

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTAL



Trabajo Final de Carrera

**Evaluación del rendimiento de Cebada Cervecera
(*Hordeum distichum* L): Efectos de la aplicación de
diferentes dosis de nitrógeno y bioestimulante.**

Modalidad: Investigación en cualquiera de los campos de las ciencias agrarias y forestales. Tesis dúo.

Área temática: Sistemas extensivos.

Alumnos: - Fernández Francisco José

N° de legajo: 29230/6

- Donadio Fernández Sebastián.

N° de legajo: 29106/3

Dirección correo electrónico:

franfernandez81@gmail.com

sebastian.donadio@hotmail.com

Director: Ing. Agr. Voisin Axel Iván

Codirector: Dr. Ing. Agr. Christian Weber

Fecha de entrega: 11/11/2024.

ÍNDICE

1	RESUMEN	3
2	INTRODUCCIÓN	4
2.1	Hipótesis	8
2.2	Objetivo general	8
2.3	Objetivos específicos	9
3	MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1	Sitio experimental.....	9
3.2	Tratamientos y diseño experimental.	9
3.3	Análisis de los datos.	11
4	RESULTADOS	12
4.1	Condiciones climáticas durante el ensayo.	12
4.2	Análisis de los componentes del rendimiento.	15
4.2.1	Dinámica del componente espigas m^{-2}	15
4.2.2	Componentes peso de los granos, número de granos m^{-2} y número de granos por espiga.	16
4.3	SPAD y altura de plantas.	18
4.4	Rendimiento.	19
4.5	Biomasa total.	21
4.6	Índice de cosecha (IC).	22
5	DISCUSIÓN	24
6	CONCLUSIÓN	29
7	BIBLIOGRAFÍA	30

1 RESUMEN

La cebada posee gran relevancia a nivel mundial, destacándose por su valor nutritivo y su amplia variedad de aplicaciones industriales. La fertilización nitrogenada es una práctica comúnmente utilizada para optimizar el crecimiento y el rendimiento de este cultivo. La eficiencia de esta técnica puede mejorarse a través del uso de bioestimulantes, los cuales tienen el potencial de incrementar la absorción de nutrientes y mejorar la respuesta de las plantas ante condiciones de estrés abiótico.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de diferentes dosis de nitrógeno (N) y la aplicación de un bioestimulante en el crecimiento y rendimiento del cultivo.

El diseño experimental incluyó dos variedades de cebada y tres niveles de fertilización nitrogenada, tanto con la incorporación de bioestimulantes como sin ellos, utilizando un diseño de bloques completos aleatorizados.

Las variables medidas incluyeron la altura de planta, producción de biomasa, dinámica del macollaje y rendimiento. Se realizaron análisis estadísticos para evaluar los efectos principales y las interacciones entre las dosis de N y el bioestimulante, utilizando análisis de varianza (ANVA) y pruebas de comparación de medias.

Los resultados mostraron que el aumento en la disponibilidad de N, en combinación con la aplicación de un bioestimulante, no produjo un efecto sinérgico positivo en el crecimiento del cultivo ni en los componentes de rendimiento o producción total. Se observó únicamente una tendencia hacia el aumento del rendimiento relacionada con la dosis de N. No obstante, la aplicación del bioestimulante sí contribuyó a una mayor producción de biomasa.

La falta de respuesta significativa en los resultados pudo deberse a la ausencia de factores de estrés durante el ciclo del cultivo, facilitada por condiciones climáticas favorables y las características del suelo, especialmente la alta disponibilidad de nitrógeno (NO_3^-) y los aportes del mismo por mineralización (Nan).

2 INTRODUCCIÓN

La cebada es un cereal anual de invierno que pertenece a la familia Poaceae (Gramíneas), subfamilia *Pooideae*, tribu *Triticeae*, género *Hordeum*, y en este caso nos referiremos a la especie *Hordeum distichum* L “cebada cervecera”. Desciende de la cebada silvestre *Hordeum spontaneum* y es originaria del norte de África, sudoeste de Asia (Golik *et al.*, 2022).

En la actualidad la cebada es el cuarto cereal del mundo por volumen de producción, detrás de maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*) y trigo (*Triticum aestivum*) con 145 millones de toneladas (Mton). Los principales productores son Rusia (23 Mton), Australia (14 Mton), Francia (11 Mton), Alemania (11 Mton), España (7 Mton) y Ucrania (6 Mton) (FAOSTAT, 2022).

Dentro de Sudamérica, Argentina es el mayor productor de cebada con 5.279.608 millones de toneladas, siendo uno de los principales exportadores de este cereal con 2,6 millones de toneladas a nivel mundial (FAOSTAT, 2022).

Más del 90% de la producción se realiza en la Provincia de Buenos Aires y el resto en La Pampa, Córdoba y Santa Fe. El centro norte de Buenos Aires aporta el 20% del total, el sudeste un 50% y el sudoeste de Buenos Aires un 20%, influenciado por la localización de las malterías y puertos de exportación (SISA, 2023).

Con respecto a las variedades sembradas, si bien existen numerosos cultivares inscriptos, la más utilizada es “Andreia”, que comprende el 45,07% de la superficie sembrada declarada, le sigue “Montoya” con 17,37 %, “Overture” con 14,01 % y “Charles” con 4,39 % (SISA, 2023).

Este cereal ha presentado en nuestro país un paulatino incremento en los últimos años en la superficie sembrada, en la producción y en los valores de exportación, lo que responde a diversos factores. Por un lado, se debe a que el cultivo de cebada posibilita una cosecha temprana en comparación con su principal competidor, el trigo, lo que favorece la implantación de cultivos de verano como la soja. Otras de las causas del incremento de este cultivo en el país son la aparición en el mercado de variedades de alto rendimiento, de adecuada calidad comercial (grano uniforme) y de apropiada calidad maltera-cervecera, así como también

responde a la demanda de producción para la exportación de malta y para la industria cervecera, requiriendo un continuo abastecimiento. A su vez, cuestiones coyunturales como restricciones a la exportación de trigo impuestas entre los años 2008 a 2015, así como el crecimiento en la producción de cerveza, incidieron en el incremento del cultivo (Larrán *et al.*, 2022).

El cultivo de cebada se presenta como una alternativa de creciente interés como cultivo de invierno, debido a que puede realizar un aporte de singular importancia a la sustentabilidad del sistema productivo, al constituir una herramienta de intensificación de las rotaciones. De hecho, puede considerarse que no necesariamente es un competidor del trigo en planteos de invierno, ya que puede integrarse como antecesor de cultivos de verano en una secuencia que integre al trigo en el ciclo anterior o posterior. La inserción de la cebada cervecera como antecesor de maíz en una secuencia trigo/soja de segunda, cebada/maíz de segunda representa una alternativa que permite incrementar la cosecha de grano y proteína, así como el aporte de carbono al sistema, aún en comparación a secuencias intensivas como trigo/soja de segunda-maíz. Esto permitiría disminuir los tiempos libres, emplear de manera uniforme a lo largo del año recursos como personal y maquinaria, y utilizar de manera más eficiente el agua y N remanente del otoño que, de otra manera, difícilmente sería aprovechada. Además, aporta al sistema productivo un gran volumen de residuos y cobertura, constituyéndose en una herramienta para la intensificación y diversificación de cultivos, al introducir una nueva especie de invierno, complementaria de las demás especies cultivadas (Ferraris *et al.*, 2008).

La producción de biomasa, rendimiento y calidad de la cebada, dependerá de la disponibilidad de nutrientes, y por ende del conocimiento de su dinámica de acumulación, de sus requerimientos y de sus funciones en la determinación del rendimiento y sus componentes (Golik *et al.*, 2022).

En este cereal, la nutrición nitrogenada juega un rol fundamental, no sólo para poder alcanzar los rendimientos esperados, sino también para poder lograr los estándares de calidad requeridos en una cebada cervecera. Los mismos son un porcentaje proteína de entre 9,5-13% y calibre sobre zaranda de 2,5 mm mayor a 85% (Bolsa de Comercio de Rosario, 2019).

El N es el nutriente que con mayor frecuencia limita la producción de los cereales, debido a los altos requerimientos y a la frecuencia con que se observan deficiencias en los suelos. Se trata del elemento más importante, el más demandado y que tiene un efecto en la formación y duración del área foliar, la cual incide fuertemente sobre la eficiencia fotosintética y, por lo tanto, en la definición del rendimiento (Orcellet *et al.*, 2015). La disponibilidad de nutrientes, especialmente de N provoca cambios tanto en la fuente de foto asimilados (área foliar del cultivo, IAF), como en sus destinos (granos). La deficiencia de este nutriente altera la dinámica de expansión del área foliar verde, afectando, por lo tanto, la fracción de radiación interceptada por el cultivo, disminuyendo así la eficiencia de intercepción y su duración (senescencia), modificando sus componentes: el número de hojas por planta a través de una modificación en la generación y supervivencia de macollos (Weber, 2022).

