diferentes estrategias de fertilización generarían un beneficio en la calidad del grano respecto a la fertilización tradicional. “

Los resultados obtenidos respaldan parte de la hipótesis 2, ya que la adición de fertilizantes líquidos (T5 y T6) en estadios avanzados de la planta de trigo impactaron positivamente en el porcentaje de proteína. Para las demás variables analizadas, peso hectolítrico, peso de mil semillas, no se obtuvo una respuesta positiva, por lo tanto no podemos respaldar por completo dicha hipótesis.

9. Bibliografía

Abbate P.E. y Lázaro L. 2001. Ecofisiología del trigo candeal. En: Manual de Trigo Candeal. Barrow, Bs. As. 23-29.

Bolsa de Cereales de Rosario. BCR. Guía Estratégica para el Agro-GEA
<https://www.bcr.com.ar>

Determinaciones analíticas, Trigo Argentino.
<https://www.trigoargentino.com.ar/Metodologia/DetAnal?Idioma=Esp>

Echeverría, H. E; Studdert, G. A (2005) El contenido de nitrógeno en la hoja bandera del trigo como predictivo del incremento de proteína en el grano por aplicaciones de nitrógeno en la espigazón. Revista Facultad de Agronomía, 103 (1): 27-36.

FAO. 2022. *Perspectivas de cosechas y situación alimentaria*. Informe trimestral mundial N.º 1.
<https://www.fao.org/faostat/es/#home>
<https://www.fao.org/3/cb8893es/cb8893es.pdf> .

Echeverría y Studdert, 1998. El contenido de nitrógeno en la hoja bandera del trigo como predictivo del incremento de proteína en el grano por aplicaciones de nitrógeno en la espigazón. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. 103 (1):27-36.

“Fertilización foliar nitrogenada complementaria en trigo” Ing. Agr. M. Sc. Luis Ventimiglia / Lic. Adm. y Econ. Agr. Lisandro Torrens Baudrix.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_9_de_julio_fertilizacin_foliar_nitrogenada_compl.pdf

Fertilización nitrogenada para incrementar la proteína en trigo, Gonzalo Perez y otros, 2018”

https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bolivar_fertilizacon_nitrogenada_para_incrementar_la_proteina_en_trigo_1.pdf

Fuente: Dirección de Estimaciones Agrícolas. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.

<https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/triticum-aestivum>

García F.O.: Ciampitti, I. Manejo nutricional del cultivo de trigo: ¿ Dónde estamos y hacia dónde vamos? (2009)

[http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/1%20c4d3a467ee702170325742b007f4f08/\\$FILE/FGarcia-%20Trigo%20Marzo%202009.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/1%20c4d3a467ee702170325742b007f4f08/$FILE/FGarcia-%20Trigo%20Marzo%202009.pdf)

Ing. P. A. M. Victoria Corte Martín López Dpto. Estimaciones Agrícolas 13 de Marzo de 2018

<https://www.bolsadecereales.com/imagenes/informes/2018-03/27-expoagro.2018.pdf>.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. (INTA.), edición on-line, Sección Desarrollo Rural, Publicaciones. Ensayo: “Efecto de la fertilización foliar complementaria sobre el rendimiento de trigo en siembra directa” por los Ings. Agrs. Ferraris y Couretot, correspondiente a La Campaña 2004-2005. Fecha de consulta: Septiembre del 2005

https://www.inta.gov.ar/PERGAMINO/actividad/public_ext.htm

Loewy, T. [2005] Fraccionamiento del nitrógeno y fertilización foliar en trigo. Publicación del INTA

Manuel Martínez Centelles, 7 noviembre 2019

<https://www.botanical-online.com/botanica/trigo-caracteristicas>.

Material preparado por: Ing. Agr (Esp) Rubén E. Toledo Cereales y Oleaginosas. Escala Zadoks et.al (1971)

<https://ansenuza.unc.edu.ar/comunidades/bitstream/handle/11086.1/1372/TRIGO%20-%20Clave%20de%20Zadocks%20et%20al.%2C%20%281974%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina.

<https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/tableros/tablero-cultivos.php?accion=imp>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina, Marzo 2011 (L: sistema de clasificación de Linneo de 1.753).

https://www.magyp.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/inf-trigo-candeal/trigo_candeal.php

Normas de calidad para la comercialización de trigo pan - Norma XX, Bolsa de Comercio de Rosario (2019).

https://www.cac.bcr.com.ar/sites/default/files/2018-04/normas_de_comercializacion_completa.pdf

Loewy, T. (2004). Fraccionamiento del nitrógeno y fertilización foliar en trigo. In *Actas del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná (Entre Ríos)* (pp. 22-25)

“Panorama agrícola semanal” Relevamiento al 14/12/2022. Bolsa de cereales

<https://www.bolsadecereales.com/imagenes/pass/2022-12/956-pas20221215.pdf>

Passarella, V. & Savin, R., 2003. Características físico-químicas de los granos y usos principales. En: E. Satorre, y otros edits. *Producción de granos*. Buenos Aires: Facultad de Agronomía, pp. 9-23.

Poehlman (1986)

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5483/T12241%20PACHECO%20DIAZ,%20JAVIER%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>