RIDUNaM
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales. Ingeniería Agronómica

Estudiante
Alejandra Katarina Vock

Efecto de la fertilización nitrogenada en Cebada (*Hordeum vulgare* L.) y Centeno (*Secale cereale* (L.) M. *Bieb*.) sobre variables agronómicas en la provincia de Misiones.

Trabajo integrador final presentado para obtener el título de "Ingeniera Agrónoma"

Orientador
Ing. Agr. (Esp.) Carlos Emilio Maidana
Co-Orientador
Ing. Agr. Julio Roberto Grance

Diciembre 2024

Eldorado (Misiones, Argentina)

Esta obra está licenciado bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

rid.unam.edu.ar

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

TRABAJO INTEGRADOR FINAL

Ingeniería Agronómica

Título

Efecto de la fertilización nitrogenada en Cebada (*Hordeum vulgare L.*) y Centeno (*Secale cereale (L.) M. Bieb.*) sobre variables agronómicas en la provincia de Misiones.

Estudiante
VOCK, Alejandra Katarina

Orientador
Ing. Agr. (Esp.) MAIDANA, Carlos Emilio

Co-orientador
Ing. Agr. GRANCE, Julio Roberto

Eldorado Argentina

2024

Autora Alejandra Katarina Vock: Estudiante de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, Eldorado, Misiones, Argentina. C.P. 3380. *Email:* alejandravock@gmail.com

Orientador Carlos Emilio Maidana: Investigador de INTA en sistemas Silvopastoriles y Pasturas. EEA INTA Cerro Azul. *Email:* maidana.emilio@inta.gob.ar

Co-orientador Julio Roberto Grance: Profesor Adjunto de la Cátedra de Forrajicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, Eldorado, Misiones, Argentina. C.P. 3380. *Email:* julio.grance@fcf.unam.edu.ar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN 4
SUMMARY 5
1. INTRODUCCIÓN: 6
2. HIPÓTESIS: 10
3. OBJETIVO GENERAL: 10
4. OBJETIVOS PARTICULARES: 10
5. MATERIALES Y MÉTODOS: 11
5.1. Descripción del lote: 11
5.2. Diseño experimental: 12
5.3. Variables evaluadas 13
5.3.1. Producción primaria neta aérea 13
5.3.2. Radiación fotosintéticamente activa absorbida 14
5.3.3. Eficiencia en el uso de la radiación 16
5.3.4. Cobertura y altura 17
5.4. Análisis de la información: 17
6. RESULTADOS y DISCUSIONES: 18
7. CONCLUSIONES: 27
8. BIBLIOGRAFÍA: 28
9. ANEXO 31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: En color azul se proyecta el promedio de precipitaciones mensuales para los meses de febrero del año 2022 a enero del año 2023. En color naranja, se proyecta el promedio histórico para el mismo periodo en los años 1967-2021 (INTA). 11
Figura 2: Esquema del diseño factorial de parcelas divididas en bloques completos al azar. Las parcelas de Cebada y Centeno, con sus respectivas divisiones (subparcelas) para la fertilización nitrogenada con las dosis de 0, 100 y 200 kg urea ha^{-1}, dispuestas en 3 bloques (A). Fotografía tomada en el lote, del diseño experimental representado en el esquema. (B). 13
Figura 3: Fotografía del cuadrante metálico de 0,25 m² sobre rebrote de Centeno para su posterior corte manual de biomasa dentro del mismo. 14
Figura 4: Fotografía del ceptómetro de mano sobre Centeno. Se encuentra midiendo RFA_{cp}, indicando en la pantalla el valor de la radiación medida y número de registro. 16
Figura 5: Captura de pantalla del programa Cobcal. A la izquierda se muestra una fotografía del cuadrante de 0,25 m² remarcado sobre centeno. A la derecha se muestra la imagen procesada estimando % de cobertura. 17
Figura 6: Suma de la PPNA en g m^{-2} $ciclo^{-1}$ en Centeno en color gris y de Cebada en negro. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05). 19
Figura 7: Suma de la PPNA en g m^{-2} $ciclo^{-1}$, para las distintas dosis de fertilizante. En color blanco de 0 kg de urea ha^{-1}, en gris de 100 kg de urea ha^{-1} y en negro 200 kg de urea ha^{-1}. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05). 20
Figura 8: Suma de la RFAA en MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$ en Centeno (color gris) y en Cebada (color negro). Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05). 21
Figura 9: RFAA en MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$ según las dosis de fertilización de 0, 100 y 200 kg de urea ha-1, en colores blanco, gris y negro respectivamente. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05). 21
Figura 10: EUR en g de biomasa convertida por MJ absorbidos para los genotipos de Centeno y Cebada en gris y negro respectivamente. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas (p>0,05). 22
Figura 11: EUR en g de biomasa convertida por MJ absorbidos según las dosis de fertilización de 0, 100 y 200 kg de urea ha^{-1}, en colores blanco, gris y negro respectivamente. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05). 23
Figura 12: Promedio de la cobertura de la biomasa aérea sobre el suelo en % de todo el ciclo. En color gris el Centeno y en negro la Cebada. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05) 24
Figura 13: Promedio de todo el ciclo de la cobertura de la biomasa aérea sobre el suelo en %, para las dosis de fertilización nitrogenada. En blanco el de 0 kg de urea ha^{-1}, en gris el de 100 kg de urea ha^{-1} y en negro el de 200 kg de urea ha^{-1}. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05). 24
Figura 14: Promedio de altura en cm de las plantas para cada genotipo. En gris el centeno y en negro la cebada. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05). 25
Figura 15: Promedio de la altura en cm de las plantas para las distintas dosis de fertilizante. En blanco 0 kg de urea ha ha^{-1}, en gris 100 kg de urea ha ha^{-1} y en negro 200 kg de urea ha ha^{-1}. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas (p>0,05). 26

RESUMEN

La producción ganadera en el NEA depende del campo natural y de pasturas megatérmicas implantadas (C4) que presentan un crecimiento estival marcado. Esto, genera un déficit forrajero invernal. Una estrategia para contrarrestarlo es utilizar verdeos invernales. Sin embargo, poco se sabe sobre la utilización de Cebada y Centeno en la región, ni de cómo responden ante la fertilización nitrogenada. Por esto, se evaluó la respuesta a dosis creciente de nitrógeno en variables agronómicas sobre Cebada y Centeno. Se realizó un ensayo con un diseño factorial de parcelas divididas en bloques completos al azar, con el objetivo de evaluar los genotipos y su respuesta a dosis crecientes de nitrógeno (0, 100 y 200 kg Urea hectárea^{-1}). Se midieron la siguientes variables: Productividad primaria neta aérea (PPNA), radiación fotosintéticamente activa absorbida (RFAA), eficiencia en el uso de la radiación (EUR), altura y cobertura. Finalmente, se realizaron ANOVAS y test LSD de Fisher para hallar diferencias significativas entre tratamientos. Se encontró que la mayoría de estas variables fueron influenciadas por el genotipo y por la fertilización. No se hallaron interacciones entre el genotipo y fertilización. La Cebada presentó mayor producción, altura, cobertura aérea y absorción de la radiación. Sin embargo, no se hallaron diferencias en la EUR respecto del Centeno. Asimismo, los resultados muestran que la fertilización nitrogenada incrementa la PPNA, EUR y cobertura. Los dos cultivos se adaptaron a la zona, presentando altas PPNA, por lo que podrían ser forrajeras invernales promisorias. A su vez, la fertilización nitrogenada es una estrategia clave para incrementar su productividad.

Palabras clave: Verdeos, forraje, producción, eficiencia, radiación.

SUMMARY

Livestock production in the NEA depends on the natural field, dominated by C4 species, and on implanted megathermal pastures, presenting marked summer growth. This generates a winter forage deficit. A strategy to counteract this is to use winter greens. However, little is known about the use of Barley and Rye in the region, nor how they respond to nitrogen fertilization. For this reason, the response to increasing doses of nitrogen in agronomic variables on Barley and Rye was evaluated. A trial was carried out with a factorial design of plots divided into complete random blocks, with the objective of evaluating the genotypes and their response to increasing doses of nitrogen (0, 100 and 200 kg Urea hectare^{-1}). The following variables were measured: Air net primary productivity (ANPP), absorbed photosynthetically active radiation (APAR), radiation use efficiency (RUE), height and coverage. Finally, ANOVAS and Fisher's LSD test were performed to find significant differences between treatments. It was found that most of these variables were influenced by genotype and fertilization. No interactions were found between genotype and fertilization. Barley presented greater production, height, aerial coverage and radiation absorption. However, no differences were found in the RUE with respect to Rye. Likewise, the results show that nitrogen fertilization increases ANPP, RUE and coverage. The two crops were adapted to the area, presenting high ANPP, so they could be promising winter forages. In turn, nitrogen fertilization is a key strategy to increase its productivity.
Key words: forage crops, forage, production, efficiency, radiation.

1. INTRODUCCIÓN:

En la región del noreste argentino (NEA), la producción ganadera está asociada al uso del campo natural, como fuente principal de alimentación (LANARI, 2014). Los pastizales de esta región se caracterizan por estar compuestos principalmente de especies estivales. Esto, determina una distribución desuniforme del crecimiento a través del año (BARBERA *et al*., 2018; PIZZIO *et al.*, 2021).

Estas grandes diferencias estacionales en la producción primaria neta aérea (PPNA) se repiten en todas las provincias que conforman el NEA, en mayor o menor medida. En los pastizales, de *Andropogon lateralis* de Corrientes, se vieron picos de crecimiento de noviembre a marzo (20-25 kg MS ha^{-1} $día^{-1}$) y el mínimo en junio-julio (5 kg MS ha^{-1} $día^{-1}$), en un promedio de 20 años (PIZZIO *et al*., 2021). En pajonales del este de Chaco y Formosa se hallaron crecimientos con la siguiente distribución estacional: en el verano producen 42 %, en la primavera 28 %, en otoño 23 % y en invierno7 % (D'AGOSTINI, 1997). Asimismo, en el este de Chaco se observó la estacionalidad en la PPNA en pastizales en el cual, durante los meses de primavera-verano la producción fue cercana a los 2000 kg MS ha^{-1}, y en otoño, la producción disminuyó un 57% (CASTELAN *et al*., 2013). En el sur de Misiones, se encontró en un sistema de pastizal, una PPNA de 8 kg de MS ha^{-1} $día^{-1}$ en invierno, mientras que en verano se encontraron valores de 30 kg de MS ha^{-1} $día^{-1}$ (ROSSNER *et al.*, 2016).

Además del campo natural, las pasturas cultivadas estivales, son el recurso forrajero más importante de los sistemas ganaderos del NEA. En estos sistemas de producción, las pasturas son utilizadas para cumplir determinados objetivos. Dentro de estos se puede destacar, incrementar la receptividad de ambientes poco productivos, lograr ganancias de peso adecuadas en categorías críticas y producir reservas forrajeras (BARBERA *et al*., 2018; LANARI, 2014; PIZZIO *et al*., 2021). Cuando los pastizales son reemplazados por una gramínea megatérmica implantada, el crecimiento de esta es, en su mayoría, estival. Esto se debe, principalmente, a que la temperatura óptima de crecimiento es cercana a los 30ºC para la mayoría de las especies. Por ejemplo, la *Setaria sphacelata* en Mercedes, Corrientes, en un promedio de 6 años, mostró resultados cercanos a los 40 kg MS ha^{-1} $día^{-1}$ para los meses de diciembre y enero, mientras que, para los meses de junio, julio y agosto, estaban por debajo de los 10 kg MS ha^{-1} $día^{-1}$ (BARBERA *et al*., 2018). De igual manera, la *Brachiaria brizantha*, en Corrientes, mostró una tendencia similar produciendo cerca de 50 kg MS ha^{-1} $día^{-1}$ en verano y disminuyendo a 20 kg MS ha^{-1} $día^{-1}$ para la llegada del invierno, alcanzando niveles cercanos a 0 kg MS ha^{-1} $día^{-1}$ para la salida del mismo periodo invernal (LANARI, 2014).