Uno de los aspectos a considerar para definir las estrategias de fertilización nitrogenada en cebada, es determinar el momento correcto de aplicación de N con el objetivo de maximizar la eficiencia de uso. Para esto es necesario sincronizar la disponibilidad de N con la demanda del cultivo, para lograr adecuadas coberturas foliares al comienzo del periodo crítico, que comprende entre los 10 y 40 días previos a la espigazón del cultivo. Por otro lado, el plan de fertilización debería considerar el requisito de mantener un nivel adecuado de N en grano acorde a los estándares industriales (Bolsa de comercio de Rosario, 2019).

En cebada, el rendimiento se construye a partir de relaciones entre el número de macollos logrados hasta la elongación del tallo (Z3.0) (Zadoks *et al.*, 1974) que originarán un número potencial de espigas, con un determinado número de granos por espiga. Estos parámetros combinados dan como resultado el número de granos por metro cuadrado, fuertemente asociado con el rendimiento del cultivo (Ferraris *et al.*, 2008).

Por lo tanto, para obtener altos rendimientos en cebada es necesario alcanzar un elevado número de macollos por unidad de superficie. Para asegurar la máxima formación de éstos, además de establecer una fecha correcta de siembra del cultivo, es importante un correcto suministro de nutrientes, sobre todo de N. Así desde etapas tempranas del cultivo se inicia el establecimiento de subcomponentes

que determinarán el componente principal de rendimiento como es el número final de espigas y granos por unidad de superficie (Miralles *et al.*, 2010).

En síntesis, un aumento en la disponibilidad de N favorece el macollaje y la fertilidad de los macollos y por ende del número de espigas m⁻². Dentro de cada espiga, el número potencial de flores (1 por espiguilla) y su fertilidad responden también a la disponibilidad de nutrientes. En el peso de los granos, aunque la disponibilidad de nutrientes presenta menor respuesta, su efecto se da a través de su influencia sobre la producción de fotoasimilados (tasa y duración), modificando en número de células endospermáticas y el número de gránulos de almidón (Golik *et al.*, 2022).

Hoy en día, el uso de bioestimulantes es cada vez más popular, ya que ofrecen una forma natural y sostenible de mejorar la sanidad y la productividad de los cultivos, en comparación con los fertilizantes minerales y los productos fitosanitarios tradicionales.

Al hablar de bioestimulantes, se hace referencia a cualquier sustancia o microorganismo que se aplica a los cultivos con el objetivo de mejorar el crecimiento de los mismos, la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y/o los rasgos de calidad en las cosechas, independientemente de su composición nutricional. Por extensión, los bioestimulantes también incluyen productos comerciales que contienen mezclas de tales sustancias y microorganismos (Fertilizar, 2023).

Estos beneficios explican parcialmente el reciente aumento en el uso de bioestimulantes para la agricultura, pero hay más razones. La historia completa incluye regulaciones agrícolas cambiantes, innovación tecnológica y esfuerzos globales para mejorar la sostenibilidad de nuestros sistemas alimentarios (Fervalle, 2024).

El fenómeno del cambio climático puede acentuar el estrés abiótico y biótico sobre los cultivos. En este sentido, los bioestimulantes pueden desempeñar un papel esencial en la reducción del uso de fitosanitarios y adaptación a condiciones de estrés sobre los cultivos, manteniendo o aumentando el rendimiento (Fertilizar, 2023). Como menciona Du Jardín (2015), el uso de bioestimulantes potencia numerosos procesos ocurridos en los cultivos, entre ellos, el desarrollo radicular y

absorción de nutrientes, activación de defensas en las plantas contra el ataque de insectos y hongos fitopatógenos, optimización de la respuesta ante situaciones de estrés, ya sea por factores bióticos o abióticos (frío, calor, sequía, inundación), fijación biológica del nitrógeno, aumento de la síntesis de fitohormonas: auxinas, giberelinas, citoquininas, que están estrechamente asociadas a la promoción de la germinación de las semillas, crecimiento del tallo, inducción a la brotación de las yemas y el desarrollo de los granos y favorece la solubilización de compuestos insolubles (fosfato di- y tricálcico y otros minerales). Estos beneficios contribuyen a aumentar el rendimiento y la calidad de los cultivos, estimulan el desarrollo radicular y la brotación, contribuyen al proceso de nutrición poniendo en disponibilidad materia orgánica, además ayudan a la fijación biológica del N y estimulan las defensas naturales de la planta, por lo que disminuye la dependencia de fitosanitarios. Por otro lado, pueden ayudar a reducir daños por hongos fitopatógenos e insectos, sin afectar a los benéficos, mejoran el cuajado y la calidad de los frutos y granos/semillas, alivian las consecuencias de estrés, ya sea por temperatura o humedad (Du Jardín *et al.*, 2015).

Por todo lo expresado precedentemente, en esta tesis se estudió, además de la utilización de diferentes dosis de nitrógeno, el uso de un bioestimulante y su posible efecto sinérgico en el cultivo de cebada cervecera.

2.1 Hipótesis

El incremento en la disponibilidad de N en combinación con un bioestimulante posee un efecto sinérgico positivo sobre el crecimiento del cultivo, los componentes del rendimiento y, por lo tanto, su producción.

2.2 Objetivo general

Evaluar y aportar información acerca de la utilización y aplicación del uso de bioestimulantes en combinación con diferentes dosis de fertilización nitrogenada, analizando la incidencia sobre el crecimiento del cultivo de cebada y sus componentes del rendimiento.

2.3 Objetivos específicos

- Analizar la producción de biomasa total, rendimiento en grano del cultivo e índice de cosecha (IC).
- Monitorear la evolución temporal de los componentes del rendimiento (macollos m^{-2} , espigas m^{-2} , número de granos m^{-2} , número de granos por espiga, peso de mil granos (PMG) y la altura de las plantas.
- Analizar el estatus nitrogenado a través de mediciones de SPAD.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio experimental.

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn ($34^{\circ} 52' LS$, $57^{\circ} 58' LO$), ubicada en Los Hornos, localidad de La Plata, provincia de Buenos Aires, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.

El ensayo se realizó sobre un suelo Argiudol Vértico, Familia arcillosa fina illítica térmica, con las siguientes características determinadas a 20 cm de profundidad: materia orgánica 3,16%; nitrógeno de nitratos 28 kg ha^{-1} , nitrógeno anaeróbico 33,3 ppm, de fósforo Bray 11 ppm y pH 5,65.

3.2 Tratamientos y diseño experimental.

Se realizó un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. Cada bloque fue dividido en dos parcelas principales que correspondieron a la variedad (Andreia y Overture). Las parcelas principales fueron divididas en 2 subparcelas, y en cada una de ellas se asignó al azar la aplicación de la enmienda biológica líquida que es el resultante de un derivado de humus de lombriz de base acuosa, sin químicos sintéticos que posee macro y micronutrientes además de microorganismos cuyo nombre comercial es FFO (tratamientos con y sin la enmienda). Por último, cada una de las subparcelas fue dividida en 3 sub-subparcelas, y en ellas se asignaron al azar 3 niveles de fertilizante nitrogenado (0, 40 y 80 kg N ha^{-1}), imágenes 1 y 2.

El ensayo se llevó a cabo bajo labranza convencional y la siembra se realizó el 3 de agosto a una densidad de $350 \text{ plantas m}^{-2}$. Las dimensiones de la sub-

subparcela fueron de 1,4 m de ancho por 6,5 m de largo, con surcos espaciados a 20 cm.

Se realizó una fertilización de base con fosfato diamónico a razón de 100 kg ha⁻¹ en todas las parcelas. En macollaje y encañazón se aplicó FFO de manera foliar en una dosis de 8 l ha⁻¹. En macollaje se aplicó urea como fertilizante nitrogenado. Para el control de malezas se aplicó en macollaje una mezcla de 2,4-D más picloran y metsulfurón. La cosecha se realizó el 12 de diciembre y se evaluaron los componentes del rendimiento y su evolución en el tiempo: macollos m⁻² al comienzo de la encañazón, espigas m⁻² en espigazón y a cosecha, número de granos m⁻², número de granos por espiga, peso de mil granos, producción de biomasa total y rendimiento en grano. En espigazón se tomaron medidas con el clorofilómetro SPAD y la altura de las plantas.



Imagen 1: Vista Parcelas experimentales.



Imagen 2: Vista ensayo.

3.3 Análisis de los datos.

Los datos obtenidos se procesaron a través del análisis de la varianza y la prueba de LSD Fisher ($p < 0,05$) para la comparación de medias usando el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020). Se analizaron los factores principales y sus interacciones para todas las variables consideradas.

4 RESULTADOS

4.1 Condiciones climáticas durante el ensayo.

En la *figura 1* se detallan los registros correspondientes a las precipitaciones medias mensuales medidas en el 2023, y la precipitación media histórica.

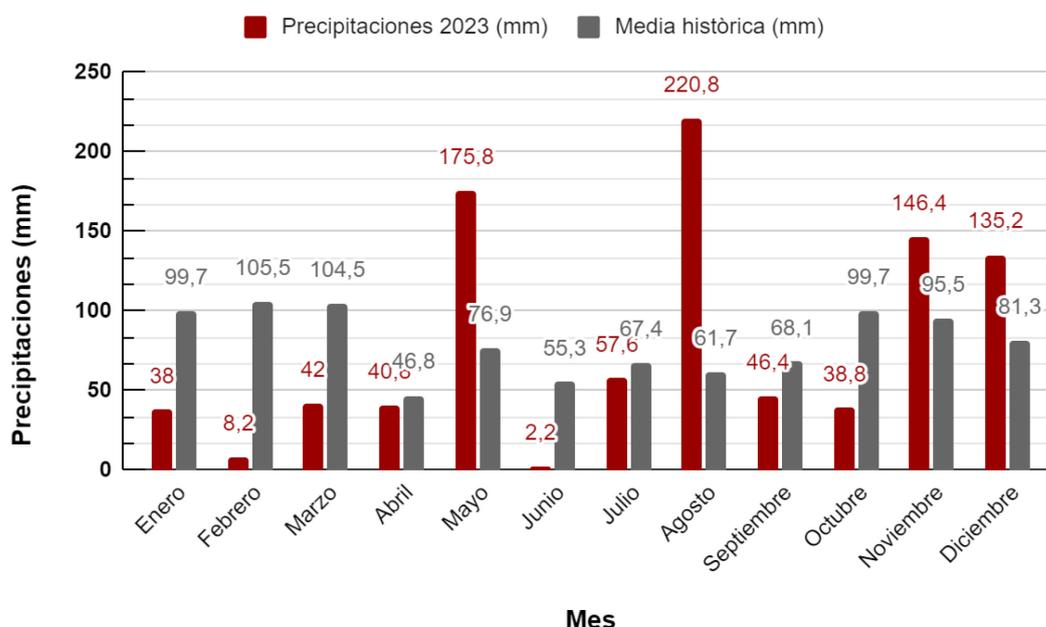


Figura 1. Datos de precipitaciones del 2023 e históricas 1966-2022, Estación Experimental J. Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).

La distribución de las precipitaciones muestra variaciones significativas a lo largo del año. En los primeros meses, las mismas fueron inferiores a la media histórica, inclusive se generó un déficit hídrico. Luego, el mes de mayo destacó por su abundancia, pero a mitad de año se produjo una drástica caída, afectando la disponibilidad de agua.

En agosto, mes en el que se realizó la siembra, las precipitaciones alcanzaron los 220,8 mm, lo que representa un notable aumento en comparación con la media histórica de 61,7 mm. Este exceso de agua cuando el cultivo tenía 2 hojas desplegadas afectó el stand de plantas. No obstante, el cultivo pudo recuperarse, obteniendo un adecuado desarrollo inicial de las plantas.

Durante los meses de septiembre y octubre, las precipitaciones fueron menores a la media histórica. En septiembre descendió de 68.1 mm a 46,4 mm, y

en octubre, mes en que ocurrió el periodo crítico del cultivo, las precipitaciones fueron escasas (38,8mm) en relación a las históricas (99,7 mm). Esta situación podría haber generado un estrés hídrico en las plantas, pero como el suelo tenía una importante reserva hídrica no se vieron afectadas de manera significativa.

En noviembre, se observa un repunte en las precipitaciones, que alcanzaron los 146,4 mm, superando la media histórica de 95,5 mm. Este aumento fue suficiente para un adecuado llenado de granos, proporcionando la humedad necesaria.

Finalmente, en diciembre, las precipitaciones se mantuvieron elevadas con 135,2 mm, nuevamente por encima de la media histórica de 81,3 mm. Este nivel de humedad permitió mantener la disponibilidad de agua en el suelo durante el periodo de maduración del cultivo.

A lo largo del ciclo, la precipitación acumulada totalizó 646 mm, en comparación con la media histórica de 528 mm. Estos valores y la diferencia con la media reflejan un año con condiciones hídricas más favorables, aunque con los riesgos asociados de exceso de agua en ciertas etapas del cultivo.

En cuanto a la temperatura, en la *figura 2* se detallan los registros correspondientes a temperaturas medias del aire durante los meses de desarrollo del cultivo y la temperatura media histórica.

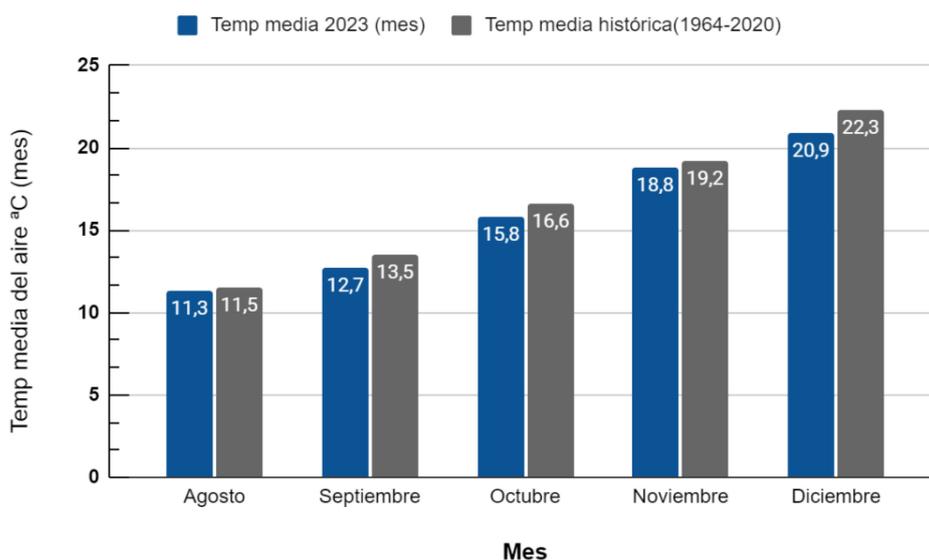


Figura 2. Datos de temperaturas del aire 2023 e histórico 1964-2022, Estación Experimental J. Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).

El análisis de las temperaturas a lo largo del ciclo del cultivo de cebada revela patrones que influyen en su desarrollo. En agosto, la temperatura media del aire fue de 11,3 °C, muy similar a la media histórica de 11,5 °C. Estas temperaturas frescas son adecuadas para la germinación y el establecimiento de la cebada, activando los procesos metabólicos necesarios para un inicio saludable del cultivo.

En septiembre, la temperatura media se situó en 12,7 °C, ligeramente por debajo de la media histórica de 13,5 °C. Durante fines de agosto y todo septiembre transcurrió la fase de macollaje, que inició con la tercera hoja desplegada (Zadoks *et al.*, 1974).

Durante principios de octubre, se produjo la encañazón y a finales del mismo la espigazón y el periodo crítico del cultivo, etapa fundamental para la generación del rendimiento. Alrededor del 18 de octubre, las variedades se encontraban en los estadios Z37-Z39, con una temperatura media que alcanzó los 15,8 °C, aunque aún por debajo de la media histórica de 16,6 °C. Estas temperaturas junto a una adecuada radiación generaron ambientes fototermales adecuados para la generación del rendimiento en el período crítico.

Durante noviembre y los primeros días de diciembre, tuvo lugar el llenado del grano. En noviembre, las temperaturas medias fueron 18,8 °C, manteniéndose por debajo de la media histórica de 19,2 °C, y en diciembre, la temperatura media alcanzó los 20,9 °C, situándose nuevamente por debajo de la media histórica de 22,3 °C. Las temperaturas señaladas fueron suficientes para asegurar una tasa y duración del llenado de grano adecuadas.