La estabilidad en la producción de forraje a lo largo de todo el año es un requisito importante en todo planteo ganadero. Sin embargo, lo mencionado anteriormente, muestra que la producción del forraje depende mucho de las condiciones climáticas. Por lo que, la estabilidad en la cadena forrajera, no se ve lograda con los campos naturales ni con las pasturas megatérmicas implantadas (ANTONINI y ARENAS, 2014; BARBERA *et al*., 2018). Teniendo en cuenta esta situación, una herramienta de manejo que se utiliza es la reserva de parte del crecimiento otoñal del forraje para utilizarlo en ese período crítico de bajas temperaturas (PIZZIO *et al*., 2021). La reserva de pasturas se basa en la clausura de potreros para la confección de heno o el diferimiento del forraje para utilizarlo en el periodo invernal (BARBERA *et al*., 2018). También, se implementa el uso de verdeos de invierno, los cuales permiten cubrir esas deficiencias puntuales muy eficientemente y se complementan con los demás recursos forrajeros (BARBERA *et al*., 2018).

Los verdeos invernales son poáceas anuales y cereales, que se caracterizan por tener la capacidad de producir biomasa en invierno (ANTONINI y ARENAS, 2014). Los cuales son destinados, por lo general, al consumo directo de animales. Estos tienden a superar fallas en cantidad y/o calidad en épocas donde los recursos de base se convierten en limitantes para la producción, tanto de carne como de leche (LANARI, 2014). Su importancia, se da en la producción de materia verde en periodos desfavorables de bajas temperaturas, donde las pasturas megatérmicas perennes o el campo natural tienen un escaso desarrollo (ANTONINI y ARENAS, 2014).

La fertilización nitrogenada es un aspecto clave para la producción de verdeos de invierno. Especialmente cuando no tienen limitantes, como la disponibilidad de agua y otros nutrientes como fósforo (ANTONINI y ARENAS, 2014). La fertilización nitrogenada, en verdeos de invierno, puede generar un gran impacto en la producción y en la calidad del pasto ofrecido (GALLEGO, 2015). Experiencias de fertilización nitrogenada, en las regiones semiárida y subhúmeda, mostraron un aumento de la producción primaria en verdeos invernales. Los resultados indicaron el aumento de 1000 kg MS ha^{-1} cuando se agregaba 45 kg de N ha^{-1}. La diferencia encontrada con respecto al cultivo no fertilizado se da en el crecimiento inicial, atenuándose en los sucesivos rebrotes. Otras experiencias, como en la realizada en la EEA Marcos Juárez, señalan que, la aplicación de fertilizante nitrogenado en verdeos invernales permite un aumento en el rendimiento de materia seca cosechada (AMIGONE y KLOSTER, 1997). Sin embargo, hay muy poca información sobre la fertilización en verdeos en las regiones subtropicales, donde estos recursos no son muy utilizados.

Los verdeos, son recursos estratégicos válidos para el NEA. Su productividad es variable dependiendo del ambiente y del nivel de fertilización, pudiéndose lograr en esta región,

entre 2000-6000 kg MS ha^{-1} $día^{-1}$. Dentro de las especies más utilizadas en esta zona están el raigrás anual (*Lolium multiflorum*), utilizado en suelos más pesados y húmedos. También la avena blanca y avena negra o strigosa (*Avena sativa y Avena strigosa*) que se adaptan mejor a potreros de texturas livianas y con buen drenaje (BARBERA *et al*., 2018). En la EEA de Mercedes, Corrientes, en un promedio de 10 años, se encontraron datos de crecimiento para estos verdeos de alrededor de 20 kg MS ha^{-1} $día^{-1}$ para los meses de junio, julio y agosto (BORREJO *et al*., 2011). Sobre el raigrás y las avenas se encuentra bastante información para la región del NEA, ya que están instalados como parte de los sistemas forrajeros y son utilizados también como cubiertas verdes en producciones agrícolas como la de la yerba mate (*Ilex paraguariensis*) (LANARI, 2014). No es así en verdeos como la cebada (*Hordeum vulgare L.*) y centeno (*Secale cereale (L.) M. Bieb.*), que son más bien utilizados en otras regiones del país como en la región semiárida pampeana (AMIGONE y KLOSTER, 1997).

La cebada y el centeno son plantas de crecimiento anual, monocotiledóneas, pertenecientes a la familia *Poaceae*. Son de gran importancia para la alimentación animal, principalmente por ser tolerantes al frío, al estrés hídrico y producir un abundante volumen de biomasa en periodos de bajas temperaturas (TUMULTY, 2021; RUFFO y PARSONS, 2004). La cebada es un cultivo de rápido desarrollo, pudiendo usarse para pastoreo directo, heno o silaje (CHIMINELLI, 2021). Se desarrolla bien en suelos de textura franco arcilloso y poco profundo. Es tolerante a suelos ácidos (pH inferiores a 5) presentando buenos rendimientos (MAYHUA MONTEROLA, 2019). El centeno es una especie de importancia entre los cereales forrajeros, por su adaptación a zonas semiáridas. Posee un sistema radicular bien desarrollado permitiéndole captar humedad a mayores profundidades del suelo y soportar mejor los periodos secos (GALLEGO *et al.*, 2014). Además, es productiva en su aporte de materia seca, precoz y responde muy bien a la fertilización nitrogenada (RAPOSO, 2017). En el valle inferior de Rio Negro en condiciones de riego, la cebada mostró buena adaptación a sus condiciones ambientales, rindiendo 4 o 5 cortes anuales, con similares capacidades de acumulación de forraje entre cortes. De igual manera que el centeno, fue precoz para producir forraje en otoño y acumular el 64 % del forraje durante otoño e invierno (GALLEGO *et al.*, 2014).

Conocer la producción de los sistemas forrajeros permite, por ejemplo, determinar la capacidad de carga del mismo, la cual varía conjuntamente con la distribución temporal y espacial que presenta su productividad. La PPNA puede obtenerse por medio de cortes a campo, entregando valores de peso de materia seca (MS) por determinada cantidad de superficie (PIZZIO *et al*, 2021). Asimismo, ajustar modelos que permitan estimar esa productividad de manera rápida y económica permitiría mejorar las prácticas de manejo de estos recursos. Uno de los modelos más utilizados para su estimación es el modelo planteado por MONTEITH en 1972.

Este modelo es muy utilizado para estimar productividad a partir de sensores remotos. El mismo, está planteado por el triple producto de tres factores: 1, la radiación fotosintéticamente activa incidente; 2, la fracción de esta radiación que es absorbida por los tejidos fotosintéticos; y 3, la eficiencia del uso de la radiación (EUR), es decir, la eficiencia con que la vegetación convierte esta energía en carbohidratos.

La EUR de recursos forrajeros puede verse influenciada por el genotipo, la fenología y la disponibilidad de recursos. Esta variabilidad permitiría aumentar la EUR mediante el mejoramiento de estos recursos. En cuanto a esto, sigue habiendo falta de información sobre la influencia de algunos factores relacionados con el medio ambiente o a las prácticas, como, por ejemplo, la fertilización (DRUILLE *et al*., 2019). Actualmente hay muy poca información respecto de la EUR y su interacción con la fertilidad para la mayoría de los verdeos de invierno.

La cobertura del suelo y la altura de planta se ven íntimamente relacionada con la PPNA. Por un lado, es bien sabido que, un cultivo cuanto más rápido cubre la superficie, evita la instalación de malezas indeseadas. A su vez, menor porcentaje de suelo desnudo es un punto clave a tener en cuenta para evitar erosión hídrica y eólica (PIZZIO *et al*., 2021). Un gran problema en nuestros suelos con gran pendiente. Por otro lado, la altura, se tiene muy en cuenta en momentos de rotación y mediante la misma se toman decisiones como la entrada a pastorear (BORRAJO *et al*., 2011). Por ejemplo, para raigrás se recomienda el ingreso con una altura de 15 cm, mientras que, para avena con 20 cm, para comenzar el pastoreo (BARBERA *et al*., 2018).

Como se menciona anteriormente, experiencias dirigidas en distintos lugares del país, muestran que estas variables pueden verse influenciadas por el tipo de cultivo o especie, los recursos nutritivos y el ambiente. Por lo tanto, estudiarlas sobre diferentes cultivos como la cebada y el centeno, y bajo diferentes condiciones nutricionales, como ser diferentes dosis de fertilización nitrogenada, puede brindar datos acerca de cómo responden estas especies. Esto es especialmente relevante para esta región del NEA, más específicamente en la provincia de Misiones. Por lo tanto, el objetivo que tiene este trabajo es evaluar el efecto de dosis crecientes de fertilizantes nitrogenados en la PPNA, altura, cobertura de suelo y sobre la eficiencia en el uso de la radiación de cebada y centeno. Lo cual, nos permitirá obtener datos certeros y con ellos sistemas ganaderos más precisos, más eficientes y más sustentables.

2. HIPÓTESIS:

Las dosis crecientes de fertilizante nitrogenado aumentarán la producción primaria neta aérea, eficiencia en el uso de la radiación y la cobertura en cebada y centeno.

3. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la respuesta a dosis crecientes de nitrógeno en distintas variables agronómicas sobre dos verdeos de invierno: cebada y centeno.

4. OBJETIVOS PARTICULARES:

- Evaluar la respuesta de distintos genotipos de verdeo (cebada y centeno) a dosis crecientes de fertilizante nitrogenado en cuanto a la PPNA y la RFAA.
- Evaluar el efecto del genotipo y fertilización sobre la EUR.
- Estimar la respuesta a dosis crecientes de fertilizante nitrogenado sobre cebada y centeno en cuanto a la cobertura y altura.

5. MATERIALES Y MÉTODOS:

5.1. Descripción del lote:

El ensayo se llevó a cabo en las instalaciones de la estación experimental del INTA, EEA Cerro Azul, área de producción y salud animal. La misma se encuentra ubicada en la localidad de Cerro Azul, departamento de Leandro N. Alem, provincia de Misiones. Sus coordenadas son latitud 27º 39’ 19” S y longitud 55º 26’ 14” O. El clima de la provincia ha sido definido como subtropical sin estación seca marcada (OLINUK, 1998). Para la localidad de Cerro Azul, el promedio histórico de precipitaciones (periodo 1967-2021), para los meses de enero a noviembre se sitúan por los 1784,9 mm (Figura 1).