En general, las temperaturas durante el ciclo de crecimiento de la cebada se mantuvieron en un rango favorable, promoviendo el crecimiento y desarrollo en etapas críticas.

En cuanto a heladas, en agosto, mes en el que se sembró el cultivo, se registraron 3 heladas menores a 0°C. Su ocurrencia, sumado a las elevadas precipitaciones registradas en este mes podrían haber afectado el crecimiento inicial

del cultivo, en particular la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas, aunque por su duración e intensidad los daños no fueron significativos.

A partir del mes de septiembre, no se registraron heladas, lo que sugiere que las condiciones fueron favorables para el desarrollo del cultivo, sin temperaturas extremadamente frías durante todo su ciclo.

4.2 Análisis de los componentes del rendimiento.

4.2.1 Dinámica del componente espigas m⁻².

En el análisis de la varianza para el número de espigas m⁻², no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la interacción de FFO*Variedad (p-valor: 0,7167), ni para la interacción de FFO*Nitrógeno (p-valor: 0,3900) y Variedad*Nitrógeno (p-valor: 0,9371), y tampoco para la triple interacción de FFO*Variedad*Nitrógeno (p-valor: 0,1800) (tabla 1).

Además, no se encontraron diferencias significativas para los tratamientos con FFO (p-valor: 0,0756) y distintas dosis de N (p-valor: 0,4011) (tabla 1) en ninguno de los momentos evaluados, solo se encontraron diferencias estadísticas significativas según la variedad (p-valor: 0,0230) al momento de la espigazón (Z.55) (tabla 1), donde la variedad Overture presentó mayor número de espigas m⁻² que la variedad Andreia. Se destaca que la variedad Overture generó un mayor número de macollos y su supervivencia traducida a espigas m⁻², mientras que ante mayores dosis o disponibilidad de N también se logró mayor número de espigas en ambas variedades.

Tabla 1: Análisis de la varianza del componente espigas m⁻² en las variedades Overture y Andreia, medido en 3 momentos distintos. Se detallan las medias y el error estándar. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas según el test de LSD Fisher (p<0.05).

Espigas m⁻²			
Tratamientos	Z3.1	Z5.5	Z9
<u>Variedad (V)</u>			
Overture	1757 ± 77,02 A	805 ± 9,39 A	620 ± 19,35 A

Andreia	1495 ± 77,02 A	719 ± 9,39 B	524 ± 19,35 A
<u>Enmienda Biológica (FFO)</u>			
Con FFO	1623 ± 59,88 A	727 ± 20,67 A	575 ± 17,60 A
Sin FFO	1630 ± 59,88 A	796 ± 20,67 A	568 ± 17,60 A
<u>Fertilización nitrogenada (FN)</u>			
0N	1589 ± 55,31 A	742 ± 31,18 A	575 ± 27,03 A
40N	1675 ± 55,31 A	746 ± 31,18 A	551 ± 27,03 A
80N	1615 ± 55,31 A	797 ± 31,18 A	589 ± 27,03 A
<u>Análisis de la varianza (valores p)</u>			
V	0,1379	0,0230	0,0725
FFO	0,9398	0,0756	0,7663
FN	0,5432	0,4011	0,6239
V x FFO	0,4988	0,7167	0,8793
V x FN	0,1127	0,9371	0,8450
FFO x FN	0,9752	0,3900	0,3932
V x FFO x FN	0,3315	0,1800	0,1767
CV (%)	11,78	14,19	16,40

4.2.2 Componentes peso de los granos, número de granos m⁻² y número de granos por espiga.

Para la variable peso de los granos (PMG), no se encontraron diferencias significativas para el uso de FFO, distintas dosis de N y variedad (tabla 2). Solo se encontró una interacción estadísticamente significativa entre Variedad*Nitrógeno (p-valor: 0,0276) (tabla 2). El nivel de fertilización impacto de manera diferente entre las variedades. En Andreia se encontró que al aumentar la disponibilidad de N aumentó el PMG, en cambio en Overture el aumento de dosis de N no significó un incremento en el PMG.

En el análisis de la varianza para la variable número de granos m^{-2} , no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los tratamientos e interacciones analizadas (tabla 2). Ante mayores dosis de N se observa una tendencia en aumento del número de granos por unidad de superficie.

Para el número de granos por espiga, hubo diferencias estadísticas significativas en el tratamiento con distintas dosis de N (p-valor: 0,0151), luego no se encontraron esas diferencias para el resto de los tratamientos e interacciones analizadas. Con 40 y 80 kg de N, el número de granos por espiga fue mayor (tabla 2).

Tabla 2: Análisis de la varianza de los componentes peso del grano (PMG), número de granos m^{-2} (NG m^{-2}) y número de granos por espiga (NG esp^{-1}). Se detallan las medias y el error estándar. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas según el test de LSD Fisher ($p < 0.05$).

Tratamientos	PMG	NG m^{-2}	NG esp^{-1}
<u>Variedad (V)</u>			
Overture	43,52 ± 0,82 A	13336 ± 345,67 A	22 ± 0,61 A
Andreia	43,92 ± 0,82 A	11670 ± 345,67 A	23 ± 0,61 A
<u>Enmienda Biológica (FFO)</u>			
Con FFO	43,47 ± 0,53 A	12313 ± 442,70 A	22 ± 0,44 A
Sin FFO	43,97 ± 0,53 A	12693 ± 442,70 A	23 ± 0,44 A
<u>Fertilización nitrogenada (FN)</u>			
0N	44,21 ± 1,09 A	11479 ± 844,51 A	21 ± 27,03 B
40N	43,25 ± 1,09 A	12875 ± 844,51 A	24 ± 27,03 A
80N	43,71 ± 1,09 A	13156 ± 844,51 A	23 ± 27,03 A
<u>Análisis de la varianza (valores p)</u>			

V	0,7701	0,0764	0,5460
FFO	0,5412	0,5759	0,1727
FN	0,8255	0,3470	0,0151
V x FFO	0,5851	0,5838	0,5644
V x FN	0,0276	0,2783	0,0997
FFO x FN	0,0994	0,6785	0,9077
V x FFO x FN	0,1942	0,3432	0,2225
CV (%)	8,62	23,40	16,40

4.3 SPAD y altura de plantas.

En el análisis de la varianza para el índice de verdor (SPAD) no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos e interacciones evaluadas (tabla 3). Se observa una tendencia en aumento de índice de verdor con dosis de 40 y 80 kg ha⁻¹ de N.

Para la altura de las plantas, tampoco resultaron en diferencias significativas ninguno de los tratamientos e interacciones analizadas (tabla 3). Se observa sí un factor varietal ya que la variedad Overture tuvo mayor altura que Andreia.

Tabla 3: Análisis de la varianza del índice de verdor (SPAD) y altura de planta medida en Z5.5. Se detallan las medias y el error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas según el test de LSD Fisher ($p < 0.05$).

Tratamientos	SPAD	Altura de planta (cm)
<u>Variedad (V)</u>		
Overture	46,47 ± 1,10 A	83,85 ± 0,99 A
Andreia	45,72 ± 1,10 A	81,64 ± 0,99 A
<u>Enmienda Biológica (FFO)</u>		
Con FFO	45,95 ± 1,17 A	82,96 ± 0,84 A

Sin FFO	46,24 ± 1,17 A	82,53 ± 0,84 A
<u>Fertilización nitrogenada (FN)</u>		
0N	44,86 ± 0,60 A	82,35 ± 0,80 A
40N	46,69 ± 0,60 A	83,94 ± 0,80 A
80N	46,73 ± 0,60 A	81,95 ± 0,80 A
<u>Análisis de la varianza (valores p)</u>		
V	0,6782	0,2552
FFO	0,8702	0,7326
FN	0,0705	0,2098
V x FFO	0,6992	0,4572
V x N	0,3559	0,3997
FFO x FN	0,2719	0,3882
V x FFO x FN	0,8588	0,1347
CV (%)	4,52	3,37

4.4 Rendimiento.

No se hallaron diferencias estadísticas significativas para ninguno de los tratamientos e interacciones analizadas. Se destaca que la variedad Overture obtuvo mayor rendimiento que Andreia (figura 3). Claramente como era de esperar, hubo tendencia al aumento del rendimiento con mayores dosis de N en ambas variedades (figura 4). Con 80 kg de N por hectárea aumentó el rendimiento 745 kg en comparación con el testigo, que representa un 12,9% del rendimiento total, pero no fue estadísticamente significativo. Se encontró una tendencia a la baja en el rendimiento con el uso de bioestimulante (figura 5).

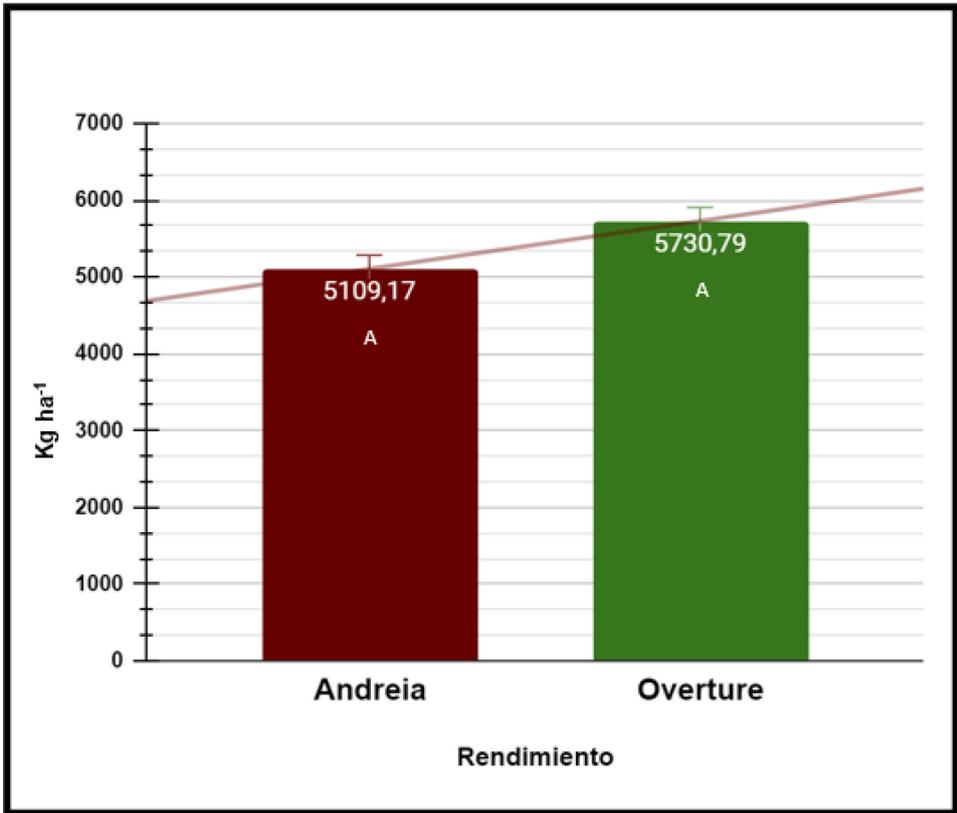


Figura 3: Rendimiento (kg ha⁻¹) para las variedades Andreaia y Overture. Letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas según el test de LSD Fisher ($p < 0.05$).

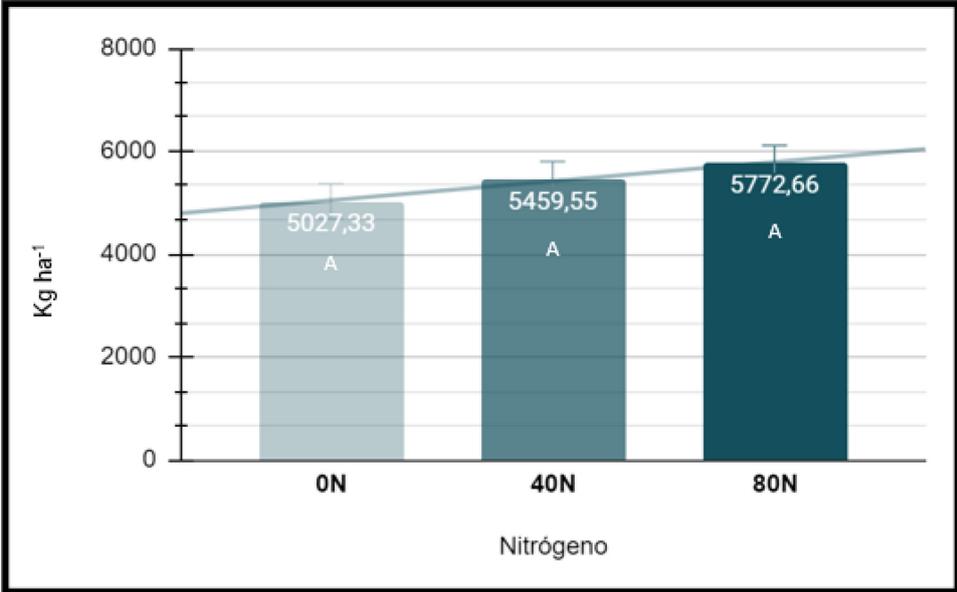


Figura 4: Rendimiento (kg ha⁻¹) según diferentes dosis de nitrógeno. Letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas según el test de LSD Fisher ($p < 0.05$).

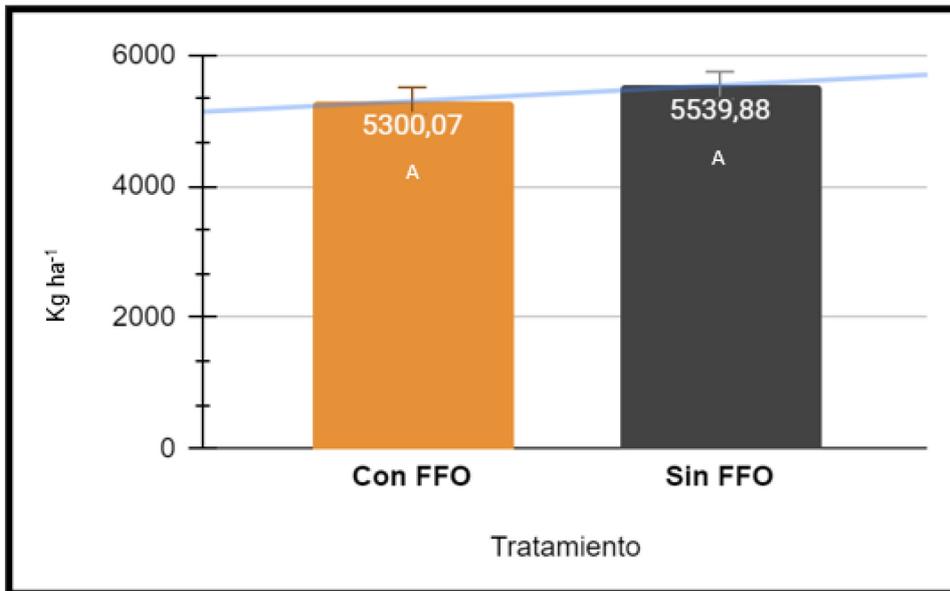


Figura 5: Rendimiento (kg ha⁻¹) según tratamiento con y sin FFO. Letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas según el test de LSD Fisher ($p < 0.05$).

4.5 Biomasa total.

No se encontraron interacciones significativas para esta variable. Se observa que Andreia produjo mayor biomasa que Overture, aunque no estadísticamente significativo (figura 6). La aplicación de FFO produjo un incremento significativo en la producción de biomasa total (p -valor: 0,0317) (figura 7). De la misma forma mayores dosis de N produjeron aumentos significativos en este parámetro (p -valor: 0,0396) (figura 8).

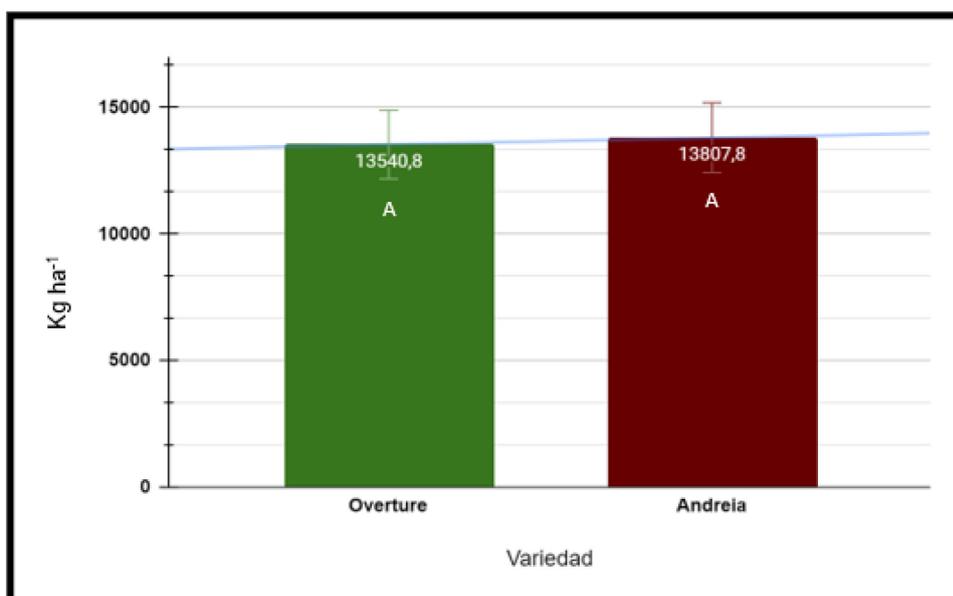


Figura 6: Biomasa total (kg ha^{-1}) para las variedades Overture y Andreia. Letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas según el test de LSD Fisher ($p < 0.05$).