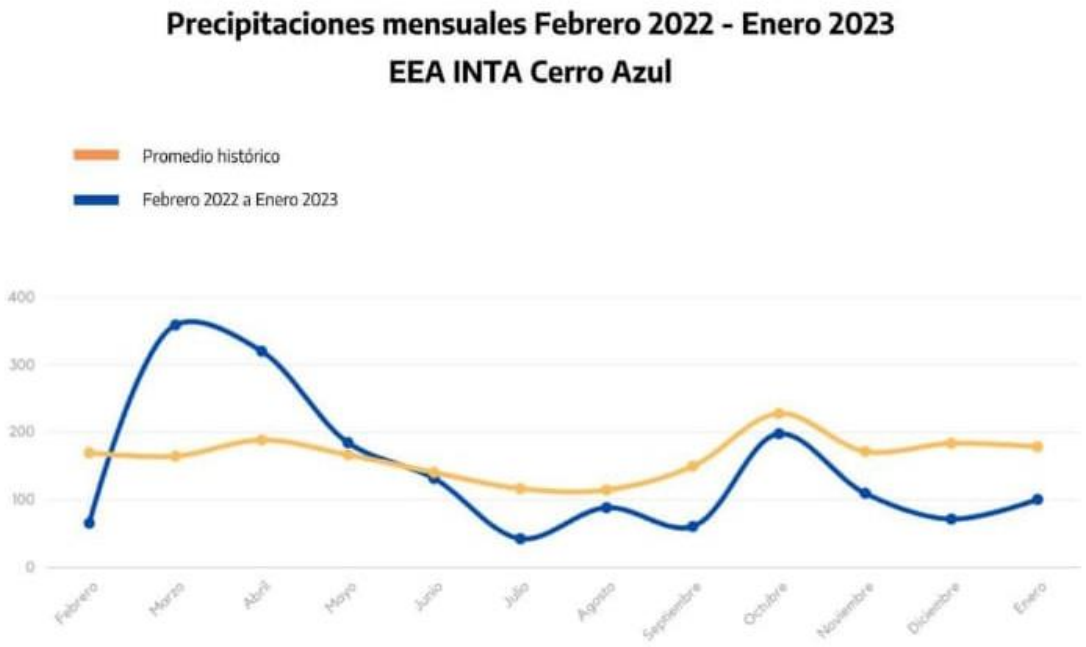

Figura 1: En color azul se proyecta el promedio de precipitaciones mensuales para los meses de febrero del año 2022 a enero del año 2023. En color naranja, se proyecta el promedio histórico para el mismo periodo en los años 1967-2021 (INTA).

5.2. Diseño experimental:

Se utilizó un diseño factorial de parcelas divididas en bloques completos al azar (1). Este consta de dos factores a evaluar y su interacción. El primero, el factor genotipo, donde se evaluó dos especies forrajeras: cebada y centeno. El segundo, dosis crecientes de fertilización nitrogenada (Figura 2).

$$Yijkl = \mu + Bi + Aj + \beta ij + Ck + (A \times C)jk + \epsilon ijkl \quad (1)$$

Donde:

- Y_{ijkl}Y_es la observación en el bloque i, nivel del factor A_j, y nivel del factor C_k.
- μ es la media general.
- B_i es el efecto del bloque $_i$ (i = 1, 2, 3).
- A_j es el efecto del nivel j del factor A (principal) (j = 1, 2,).
- βi es el error de la parcela principal j dentro del bloque i.
- C_k es el efecto del nivel k del factor C (subparcela) (k = 1, 2, 3).
- $(A\times C)_{jk}$ es la interacción entre el factor A y el factor C
- ϵ_{ijkl} es el error aleatorio asociado a la subparcela k dentro de la parcela j del bloque i.

Para ello, se sembró en parcelas de 3 x 2 m (6 m^2) el día 29 de abril del año 2022 dos especies distintas de verdeo: cebada y centeno. La misma, se realizó al voleo a razón de 120 kg ha^{-1} para cebada y 80 kg ha^{-1} para centeno, según sus densidades óptimas. Dichas parcelas fueron divididas en tres subparcelas de 1 x 2 m (2 m^2) para la aplicación de las distintas dosis de fertilizante nitrogenado (urea: 46% de N): 0, 100 y 200 kg ha^{-1} (Figura 2). En función de esto, los tratamientos quedaron delimitados por la combinación del factor genotipo por el factor fertilidad. Asimismo, al momento de la siembra se realizó una fertilización con fósforo (fosfato diamónico: 18% de N y 46% de P2O5) en dosis de 100 kg ha^{-1}. Ambos fertilizantes de YPFagro.

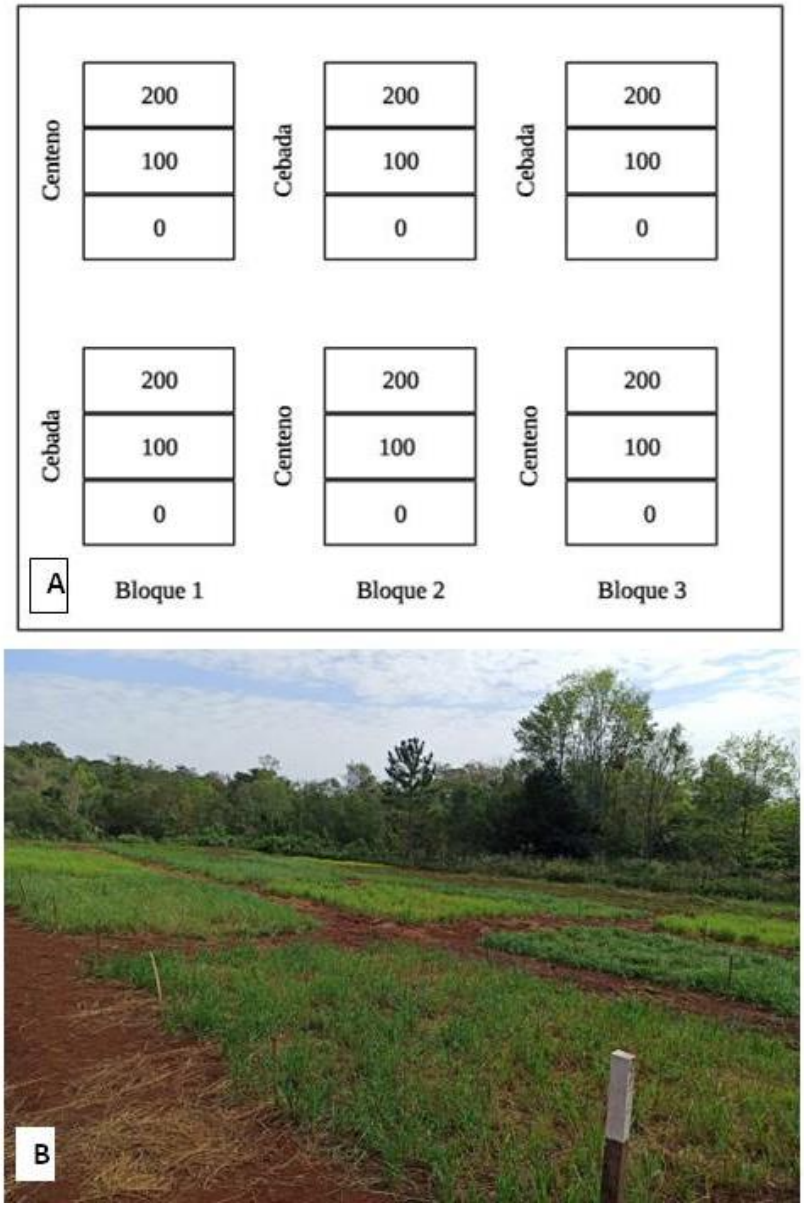

Figura 2: Esquema del diseño factorial de parcelas divididas en bloques completos al azar. Las parcelas de Cebada y Centeno, con sus respectivas divisiones (subparcelas) para la fertilización nitrogenada con las dosis de 0, 100 y 200 kg urea ha^{-1}, dispuestas en 3 bloques (A). Fotografía tomada en el lote, del diseño experimental representado en el esquema. (B).

5.3. Variables evaluadas

5.3.1. Producción primaria neta aérea

Se determinó la PPNA mediante cortes de biomasa. Para lo cual, se realizaron cortes mensuales de dos cuadrantes de 0,25 m² por subparcela (Figura 3). Siempre se cortó en la parte central para evitar el efecto bordura. La altura de corte se hizo a los 10 cm del nivel del suelo. Posteriormente fueron llevados a estufa dónde se dejaron secar hasta peso constante. Las

muestras se pesaban con balanza de precisión antes y después del secado para determinar su peso fresco y seco respectivamente. Para poder estimar la EUR a partir del modelo de MONTEITH (1972), tanto la radiación fotosintéticamente activa absorbida como la PPNA deben estar en la misma escala temporal. Para ello, este peso se transformó en tasa de crecimiento diario (g m^{-2} $día^{-1}$), dividiéndolo por la cantidad de días transcurridos entre cortes y en tasa de crecimiento mensual (g m^{-2} mes^{-1}), multiplicándolo por la cantidad de días del mes. La PPNA total se estimó sumando todos los cortes realizados en el ciclo considerado (g m^{-2} $ciclo^{-1}$).

Figura 3: Fotografía del cuadrante metálico de 0,25 m² sobre rebrote de Centeno para su posterior corte manual de biomasa dentro del mismo.

5.3.2. Radiación fotosintéticamente activa absorbida

La RFAA se estimó a partir del producto de la radiación fotosintéticamente activa incidente (RFA) y la fracción de la radiación fotosintéticamente activa que es absorbida por los tejidos verdes (fRFAA) (2). Para su cálculo, en primer lugar se estimó la fRFAA con un ceptómetro de mano, cada 15 días aproximadamente. Luego, se realizó el cociente entre la radiación fotosintéticamente activa absorbida ($RFAA_{cp}$) y la radiación fotosintéticamente activa incidente (RFA_{cp}), todas las estimaciones se hicieron con ceptómetro (Figura 4) (3). La $RFAA_{cp}$ se obtuvo a partir de la diferencia entre la radiación fotosintéticamente activa que es interceptada

(RFAi) y la radiación fotosintéticamente activa que es reflejada medida con el ceptómetro ($RFAr_{cp}$). La radiación interceptada, no se puede estimar por medio del mismo, sino que se calcula a partir de la diferencia de la RFA_{cp} y de la radiación fotosintéticamente activa no interceptada ($RFAn_{cp}$) que si lo capta el ceptómetro (4). Los valores obtenidos para la fRFAA se tomaron como valores diarios para los días trascurridos entre mediciones. En segundo lugar, se obtuvieron los datos diarios de RFA en W m^{-2} para el periodo evaluado. Esto se logró a través de la página de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) (https://power.larc.nasa.gov/). La RFA diaria fue multiplicada por la fRFAA diaria para obtener datos diarios de RFAA en W m^{-2} $día^{-1}$, los cuales posteriormente fueron convertidos a MJ m^{-2} $día^{-1}$. La RFAA total se estimó sumando los datos diarios obtenidos en el período dado en MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$.

$$RFAA = RFA * fRFAA \quad (2)$$

$$fRFAA = (RFAi - RFAr\text{cp}) / RFA\text{cp} \quad (3)$$

$$RFAi = RFA\text{cp} - RFAn\text{cp} \quad (4)$$

Figura 4: Fotografía del ceptómetro de mano sobre Centeno. Se encuentra midiendo RFA_{cp}, indicando en la pantalla el valor de la radiación medida y número de registro.