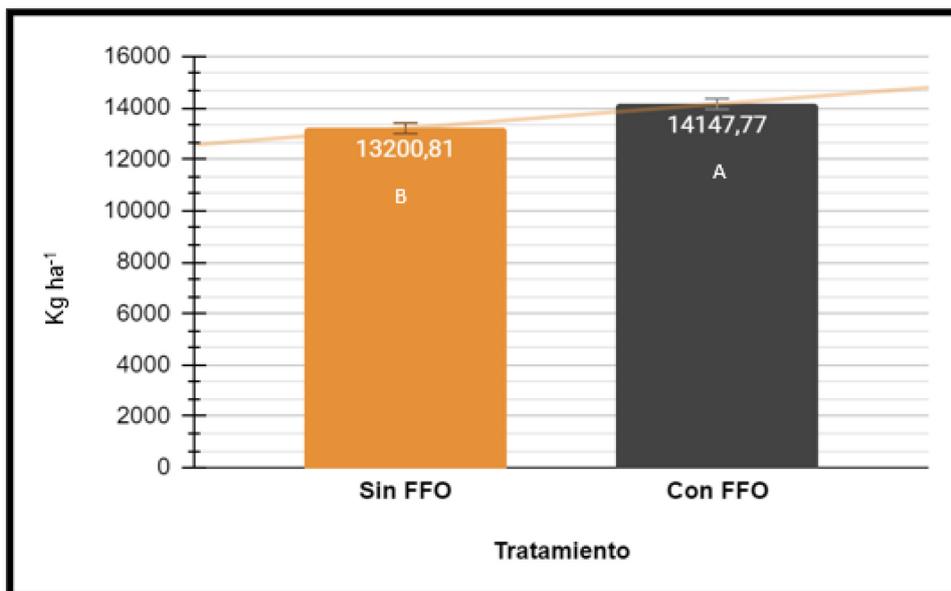


Figura 7: Biomasa total (kg ha^{-1}) con y sin FFO. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas según el test de LSD Fisher ($p < 0.05$).

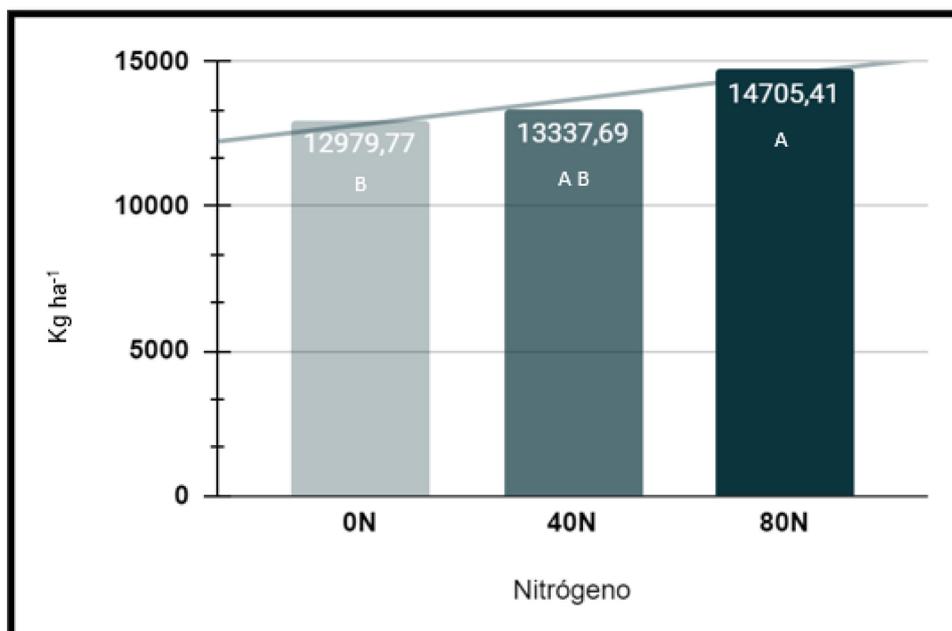


Figura 8: Biomasa total (kg ha^{-1}) según diferentes dosis de nitrógeno. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas según el test de LSD Fisher ($p < 0.05$).

4.6 Índice de cosecha (IC).

No se encontraron diferencias estadísticas significativas para ninguno de los tratamientos e interacciones analizadas. Nuevamente para este caso se identifica un

componente varietal dónde la variedad Overture tuvo mayor IC. También se destaca que la aplicación de FFO genero disminución en el IC, aunque no significativa.

Tabla 4: Análisis de la varianza del índice de cosecha. Se detallan las medias y el error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas según el test de LSD Fisher ($p < 0.05$).

Tratamientos	IC
<u>Variedad (V)</u>	
Overture	0,43 ± 0,03 A
Andreia	0,37 ± 0,03 A
<u>Enmienda Biológica (FFO)</u>	
Con FFO	0,38 ± 0,01 A
Sin FFO	0,42 ± 0,01 A
<u>Fertilización nitrogenada (FN)</u>	
0N	0,39 ± 0,02 A
40N	0,41 ± 0,02 A
80N	0,39 ± 0,02 A
<u>Análisis de la varianza (valores p)</u>	
V	0,3216
FFO	0,0726
FN	0,8080
V x FFO	0,5694
V x N	0,9422
FFO x FN	0,9882
V x FFO x FN	0,0893
CV (%)	17,11

5 DISCUSIÓN

En términos generales, las condiciones climáticas durante el ensayo fueron favorables. A lo largo del ciclo de crecimiento del cultivo, se registró una precipitación acumulada de 646 mm. Este volumen de agua es adecuado, considerando que las necesidades hídricas del cultivo generalmente oscilan entre 400 y 600 mm. No obstante, es importante señalar que este rango puede variar en función de factores como las condiciones climáticas, las características del suelo y las prácticas de manejo agronómico (Miralles & Slafer, 2007).

En cuanto a las temperaturas, se mantuvieron en un rango favorable que permitió el desarrollo normal del cultivo. En agosto, mes en que ocurrió la siembra y germinación de la cebada la temperatura media del aire fue de 11,3 °C, mientras que la temperatura del suelo se registró en 10,9 °C. Según Acevedo (2002), la germinación de la cebada ocurre en un rango amplio de temperaturas, siendo óptimo entre 12 y 25 °C. Estas condiciones frescas favorecen el inicio del cultivo, facilitando procesos metabólicos esenciales. En septiembre, la temperatura media fue de 12,7 °C. Durante este mes, se produjo la fase de macollaje. Slafer y Miralles (2006) destacan que temperaturas entre 20 °C y 25 °C incrementan la tasa de crecimiento, mientras que temperaturas más frescas (8 °C a 12 °C) favorecen la duración del período, resultando en un mayor número de macollos al final. No obstante, temperaturas más elevadas pueden acelerar el crecimiento, reduciendo la duración de esta fase (Miralles & Slafer, 2007). Durante principios de octubre, se produjo la encañazón y a finales del mismo la espigazón y el periodo crítico del cultivo, con temperaturas medias alcanzando los 15,8 °C. Este rango templado es beneficioso para la elongación de los entrenudos y el desarrollo general. Miralles y Slafer (2007) indican que temperaturas entre 18 °C y 24 °C son esenciales para maximizar el número de espigas, el principal factor del rendimiento, ya que el número de granos por espiga se mantiene constante. Durante noviembre y principios de diciembre, se produjo el llenado del grano. En noviembre, la temperatura media fue de 18,8 °C, y en diciembre, de 20,9 °C. Según Evans *et al.*, (1978), el crecimiento óptimo de los granos se da entre 16 °C y 19 °C, y al final del llenado, la temperatura óptima se establece en 24 °C. Slafer *et al.*, (2003) señala que temperaturas moderadamente altas (25 °C a 32 °C) aceleran los procesos

fisiológicos, lo que puede incrementar la tasa de llenado, aunque esto puede resultar en un peso individual de grano reducido y una menor duración de la etapa.