5.3.3. Eficiencia en el uso de la radiación

La EUR se estimó a partir del despeje matemático del modelo de MONTEITH (1972) (5). Este modelo plantea que la PPNA es el resultado del triple producto de: RFA, fRFAA y EUR. El cálculo de la EUR se realizó considerando la RFAA en MJ m^{-2} $día^{-1}$. Esta RFAA se obtuvo mediante la multiplicación de la RFA por el fRFAA. Posteriormente, se procedió a dividir la PPNA en g m^{-2} $día^{-1}$ por la RFAA. Finalmente se promediaron los valores de EUR para todo el ciclo en g MJ^{-1} (6).

$$PPNA = RFA * fRFAA * EUR \quad (5)$$

$$EUR = PPNA/(RFAA) \quad (6)$$

5.3.4. Cobertura y altura

El porcentaje de cobertura se estimó a partir de análisis de imágenes fotográficas. Para el mismo, se tomaron fotografías con teléfonos celulares de dos lugares de cada subparcela. Tomando como referencia de área un cuadro metálico de 0,25 m². Estas se tomaron cada 15 días aproximadamente, obteniéndose así dos fotografías mensuales. Luego, estas fueron procesadas mediante la utilización del programa CobCal para obtener el porcentaje (%) de cobertura con respecto al suelo (Figura 5). Estos datos fueron llevados a una tabla de EXCEL con el objetivo de poder obtener los promedios en % para cada cultivo con las distintas dosis de fertilizante nitrogenado. Previo a cada corte, se midió la altura por medio de una regla en cada uno de los cuadrantes a cortar. De esta se obtuvo posteriormente los promedios en cm para todo el ciclo.

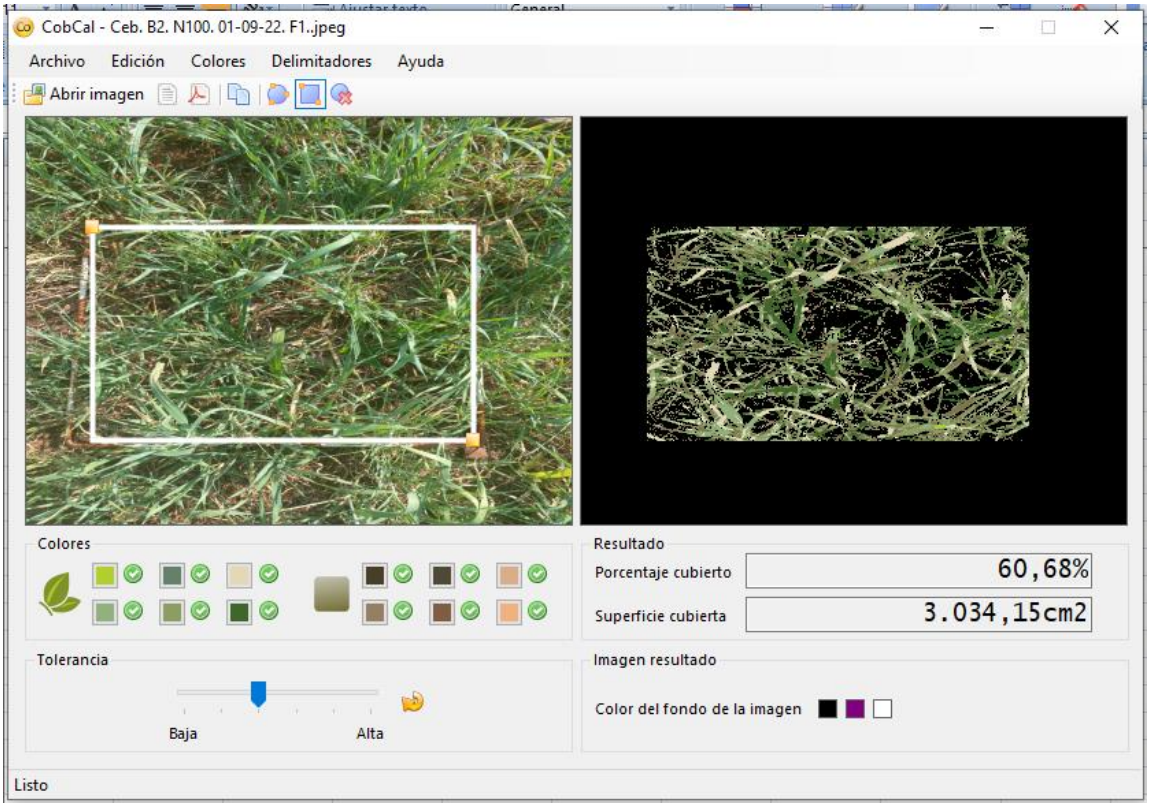

Figura 5: Captura de pantalla del programa Cobcal. A la izquierda se muestra una fotografía del cuadrante de 0,25 m² remarcado sobre centeno. A la derecha se muestra la imagen procesada estimando % de cobertura.

5.4. Análisis de la información:

Los datos fueron analizados por medio de un análisis de varianza, para tratar de hallar diferencias entre tratamientos (ver ANEXO tablas 1 a 25). Asimismo, se realizó la comparación de medias por Test de LSD de Fisher con un nivel de significancia de 95 %. Para esto se utilizó el software INFOSTAT de análisis estadístico.

6. RESULTADOS y DISCUSIONES:

La dinámica de la PPNA se vio afectada tanto por el genotipo (p=0,0374) como por los niveles de fertilización nitrogenada (p<0,001) (ver ANEXO Tabla 2). Por un lado, la PPNA de cebada fue de 437,56 g m^{-2} $ciclo^{-1}$, significativamente mayor que la del centeno que fue de 402,67 g m^{-2} $ciclo^{-1}$ (ver ANEXO Tabla 3) (Figura 6). Por otro lado, indistintamente al genotipo, los cultivos fertilizados con urea fueron significativamente mayores que los sin fertilizar. Los tratamientos sin fertilizar presentaron una PPNA de 346,00 g m^{-2} $ciclo^{-1}$. Mientras que exhibieron una PPNA de 437,33 g m^{-2} $ciclo^{-1}$ los que fueron fertilizados con 100 kg de urea ha^{-1} y los que se fertilizaron con 200 kg de urea ha^{-1} de 477,00 g m^{-2} $ciclo^{-1}$, sin hallarse diferencias significativas entre ellos (ver ANEXO Tabla 4) (Figura 7).

En este ensayo se halló que los verdeos de invierno presentan una muy buena respuesta a la fertilización nitrogenada indistintamente del genotipo. Asimismo, se observó que, con dosis bajas la respuesta ya es significativa y produce un aumento marginal de 2,00 kg de MS kg $urea^{-1}$. A su vez, cuando se aumentó la dosis, la respuesta marginal se vio disminuida (1,42 kg de MS kg $urea^{-1}$). Está disminución puede deberse a diversos factores, por ejemplo, la fuerte sequía que limitó su potencial aprovechamiento. Otros autores, encontraron resultados similares en cuanto al aumento de producción de materia seca. En cebada forrajera se observó el aumento en el rendimiento de materia seca con dosis de 100 kg N ha^{-1} (CHIMINELLI en 2021). En tanto que, en centeno se halló un incremento significativo de 90 g MS m^{-2} con dosis de 450 kg de N ha^{-1} (285,9 g MS m^{-2}), respecto de la dosis de 0 kg de N ha^{-1} (194,7 g MS m^{-2}) (CORVALAN Y PELLETIER, 2014).

No se encontró interacción significativa entre el genotipo y la fertilización nitrogenada (p=0,0512) (ver ANEXO Tabla 2). La PPNA máxima la presento la cebada cuando fue fertilizada con 200 kg de urea ha^{-1}. Igualmente, se encontró que, para el centeno, únicamente la dosis de 200 kg de urea ha^{-1} mostró una PPNA significativamente mayor que la de 0 kg urea ha^{-1}. En tanto que, para la cebada, con 100 y 200 kg urea ha^{-1}, se vio una PPNA significativamente mayor la de 0 kg urea ha^{-1}, pero sin hallarse diferencias entre sí (ver ANEXO Tabla 5).

Considerando la calidad forrajera de los verdeos de invierno, por su contenido de nutrientes y digestibilidad es preferible utilizarlos con categorías de altos requerimientos, como animales jóvenes (BARBERA *et al*., 2018). El promedio de la edad de primer servicio de la región es aproximadamente 32 meses. Teniendo en cuenta las bajas GDP de las vaquillas en verano y el mantenimiento o la pérdida de peso en invierno. Se sabe que adelantar la edad de primer servicio es una herramienta de gran impacto en los índices productivos. Por lo que, en

mejores condiciones forrajeras se podría adelantar el primer servicio con 26 meses de edad (BARBERA *et al*., 2018).

Teniendo en cuenta la utilización de cebada en la cadena forrajera, las vaquillas podrían estar ganando hasta 600 g dia^{-1} animal^{-1} en el invierno (MAIDANA *et al*., 2024). Lo cual le concedería llegar antes al primer servicio. Permitiendo al productor eliminar completamente una categoría improductiva del sistema (recría de 3 años). Teniendo en cuenta que una vaquilla destetada en febrero con 180kg consume 3% de su peso vivo de materia seca, (6 kg de MS día^{-1}), si se planifica una suplementación de 120 días la misma estaría saliendo del invierno con 220 kg en promedio. Sumando un verano en donde la ganancia estimada es de 120 kg, para el siguiente otoño cumpliría con el peso de entore (340-350 kg) (BARBERA *et al*., 2018). Pudiendo hacer un servicio complementario en otoño facilitando así la preñez de la vaquilla de segunda parición o un servicio de primavera a los 26 meses.

A su vez, la fertilización presenta un papel crítico en el cálculo de la superficie destinada a verdeo. Por ejemplo, consideramos un plantel de 100 vientres en producción y se planifica seleccionar el 20% de las terneras para reposición. En función de los requerimientos antes calculados, se necesitarían aproximadamente 4.3 ha de cebada con 100 kg de fertilización nitrogenada o 6.2 ha de cebada sin fertilizar. Lo cual implicaría que para poder recriar la reposición sin fertilizar necesitaría un 44.2% más de superficie que si decido fertilizar.

Con el aumento del peso al primer servicio, mejora el porcentaje de segunda parición y la fertilidad promedio posterior de los vientres. Un peso de entore de 325 a 335 kg, permite alcanzar un porcentaje de segunda parición cercano a 90 % (BARBERA *et al*., 2018).

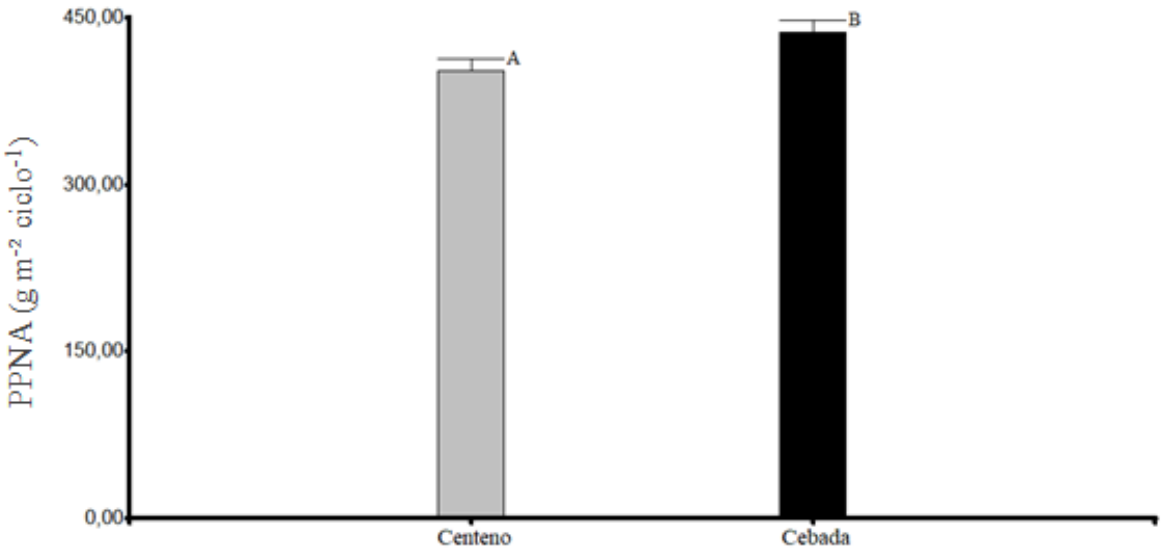

Figura 6: Suma de la PPNA en g m^{-2} ciclo^{-1} en Centeno en color gris y de Cebada en negro. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

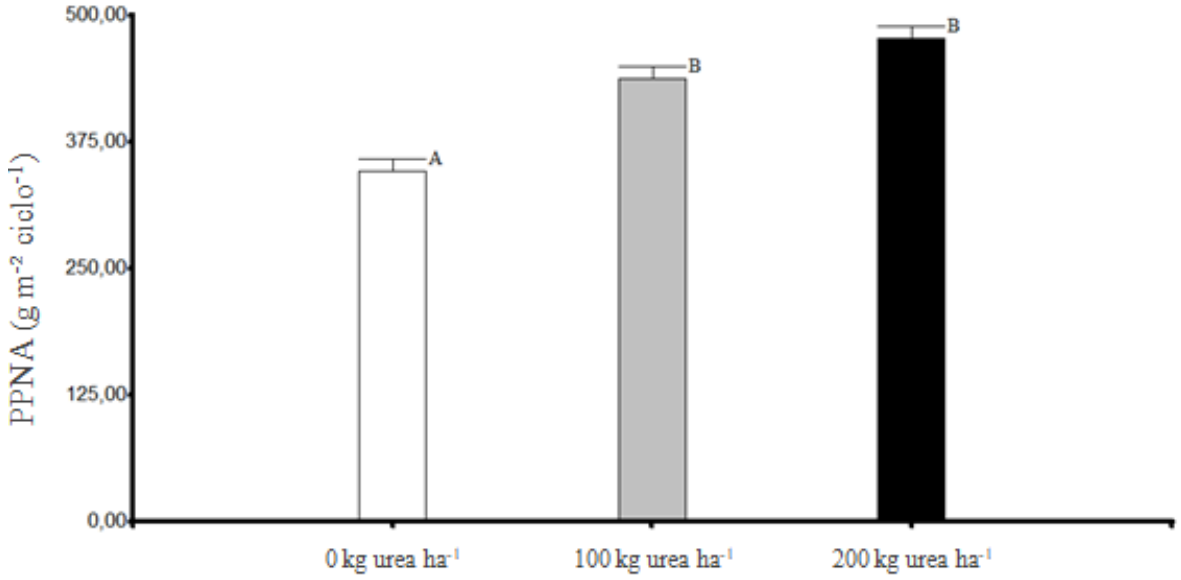

Figura 7: Suma de la PPNA en g m^{-2} $ciclo^{-1}$, para las distintas dosis de fertilizante. En color blanco de 0 kg de urea ha^{-1}, en gris de 100 kg de urea ha^{-1} y en negro 200 kg de urea ha^{-1}. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

La RFAA se vio influenciada por los genotipos (p=0,0158), no así por las dosis de fertilizante aplicado (p=0,1361) ni se halló interacción genotipo y dosis de fertilizante (p=0,2464) (ver ANEXO Tabla 7). La RFAA para la cebada fue de 340,1 MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$. Esta tuvo un aumento significativo de 49 MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$ sobre el centeno, que alcanzó los 290,7 MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$ (Figura 8) (ver ANEXO Tabla 8). Mientras que para las tres dosis de fertilización se encontró en promedio 315,40 MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$ de RFAA, sin hallarse diferencias entre ellas (Figura 9) (ver ANEXO Tabla 9). La RFAA se ve relacionada con el índice de área foliar (IAF), siendo proporcionales una con la otra. Un mayor IAF, representa una mayor superficie de captación de radiación. Otros autores mencionan que la fertilización nitrogenada aumentó el índice de área foliar, lo que permitió una fracción de interceptación de luz más temprana que las parcelas no fertilizadas y en consecuencia una mayor acumulación de masa de forraje (SCHULZ *et al.*, 2023).

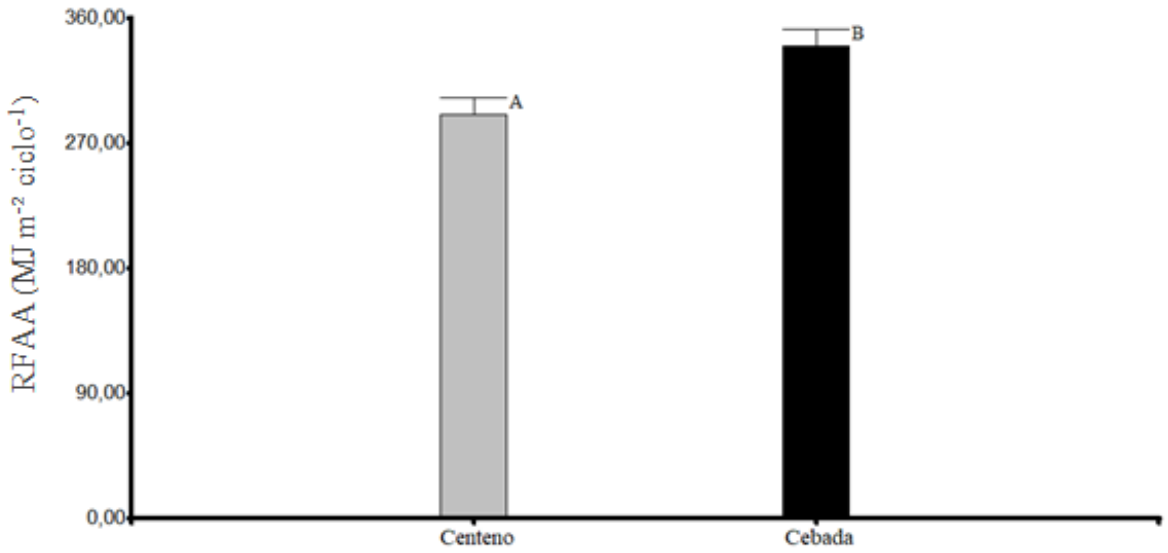

Figura 8: Suma de la RFAA en MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$ en Centeno (color gris) y en Cebada (color negro). Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

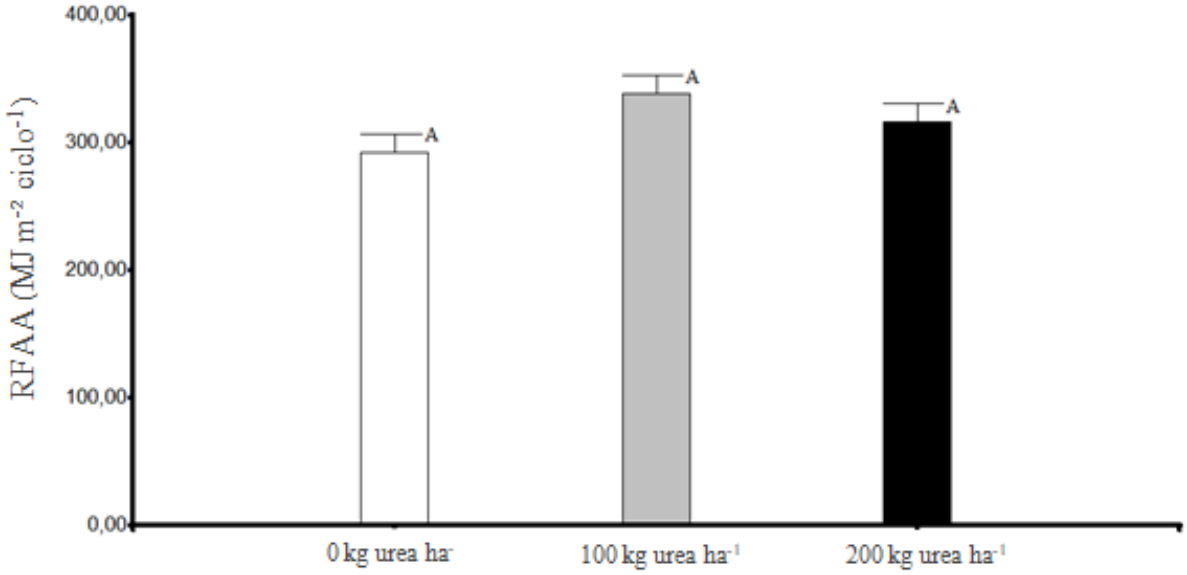

Figura 9: RFAA en MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$ según las dosis de fertilización de 0, 100 y 200 kg de urea ha-1, en colores blanco, gris y negro respectivamente. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

La EUR se vio afectada por la fertilización nitrogenada, hallándose diferencias significativas entre las dosis de fertilizantes (p=0,04). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre genotipos (p=0,24) (ver ANEXO Tabla 12). La EUR promedio del centeno y la cebada fue de 1,36 g MJ^{-1} (Figura 10) (ver ANEXO Tabla 13). La misma, aumentó cuando se le aplicó fertilizante. La mayor eficiencia fue hallada con 200 de kg urea ha^{-1} (1,52 g MJ^{-1}) y fue significativamente mayor al testigo de 0 kg de urea ha^{-1} (1,23 g MJ^{-1}) (ver ANEXO Tabla 14). Cuando se aplicó 100 de kg urea ha^{-1} la EUR fue de 1,33 g MJ^{-1} y no hubo diferencias significativas con las otras dos dosis de fertilizante (Figura 11). Por tanto, indistintamente del

genotipo, cuando se aumenta la disponibilidad de nitrógeno hay un aumento en la EUR. Así también, otro autor halló un aumento del 30% de eficiencia al aplicar 100 kg de urea respecto al testigo sin fertilizar, cuando la cebada convirtió 0,92 g MJ^{-1} $ciclo^{-1}$ (CHIMINELLI, 2021). Al tratarse de un año con menores precipitaciones (Figura 1), podría haber un cambio en la partición de fotoasimilados. Esto ocasionando la producción de raíces para poder explorar el suelo en búsqueda de agua a mayor profundidad. Al estimar la EUR por la relación con la PPNA no se tienen en cuenta producción de raíces pudiendo causar una disminución en la eficiencia. Situación similar fue encontrada por otro autor, donde se halló la posibilidad de una estrecha relación entre la EUR y la variabilidad ambiental (MAIDANA, 2021).

No se hallaron interacciones significativas entre genotipo y dosis de fertilizantes (p=0,15) (ver ANEXO Tabla 12). Sin embargo, se encontró que el efecto de la fertilización sobre la EUR fue más marcado para la cebada. La misma aumentó al incrementarse las dosis de fertilizante, un promedio de 0,26 g MJ^{-1} cada 100 kg urea ha^{-1}. Mientras que, en el centeno, no se observó variación entre dosis de fertilizante. Se puede destacar que, cuando se fertiliza la cebada, la eficiencia en el uso de la radiación alcanza valores similares al del centeno. También, se pudo observar que el centeno sin fertilizar convirtió 1,40 g MS MJ^{-1} absorbidos. Este fue significativamente más eficiente en el uso de la radiación que la cebada sin fertilizar que convirtió 1,06 g MS MJ^{-1} (ver ANEXO Tabla 15).