Con respecto a los componentes del rendimiento se observó que la variedad Overture presentó un mayor número de espigas por metro cuadrado en comparación con Andreia, si bien las diferencias no fueron significativas. Además, se constató que, al aumentar las dosis de N, tanto Overture como Andreia mostraron un incremento de 14 espigas m^{-2} con respecto al testigo, siendo tampoco una diferencia significativa. Los resultados concuerdan con investigaciones realizadas en la Chacra Experimental de Barrow, donde Gasparini *et al.*, (2015), reporta que ante la aplicación de mayores dosis de nitrógeno el número de espigas fue superior pero no significativa, aumentando 66 espigas m^{-2} , representando un 8% con respecto al testigo. Similares resultados se obtuvieron en un ensayo realizado por Ross (2008) en diversas localidades (Dorrego, Claromecó, Aparicio y Bellocq), donde se observó que la fertilización al momento de la siembra incrementó el número de espigas por metro cuadrado en un 6%, equivalente a 40 espigas m^{-2} .

En ambas variedades el mayor número de espigas m^{-2} (Z5.5) se dieron con 80 N, esto puede atribuirse a que un aumento en la disponibilidad de N favorece el macollaje y la fertilidad de los macollos y por ende del número de espigas m^{-2} . (Golik *et al.*, 2022).

Para el número de granos m^{-2} , aunque no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre las variedades, la variedad Overture presentó un mayor número de granos m^{-2} que Andreia. Este resultado se asocia al mayor número de espigas por metro cuadrado que mostró la variedad Overture. Además, se observó que el aumento en la dosis de N incrementó el número de granos en ambas variedades, dado que, como menciona Golik (2022) dentro de cada espiga, el número potencial de flores (una por espiguilla) y su fertilidad también responden a la disponibilidad de nutrientes. De manera similar, Ross (2008) observó que la aplicación de N produjo incrementos en el número de granos por unidad de superficie, y, además, resalta que las condiciones de crecimiento hasta fines del período crítico fueron determinantes para la cantidad de granos fijados por unidad de superficie, una variable que aumentó con la fertilización en cada sitio evaluado.

En relación con el peso de mil granos, Orcellet *et al.*, (2012) realizó dos ensayos a campo en el sudeste bonaerense, en Miramar y Lobería, bajo siembra directa. Se evaluaron ocho tratamientos de fertilización nitrogenada, que incluyeron dosis fijas y fraccionadas aplicadas en distintos estadios de crecimiento. Los resultados mostraron un aumento significativo en el rendimiento por efecto de la dosis de N en ambos sitios, como también lo observaron otros estudios en la Región Pampeana. Sin embargo, el aumento de N no tuvo efecto sobre el peso de mil granos ni en el número de espigas por metro cuadrado, siendo el número de granos por espiga el principal componente de rendimiento afectado. En comparación, en esta tesis, no se encontraron diferencias significativas en el PMG al utilizar diferentes dosis de N, FFO y distintas variedades. Sin embargo, se detectó una interacción significativa entre la variedad y el nivel de N. Para la variedad Andreia, un mayor de N incrementó el PMG, mientras que en Overture el aumento de N no tuvo el mismo efecto. Esto se relaciona con que Andreia obtuvo menor número de espigas m^{-2} , por lo que el peso de los granos aumentó, al contrario de lo que se evidenció con Overture. Esto sugiere que el nivel de fertilización con N impacta de manera diferencial según la variedad, lo cual es importante para considerar en el manejo agronómico específico de cada cultivar.

Boga (2014), reporta que la fertilización nitrogenada permitió incrementar los rendimientos logrados en cebada. Estos resultados también coinciden con los ensayos recolectados por Prystupa (2005) en el sudeste, sudoeste y centro norte de la provincia de Buenos Aires, donde el rendimiento aumentó entre el 24 y 43% por efecto de la fertilización nitrogenada, lo que significó aumentos superiores a una tonelada de granos. De los 9 ensayos realizados, en 4 obtuvo rendimientos significativos e incluso en los cinco ensayos en que las diferencias no fueron significativas, también se observó una tendencia general al aumento de los rendimientos (las respuestas “no significativas” promediaron 440 kg ha^{-1}). Al observar los rendimientos absolutos, se vio que en los ensayos donde el rendimiento máximo fue menor a $4500 \text{ kg por hectárea}$ (como en Puan, San Francisco de Bellocq y Junín) no hubo respuesta significativa a la fertilización con nitrógeno, y lo relaciona a los menores potenciales de rendimiento de los sitios evaluados que llegan al 100% del rendimiento relativo con dosis bajas. Sin embargo, en seis ensayos donde los rendimientos superaron los 4500 kg ha^{-1} ,

cuatro mostraron un aumento significativo con el uso de nitrógeno. En estos ensayos, los rendimientos máximos se alcanzaron con dosis entre 100 y 130 kg de nitrógeno por hectárea. Estos datos son coincidentes con lo hallado en nuestro trabajo, en donde se observó que con 80 kg de N por hectárea aumentó el rendimiento 745 kg en comparación con el testigo, que representa un 12,9% del rendimiento total, si bien no fue estadísticamente significativo.

El mayor rendimiento de Overture en comparación con Andreia, coinciden con experimentos realizados por Donaire *et al.*, (2024) en el INTA EEA Marcos Juárez durante la campaña agrícola 2023, donde Overture produjo aprox. 1300 kg ha⁻¹ más que Andreia.

También se observó que el rendimiento en las parcelas sin la aplicación de FFO fue superior, alcanzando 5539,88 kg, en comparación con el rendimiento obtenido con FFO, que fue de 5300,07 kg. Sin embargo, este resultado contrasta con un ensayo realizado por el INTA Esperanza sobre trigo en Humboldt, en un suelo Argiudol típico, donde se reportaron hallazgos diferentes. En ese ensayo, se probaron tres tratamientos con FFO: un testigo (sin aplicación), una dosis simple de 5 l ha⁻¹ y una dosis doble de 10 l ha⁻¹. Las aplicaciones se realizaron en tres momentos clave del cultivo: macollaje, encañazón y floración. Los resultados mostraron que, a medida que aumentaba la dosis de FFO, también se incrementaban el rendimiento, el número de espigas por metro cuadrado y la altura de las plantas. En otro ensayo realizado por el INTA San Francisco en trigo, se evaluaron cuatro tratamientos de FFO: un testigo, aplicación en macollaje, aplicación en encañazón y aplicación doble (en macollaje y encañazón), utilizando una dosis de 5 l ha⁻¹. Los resultados indicaron que la aplicación de FFO aumentó el rendimiento de grano en comparación con el testigo. Sin embargo, la doble aplicación en macollaje y encañazón no produjo una mejora significativa en el rendimiento respecto a la aplicación en encañazón únicamente.

En cuanto a la biomasa, se encontraron diferencias estadísticamente significativas al agregar el fertilizante foliar orgánico (FFO) y al aplicar mayores dosis de N. A pesar de la mayor cantidad de biomasa generada con FFO y N, esto no se tradujo en un aumento en los rendimientos, lo que sugiere que el índice de cosecha tendió a disminuir. Es importante destacar que la variedad Overture

presentó un mayor índice de cosecha, aunque la diferencia no fue significativa. En comparación, Echagüe *et al.*, (2001) llevaron a cabo ensayos en varias localidades, incluyendo Alberti, Bordenave, Coronel Suárez, Tres Arroyos, San Mayol, Pigüé, Azul y Nueva Helvecia (Uruguay). En cada sitio se estableció una unidad experimental con cuatro bloques completos aleatorizados y siete tratamientos de nitrógeno. Los resultados revelaron que el índice de cosecha mostró diferencias significativas en Tres Arroyos y San Mayol ($p \leq 0,05$) y en Azul ($p \leq 0,1$). Sin embargo, no se observó una tendencia clara en la variación del índice de cosecha en relación con la fertilización.