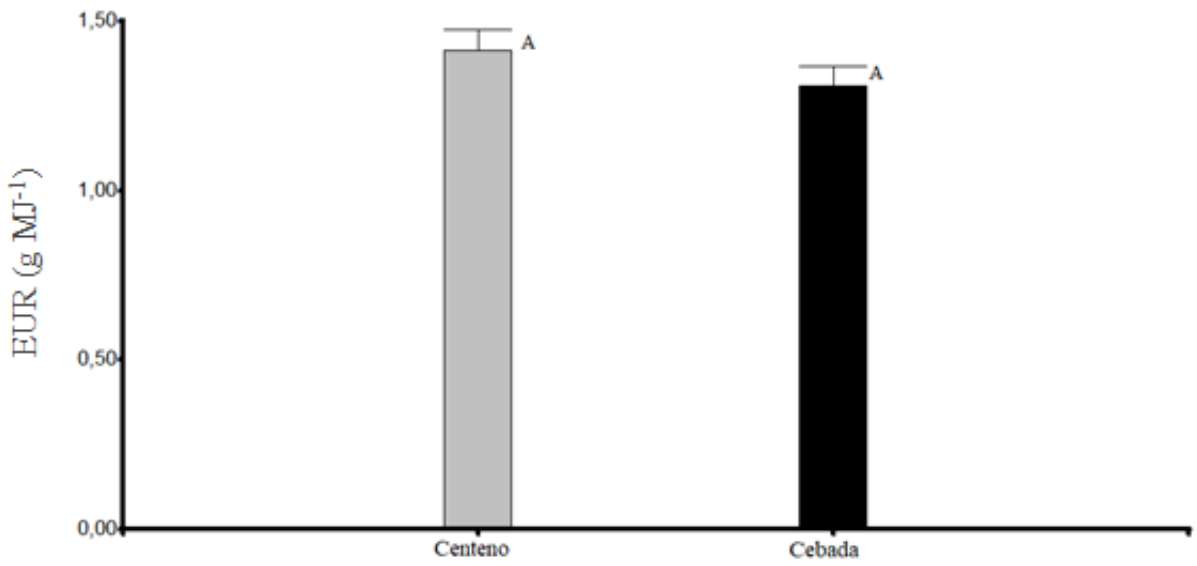

Figura 10: EUR en g de biomasa convertida por MJ absorbidos para los genotipos de Centeno y Cebada en gris y negro respectivamente. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas (p>0,05).

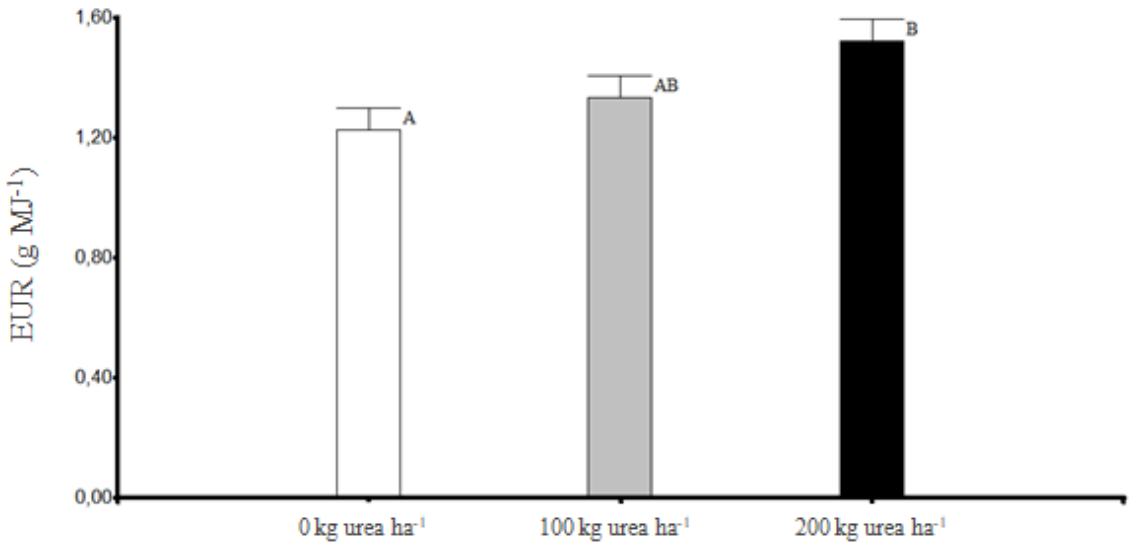

Figura 11: EUR en g de biomasa convertida por MJ absorbidos según las dosis de fertilización de 0, 100 y 200 kg de urea ha^{-1}, en colores blanco, gris y negro respectivamente. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

En cuanto a la cobertura, se hallaron diferencias significativas tanto entre genotipos ($p<0,01$), como entre dosis de fertilizante nitrogenado ($p<0,01$) (ver ANEXO Tabla 17). Para ambos genotipos se halló una diferencia significativa de 7% de cobertura. Mientras que el centeno mostró en promedio 33,63% de cobertura, en la cebada se vio un 40,42% (Figura 12) (ver ANEXO Tabla 18). Referente a las dosis de fertilizante, la más alta (200 kg urea ha^{-1}) mostró la mayor cobertura con 41,10%. Esta disminuyó significativamente en un 3% cuando se aplicó 100 kg urea ha^{-1} (38,15%). Sin fertilizar, la cobertura fue de 31,82%. Esto mostró una diferencia significativa de casi un 10% con la dosis más alta de fertilizante aplicado (Figura 13) (ver ANEXO Tabla 19). Estos resultados muestran que el incremento de urea permite aumentar la cobertura de la biomasa aérea sobre el suelo. Un incremento en la cobertura puede relacionarse con una mayor área foliar. Esto a su vez puede permitir una mayor captación de luz, es decir, una mayor absorción de radiación fotosintética. Con lo cual puede aumentar la transformación de energía (MJ) convertidos en g de biomasa (SCHULZ *et al*., 2023).

No se halló interacción entre genotipo y dosis de fertilizantes aplicados ($p=0,19$) (ver ANEXO Tabla 17). Sin embargo, se pudo observar un incremento significativo de la cobertura al incrementarse la dosis de fertilización para ambos genotipos. Para el centeno, se observó un incremento de entre el 4 y el 5 % de cobertura por cada 100 de kg urea ha^{-1}. Mientras que para la cebada, se halló un aumento de aproximadamente un 10 % en las subparcelas fertilizadas, respecto de las que no fueron fertilizadas. Así mismo, las dosis de 100 y 200 kg urea ha^{-1} mostraron una cobertura significativamente mayor a las mismas aplicadas en centeno (ver ANEXO Tabla 20).

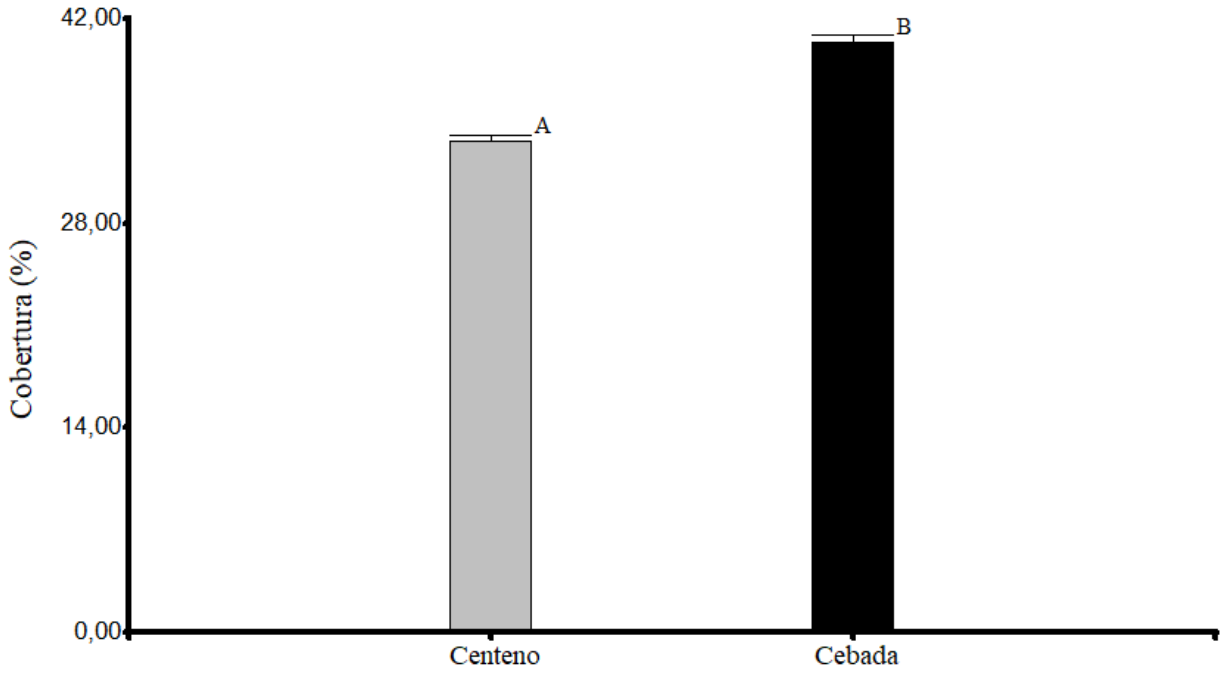

Figura 12: Promedio de la cobertura de la biomasa aérea sobre el suelo en % de todo el ciclo. En color gris el Centeno y en negro la Cebada. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05)

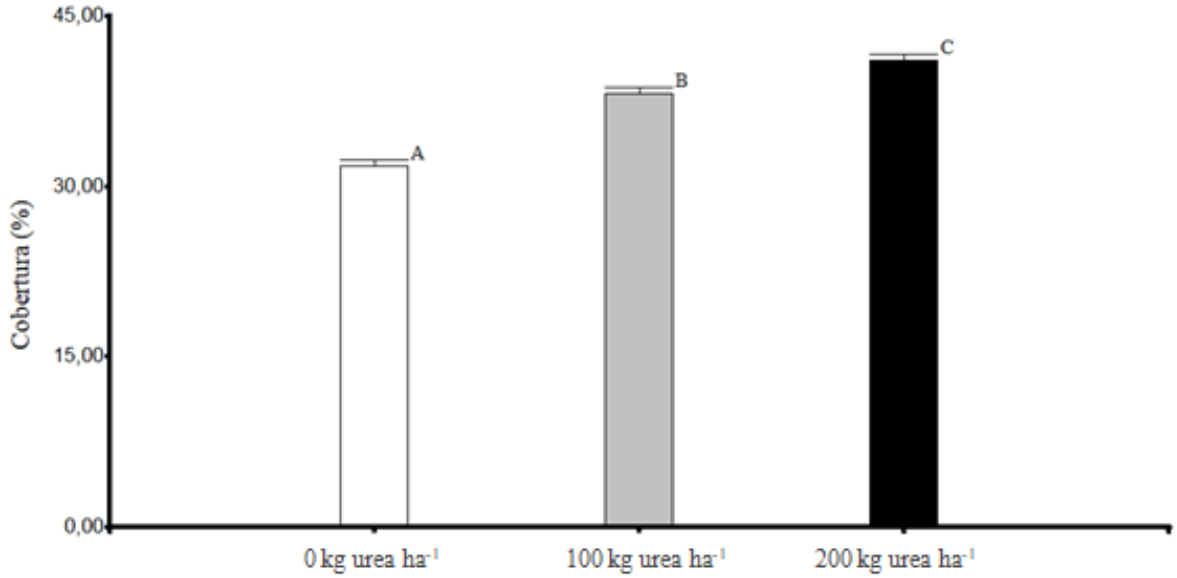

Figura 13: Promedio de todo el ciclo de la cobertura de la biomasa aérea sobre el suelo en %, para las dosis de fertilización nitrogenada. En blanco el de 0 kg de urea ha^{-1}, en gris el de 100 kg de urea ha^{-1} y en negro el de 200 kg de urea ha^{-1}. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

La altura de las plantas se vio influenciada únicamente por el genotipo (p<0,01) (ver ANEXO Tabla 22). Se halló una altura promedio de 35,58 cm para el centeno. En tanto que en la cebada alcanzó los 42,97 cm de altura, encontrándose una diferencia significativa de

aproximadamente 7 cm con respecto al centeno (Figura 14) (ver ANEXO Tabla 23). Para las distintas dosis de fertilizante no se hallaron diferencias significativas, manteniéndose en un promedio de 39 cm de altura (p=0,21) (Figura 15) (ver ANEXO Tabla 22 y 24). Resultados similares fueron encontrados en el Centro Agronómico K'ayra, Peru. Allí se encontró que la altura de la planta de cebada no se vio influenciada significativamente por el uso de los fertilizantes foliares (MAYHUA MONTEROLA, 2019). Sin embargo, en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino INTA, Argentina, si se encontró un impacto de la fertilización sobre la altura. En la misma, las plantas más altas de cebada fueron encontradas con 100 kg de urea ha^{-1} alcanzando los 83 cm. En tanto que en el testigo sin fertilizar alcanzaron los 76 cm de altura (CHIMINELLI, 2021). Es por esto que puede llegarse a pensar que, para la zona de estudio de este ensayo, la fertilización nitrogenada no sea una limitante para desarrollar el potencial de estos verdeos. Si lo pueden llegar a ser las condiciones climáticas, viendo que en otras zonas del país si se vieron incrementos en altura con la fertilización nitrogenada.

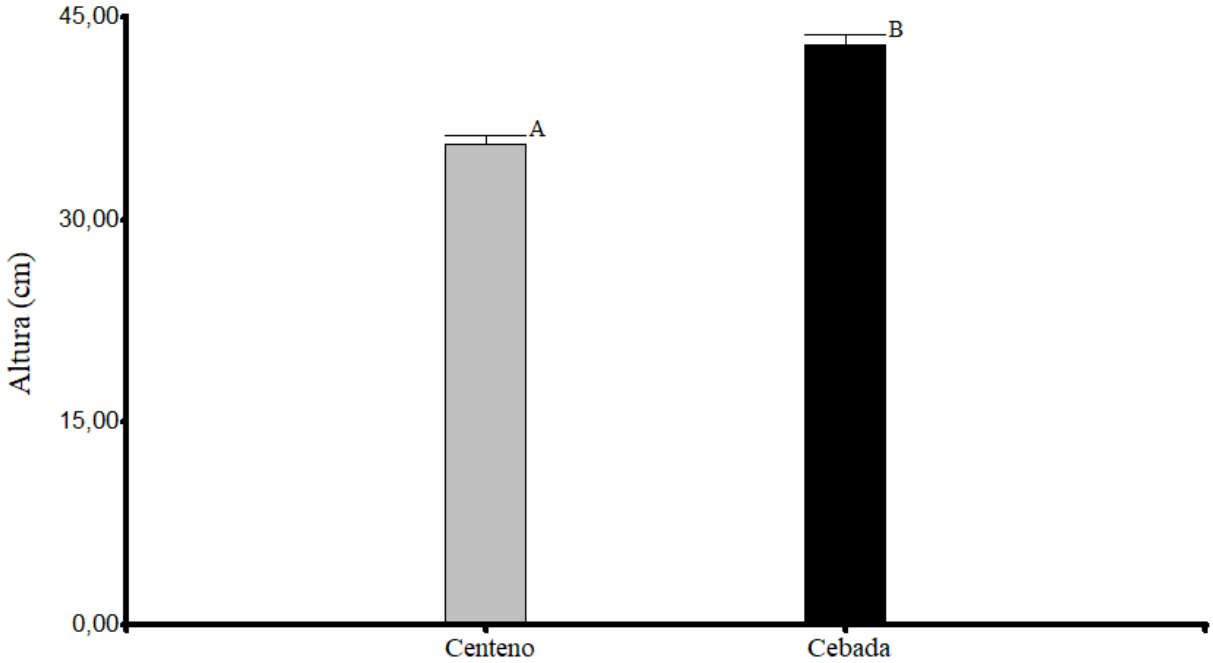

Figura 14: Promedio de altura en cm de las plantas para cada genotipo. En gris el centeno y en negro la cebada. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

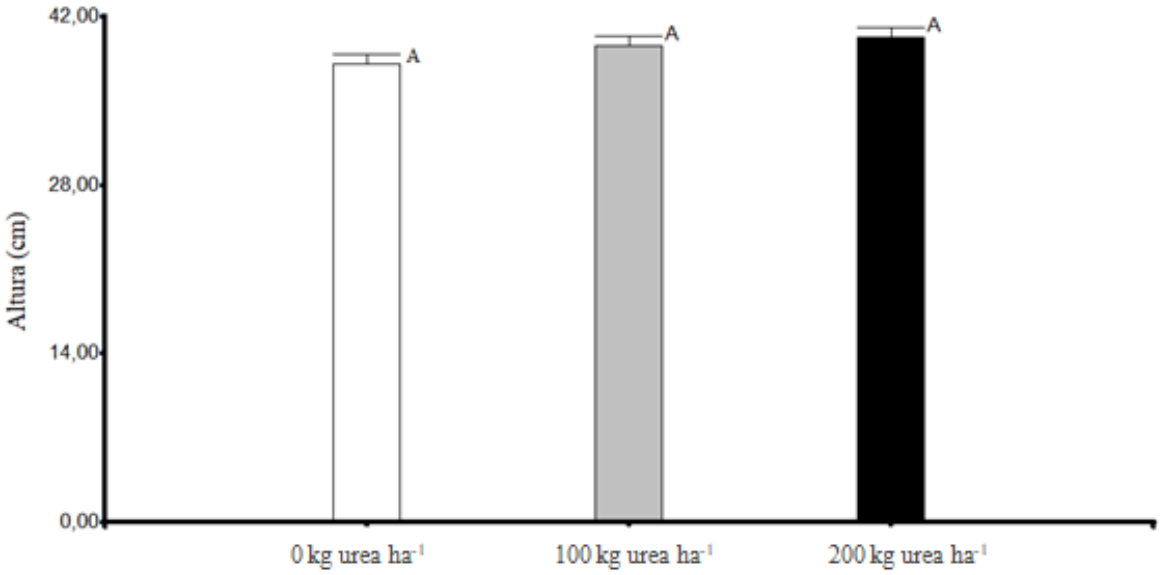

Figura 15: Promedio de la altura en cm de las plantas para las distintas dosis de fertilizante. En blanco 0 kg de urea ha ha^{-1}, en gris 100 kg de urea ha ha^{-1} y en negro 200 kg de urea ha ha^{-1}. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas ($p>0,05$).

7. CONCLUSIONES:

Los resultados plasmados anteriormente sugieren que, el incremento en los niveles de nitrógeno permitió aumentar los valores de PPNA, EUR y cobertura, con respecto a los cultivos no fertilizados. En condiciones de fertilización, desde la dosis más baja se produjo casi 100 g m^{-2} $ciclo^{-1}$ más de biomasa aérea que sin fertilizar. Así también, se halló un aumento en la cobertura con respecto al testigo sin fertilizar para ambas dosis y diferencias entre la dosis más alta y el testigo de aproximadamente 10%. Sin embargo, para la altura, no se encontraron diferencias entre las tres dosis de fertilización, teniendo un promedio aproximado de 39 cm.

Se encontró que, en su mayoría, las variables estudiadas se vieron influenciadas por el genotipo. En este caso, se halló que la cebada presento mayores valores en producción (35 g m^{-2} $ciclo^{-1}$ más que el cultivo de centeno), cobertura (7% superior) y altura (7 cm mayor), incluyendo una mayor absorción de la radiación. Considerando estas características, se podría suponer que la cebada sería más eficiente en el uso de la radiación. Sin embargo, no se presentaron diferencias en la EUR respecto del centeno, con 1,36 g MJ^{-1} en promedio entre ambas especies. La cual aumentó con la aplicación de la dosis más alta de fertilizante, mostrando mayor producción de MS y mayor eficiencia por MJ utilizado para esa producción para los verdeos de invierno presentados. Tanto la producción como la eficiencia podrían llegar a verse influenciadas también por las condiciones climáticas. Tratándose de un año con falta de precipitaciones, es posible que parte de la producción de la planta se encuentre dirigida hacia las raíces, en busca de aguas más profundas. Lo cual no se contempló al medir únicamente la producción aérea.

Esto apoya la hipótesis planteada para este ensayo. Los resultados fueron similares a los encontrados en la bibliografía. Sin embargo, es escaso el material hallado para la región, referido a las especies estudiadas. Esto puede deberse a la falta de conocimiento de estas, como también al costo resultante en evaluarlas. Por lo que aumenta la importancia de los hallazgos en este proyecto y afirma la importancia del estudio de la dinámica de estas variables para los verdeos de invierno. Este ensayo, bridó información para el modelado de la PPNA de verdeos en la región del NEA. De igual manera, aportó información sobre la EUR, que no había sido estudiada en estos verdeos para la misma región. Esto contando que los resultados obtenidos pueden ser usados por productores a la hora de tomar decisiones, como también para investigadores en futuros proyectos referidos al tema.

8. BIBLIOGRAFÍA:

ANTONINI, C. A.; Arenas, F. H. 2014. Verdeos invernales y estivales. Facultad de Ciencias Forestales-UNCuyo. Mendoza, Argentina.

AMIGONE, Miguel A.; Kloster, A. 1997. Invernada bovina en zonas mixtas. Agro 2 de Córdoba. Capítulo II: 37-56. INTA, Centro Regional Córdoba, EEA Marcos Juárez.

AMIGONE, M.; Chiacchiera, S.; Bertram, N.; Kloster, A.; Conde, M.; Masiero, B. 2010. Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticale y raigrás anual en el sudeste de Córdoba. INTA, Centro Regional Córdoba, EEA Marcos Juárez. *Información para extensión, N 133*, 9 pp.

BARBERA, P.; Bendersky, D.; Calvi, M.; Cetra, B. M.; Flores, A. J.; Hug, M. G.; Pellerano, L. L.; Pizzio, R. M.; Rosatti, G.; Sampedro, D. H.; Sarmiento, N. F. 2018. *Cría vacuna en el NEA*. INTA Ediciones. Colección Divulgación. Argentina. 158 pp

BORRAJO, C. I.; Barbera, P.; Bendersky, D.; Pizzio, R.; Ramírez M.; Maidana, C.; Zapata, P.; Ramírez, R.; Fernández, J.R. 2011. Verdeos de invierno en Corrientes. Comunicaciones EEA INTA Mercedes, Corrientes. Ed. INTA. Serie técnica N° 49, pp 5.

CASTELÁN, M. E.; Rodríguez, J.; Porta, M.; Hack, C.M.; Ciotti, E.M. 2013. Condición de un pastizal del este del Chaco. Semiárida. Santa Rosa: Universidad Nacional de La Pampa, vol. 22, Serie supl. 2., pág. 33-37. ISSN 2314-2669.

CHIMINELLI, E. 2021. Fertilización nitro-azufrada en cebada forrajera para silaje. Tesis final de grado para la carrera de Ingeniería Agronómica. Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina

CORVALAN, F. J.; Pelletier, S. 2014. Eficiencia de uso del nitrógeno en verdeo invernal de centeno. Ingeniería Agronómica Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa.