En el análisis de varianza realizado para el índice de verdor, medido a través del índice SPAD, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos. Sin embargo, se observó que las dosis de 40 y 80 kg de N resultaron en un índice de verdor mayor. González Montaner (2009) reportó que la determinación del índice SPAD en la hoja bandera de cebada explicó el 60% de la variación en el contenido de proteína en grano. Por otro lado, Pagola (2008) encontró que en situaciones contrastantes de suministro de nitrógeno (0, 100 y 300 kg N ha⁻¹), la lectura del índice SPAD cerca de la floración explicó el 64,7% de las variaciones en rendimiento. Esto sugiere que el medidor de clorofila SPAD puede ser una herramienta válida para predecir tanto el rendimiento como el contenido de proteína en cebada. No obstante, Montaner (2009) plantea la necesidad de generar calibraciones locales para determinar el momento óptimo de lectura del índice SPAD, así como para desarrollar modelos que permitan predecir el rendimiento en función de la respuesta al nitrógeno y, en consecuencia, establecer la dosis de nitrógeno a aplicar.

La ausencia de respuestas significativas a los diferentes tratamientos establecidos en el presente trabajo sería producto de las condiciones ambientales de la campaña, que habría condicionado la respuesta para las diferentes dosis de fertilización y la aplicación del bioestimulante. Esto posiblemente se relacione a la ausencia de factores de estrés durante el ciclo del cultivo, facilitada por condiciones climáticas favorables (principalmente humedad) y las características del suelo, especialmente la alta disponibilidad de nitrógeno (NO₃⁻) y los aportes del mismo a través de la mineralización (Nan). La respuesta a la fertilización nitrogenada depende de la disponibilidad del nutriente en el suelo, el nivel de agua útil

acumulada en el suelo a la siembra del cultivo, de las condiciones ambientales (otras características del suelo, clima, enfermedades, etc.), de la variedad empleada y de las características de la fertilización (dosis, fertilizante empleado, momento de aplicación, etc.) (Golik *et al.*, 2022).

6 CONCLUSIÓN

El incremento en la disponibilidad de N en combinación con un bioestimulante no presentó un efecto sinérgico positivo sobre el crecimiento del cultivo, los componentes del rendimiento, y su producción. Se observó solo una tendencia a aumentar el rendimiento, pero únicamente en función de la dosis de N. La enmienda biológica permitió obtener mayores producciones de biomasa.

Resulta necesario continuar con este tipo de ensayos para evaluar el efecto a través de las campañas agrícolas sucesivas, en diferentes fechas y densidades de siembra, como así también formas y dosis de la enmienda biológica en combinación con fertilizantes minerales.

7 BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, E., Silva, P. & Silva, H. (2002). Wheat growth and physiology. En B.C.Curtis, S.Rajaram & H.Gomez Macpherson, ed. Bread Wheat Improvement and Production (1-47). FAO.

Boga, L. (2014). La nutrición de cebada cervecera en Argentina: Mejores prácticas de manejo de la fertilización. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 14, 19-26.

Bolsa de comercio de Rosario. 2019. Norma V Anexo A de calidad para la comercialización de Cebada Cervecera. Disponible en: <https://www.cac.bcr.com.ar/es/arbitraje-y-calidad/normas-de-comercializacion/norma-v-anexo-de-calidad-para-la-comercializacion-de>. Último acceso: Julio de 2024.

Di Rienzo J.A., F. Casanoves., M.G. Balzarini. L. Gonzalez., M. Tablada & C.W. Robledo. 2020. Centro de Transferencia InfoStat. Disponible en: <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=34>. Último acceso: mayo de 2023.

Donaire, G. M., Gomez, D. T., Alberione, E. J., Conde, M. B., & Gonzalez, G. A. (2024). Evaluación de cultivares de Cebada Cervecera en INTA EEA Marcos Juárez durante la campaña agrícola 2023. EEA Marcos Juárez, INTA.

Echagüe, M., Landriscini, M. R., Venanzi, S., & Lazzari, M. A. (2001). Fertilización nitrogenada en Cebada Cervecera. *Info. Agron. Cono Sur*, 10, 1-9.

Evans, L.T., Wardlaw, I.F. & Fischer, R.A. (1978). Wheat. En L.T Evans (Ed.), *Crop Physiology* (101-149). Cambridge University Press, GB.

Ferraris, G. N., Prystupa, P., Boem, F. G., & Couretot, L. 2008. Fertilización en cebada cervecera pautas de manejo para la obtención de altos rendimientos con calidad. En Congreso de AAPRESID 2008.

Fertilizar asociación civil. 2023. Bioestimulantes: un aporte a producciones sostenibles. Disponible en: <https://fertilizar.org.ar/bioestimulantes-un-aporte-a-producciones-sostenible/>. Último acceso: junio de 2024.

Fervalle advanced agriculture. 2024. ¿Por qué el uso de bioestimulantes agrícolas está creciendo tan rápidamente? Disponible en: <https://www.fervalle.com/creciente-uso-bioestimulantes/?srsltid=AfmBOorwbmGKZu577mRKGf>

[CeosuUG VaxV3CK6sg4SVf0z-8cC6m19l](#). Último acceso: octubre 2024.

FFO. Trigo con FFO en el INTA San Francisco. 2007. Disponible en: <https://www.fo-sa.com.ar/2007/11/15/trigo-con-ffo-en-el-inta-san-francisco>. Último acceso: octubre 2024.

FFO. Mayor rendimiento en trigo-INTA Esperanza. 2015. Disponible en: <https://www.fo-sa.com.ar/2016/11/15/mayor-rendimiento-en-trigo-inta-esperanza/> Último acceso: octubre 2024.

Gasparini, G. 2015. Respuesta en rendimiento, proteína y calibre de la cebada cervecera a la fertilización nitrogenada y a la aplicación de fungicida en Barrow, provincia de Buenos Aires [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina.

Golik S, I. (2022) Trigo: fertilizaciones y rotaciones. En cereales de invierno Simón. R., S.I. Golik. Ed. EDULP, La Plata. pp 83-117.

González Montaner, J.H. 2009. Decisiones empresariales para un año sin red. Proc Jornada de Actualización Técnica Trigo, Cebada y Colza 2009., Azul Buenos Aires, Argentina: 19-20.

Grupo Técnico de Fertilab. (2014). Monitoreo de nitrógeno en trigo y cebada: ¿Que nos dijo el SPAD? Acceso: https://www.laboratoriofertilab.com.ar/Paginas/Newsletters/Comunicacion_tecnica_2014_5.pdf

Jardin, P. D. (2015). Bioestimulantes vegetales: Definición, concepto, principales categorías y regulación. Scientia Horticultirae, 3-14.

Larrán, S. 2022. Cebada cervecera: manejo de enfermedades. En cereales de invierno Simón. R., S.I. Golik. Ed. EDULP, La Plata. pp 356-383.

Miralles, D. J. *COMITÉ CONSEJERO (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires).*

Orcellet, J.P, Reussi Calvo, N. I., Echeverría, H. E., Sainz Rosas, H. R., Diovisalvi, N., & Berardo, A. 2015. Eficiencia de uso de nitrógeno en cebada en el sudeste bonaerense: efecto de aplicaciones divididas. *Ciencia del suelo*, 33(1), 0-0.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAOSTAT. 2022. Disponible en: <https://www.fao.org/statistics/es>. Último acceso: julio de 2024.

Pagola, M. 2008. New method to assess barley nitrogen nutrition status based on image colour analysis. Comparison with SPAD502. *Computers and electronics in agriculture* 65(2009):213-218.

Prystupa, P. (2005). Fertilización nitrogenada y azufrada en Cebada Cervecera. Módulo de Investigación del Proyecto Fertilizar ACINTA. Informe de los resultados de la campaña.

Ross, F., Massigoge, J. I., & Zamora, M. S. (2009). Efecto ambiental y respuesta a la fertilización en Cebada Cervecera cv. Scarlett. IPNI.

SISA (Sistema de información simplificado agrícola). 2023. Cebada 2022-2023. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sisa_cebada_22_23_v1.pdf
Último acceso: julio de 2024.

Slafer, G. A., González, F. G., Kantolic, A. G., Whitechurch, E. M., Abeledo, L. G., Miralles, D. J., & Savin, R. 2006. Determinación del número de granos en los principales cultivos de cereales.

Slafer G.A., Miralles D.J., Savin R., Whitechurch E.M. & González F.G. (2003). Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad en trigo. En E.H. Satorre *et al.* (Eds.), *Producción de Granos: bases funcionales para su manejo* (101-132). Buenos Aires: FAUBA.

Slafer, GA y Miralles, DJ 2007. Variabilidad en la duración del alargamiento del tallo en genotipos de trigo y sensibilidad al fotoperiodo y vernalización. *Revista de Agronomía y Ciencia de los Cultivos*, 193(2), 131-137.

Weber, C. 2022. Cebada cervecera: fertilización. En *Cereales de invierno* Simón M.R, S.I. Golik. Ed. EDULP, La Plata.pp 384-390.

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