D'AGOSTINI, F. 1997. Los pastizales del Parque Chaqueño, manejo y productividad Conferencia. 3ª Jornada Regional de Manejo de Pastizales Naturales. AER INTA San Cristóbal, Santa Fe.

DRUILLE, M.; Oyarzabal, M.; Oesterheld, M., 2019. Radiation Use Efficiency of Forage Resources: A Meta-Analysis. Agronomy Journal, pp. 1770-1778.

GALLEGO, J. J.; Neira Zilli, F.; Barbarossa, R. A.; Miñon, D. P. 2014. Verdeos de invierno: producción de forraje de cultivares de avena, cebada, centeno, triticale y raigrás anual en valles regados del norte patagónico. EEA Valle Inferior Convenio Provincia Rio Negro - INTA. *Información técnica N° 35*. Año 8 N° 17- ISSN 1666 – 6054.

GALLEGO, J. J. 2015. Verdeos invernales: su nuevo rol en los sistemas ganaderos de los valles norpatagonícos. EEA Valle Inferior Convenio Provincia Rio Negro - INTA. *Información técnica*. Año 8 N° 63

LANARI, C. E. 2014. *Las Pasturas en el NEA*. [s.n.] Posadas, Argentina. 228 pp.

MAIDANA, C. E. 2021. Análisis de la dinámica anual e inter anual de la eficiencia en el uso de la radiación de tres comunidades de centro sur de Corrientes, Argentina. Trabajo final presentado para optar al título de Especialista en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional del Nordeste.

MAIDANA, C.E.; Da Luz, M. A; Babi, H; Sanz, S. P.; Zakowicz, L. 2024. Alternativas de alimentación invernal para la ganadería misionera. Congreso Asociación Argentina de Produccion Animal. Reconquista

MAYHUA MONTEROLA, R. Y. 2019. Efecto de la fertilización foliar en el cultivo de cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*), en el Centro Agronómico K'ayra, San Jerónimo–Cusco. Tesis final de grado para la carrera de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Agronomía. Cusco, Perú.

MONTEITH, J. 1972. Solar radiation and productivity in tropical. Journal of Applied Ecology, Volumen 9, pp. 747-766.

OLINUK, J. 1998. El clima en la localidad de Cerro Azul, período 1967 – 1996. Estación experimental agropecuaria INTA Cerro Azul. Informe técnico Nº 68, ISSN 0326-0135. Posadas, Misiones. 73pp.

PIZZIO, R. M.; Bendersky, D.; Barbera, P.; Maidana, C. E. 2021. Caracterización y manejo de los pastizales correntinos. Buenos Aires: Ediciones INTA; Estación Experimental Agropecuaria Mercedes. 290 pp

RAPOSO, J. M. 2017. Fertilización nitrogenada en el centeno (*Secale cereale*) utilizado como cultivo de cobertura. Tesis final de grado para la carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Pampa.

ROSSNER, M.; Marastoni, A.; Cibils, O. 2016. Dinámica de la productividad primaria neta aérea en pastizales del sur de Misiones. VII Congreso Nacional de Manejo de Pastizales Naturales. Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. pp 112.

RUFFO, M. L.; Parsons, A. 2004.Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones agronómicas del cono sur*, *21*(1), pp 13-15.

SCHULZ, R.R.; Zilli, A.L.; Brugnoli, E.A.; Marcón, F.; Acuña, C.A. 2023. Structural and Morphogenetic Characteristics in Paspalum notatum: Responses to Nitrogen Fertilization, Season, and Genotype. Plants 2023, 12, 2633. https://doi.org/10.3390/ plants12142633.

TUMULTY, M.; Leonhardt, D. A.; Herrera, E. A.; Angolani, D. H.; Fernández, R. 2021. Informe técnico producción de semillas de verdeos de invierno. Campaña 2020

9. ANEXO

Tabla 1: Análisis de variancia de la PPNA (g m-² ciclo^{-1})

Suma de PPNA

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Suma de PPNA	18	0,91	0,85	7,34

Tabla 2: Análisis de variancia de la PPNA (g m-² ciclo^{-1}), con un nivel de significancia de 0,95.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	101674,89	7	14524,98	15,26	0,0001
Bloque	34316,44	2	17158,22	18,02	0,0005
Cultivo	5477,56	1	5477,56	5,75	0,0374
Tratamiento	54152,44	2	27076,22	28,44	0,0001
Cultivo*Tratamiento	7728,44	2	3864,22	4,06	0,0512
Error	9520,89	10	952,09		
Total	111195,78	17			

Tabla 3: Test de LSD Fisher de comparación de medias para PPNA (g m-² ciclo^{-1}) (α=0,05), para los genotipos de cebada y centeno. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=32,40967

Error: 952,0889 gl: 10

Cultivo	Medias	n	E.E.		
centeno	402,67	9	10,29	A	
cebada	437,56	9	10,29		B

Tabla 4: Test de LSD Fisher de comparación de medias para PPNA (g m-² ciclo^{-1}) (α=0,05), para los distintos niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=39,69358

Error: 952,0889 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
testigo	346,00	6	12,60	A	
N 100	437,33	6	12,60		B
N 200	477,00	6	12,60		B

Tabla 5: Test de LSD Fisher de comparación de medias para PPNA (g m-² ciclo^{-1}) (α=0,05), para la interacción genotipo y niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=56,13520

Error: 952,0889 gl: 10

Cultivo	Tratamiento	Medias	n	E.E.				
cebada	testigo	335,33	3	17,81	A			
centeno	testigo	356,67	3	17,81	A	B		
centeno	N 100	398,67	3	17,81		B	C	
centeno	N 200	452,67	3	17,81			C	D
cebada	N 100	476,00	3	17,81				D
cebada	N 200	501,33	3	17,81				D

Tabla 6: Análisis de variancia de la RFAA (MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$)

Suma de RFAA

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Suma de RFAA	18	0,72	0,52	11,45

Tabla 7: Análisis de variancia de la RFAA (MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$), con un nivel de significancia de 0,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32883,45	7	4697,64	3,60	0,0333
Bloque	11288,59	2	5644,29	4,33	0,0443
Cultivo	10981,13	1	10981,13	8,42	0,0158
Tratamiento	6394,98	2	3197,49	2,45	0,1361
Cultivo*Tratamiento	4218,75	2	2109,37	1,62	0,2464
Error	13046,00	10	1304,60		
Total	45929,44	17			

Tabla 8: Test de LSD Fisher de comparación de medias para RFAA (MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$) (α=0,05), para los genotipos de cebada y centeno. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=37,93801

Error: 1304,6000 gl: 10

Cultivo	Medias	n	E.E.		
centeno	290,70	9	12,04	A	
cebada	340,10	9	12,04		B

Tabla 9: Test de LSD Fisher de comparación de medias para RFAA (MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$) (α=0,05), para los distintos niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=46,46439

Error: 1304,6000 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
testigo	292,05	6	14,75	A
N 200	315,96	6	14,75	A
N 100	338,21	6	14,75	A

Tabla 10: Test de LSD Fisher de comparación de medias para RFAA (MJ m^{-2} $ciclo^{-1}$) (α=0,05), para la interacción genotipo y niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=65,71057

Error: 1304,6000 gl: 10

Cultivo	Tratamiento	Medias	n	E.E.			
centeno	testigo	256,08	3	20,85	A		
centeno	N 100	303,13	3	20,85	A	B	
centeno	N 200	312,90	3	20,85	A	B	C
cebada	N 200	319,01	3	20,85	A	B	C
cebada	testigo	328,02	3	20,85		B	C
cebada	N 100	373,28	3	20,85			C

Tabla 11: Análisis de variancia de la EUR (g MS MJ^{-1})

EUR

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
EUR	18	0,80	0,65	13,21

Tabla 12: Análisis de variancia de la EUR (g MS MJ^{-1}), con un nivel de significancia de 0,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,27	7	0,18	5,60	0,0077
Bloque	0,80	2	0,40	12,37	0,0020
Cultivo	0,05	1	0,05	1,55	0,2412
Tratamiento	0,27	2	0,14	4,18	0,0480
Cultivo*Tratamiento	0,15	2	0,07	2,29	0,1521
Error	0,32	10	0,03		
Total	1,59	17			

Tabla 13: Test de LSD Fisher de comparación de medias para EUR (g MS MJ^{-1}) (α=0,05), para los genotipos de cebada y centeno. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,18889

Error: 0,0323 gl: 10

Cultivo	Medias	n	E.E.	
cebada	1,31	9	0,06	A
centeno	1,41	9	0,06	A

Tabla 14: Test de LSD Fisher de comparación de medias para EUR (g MS MJ^{-1}) (α=0,05), para los distintos niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,23134

Error: 0,0323 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
testigo	1,23	6	0,07	A	
N 100	1,33	6	0,07	A	B
N 200	1,52	6	0,07		B

Tabla 15: Test de LSD Fisher de comparación de medias para EUR (g MS MJ^{-1}) (α=0,05), para la interacción genotipo y niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,32716

Error: 0,0323 gl: 10

Cultivo	Tratamiento	Medias	n	E.E.		
cebada	testigo	1,06	3	0,10	A	
cebada	N 100	1,29	3	0,10	A	B
centeno	N 100	1,37	3	0,10	A	B
centeno	testigo	1,40	3	0,10		B
centeno	N 200	1,47	3	0,10		B
cebada	N 200	1,58	3	0,10		B

Tabla 16: Análisis de variancia de la Cobertura (%)

Promedio Cobertura (%)

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Promedio Cobertura (%)	18	0,97	0,95	3,52

Tabla 17: Análisis de variancia de la cobertura (%), con un nivel de significancia de 0,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	518,95	7	74,14	43,72	<0,0001
Bloque	34,83	2	17,41	10,27	0,0038
Cultivo	207,40	1	207,40	122,30	<0,0001
Tratamiento	270,20	2	135,10	79,66	<0,0001
Cultivo*Tratamiento	6,53	2	3,26	1,93	0,1962
Error	16,96	10	1,70		
Total	535,91	17			

Tabla 18: Test de LSD Fisher de comparación de medias para cobertura (%) (α=0,05), para los genotipos de cebada y centeno. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,36781

Error: 1,6958 gl: 10

Cultivo	Medias	n	E.E.		
centeno	33,63	9	0,43	A	
cebada	40,42	9	0,43		B

Tabla 19: Test de LSD Fisher de comparación de medias para cobertura (%) (α=0,05), para los distintos niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,67522

Error: 1,6958 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
testigo	31,82	6	0,53	A		
N 100	38,15	6	0,53		B	
N 200	41,10	6	0,53			C

Tabla 20: Test de LSD Fisher de comparación de medias para cobertura (%) (α=0,05), para la interacción genotipo y niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,36913

Error: 1,6958 gl: 10

Cultivo	Tratamiento	Medias	n	E.E.				
centeno	testigo	28,98	3	0,75	A			
centeno	N 100	33,92	3	0,75		B		
cebada	testigo	34,65	3	0,75		B		
centeno	N 200	37,98	3	0,75			C	
cebada	N 100	42,38	3	0,75				D
cebada	N 200	44,22	3	0,75				D

Tabla 21: Análisis de variancia de la Altura (cm)

Promedio Altura (cm)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Promedio Altura (cm)	18	0,86	0,76	5,34

Tabla 22: Análisis de variancia de la Altura (cm), con un nivel de significancia de 0,95.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	266,99	7	38,14	8,67	0,0015
Bloque	2,90	2	1,45	0,33	0,7270
Cultivo	245,68	1	245,68	55,83	<0,0001
Tratamiento	15,80	2	7,90	1,80	0,2156
Cultivo*Tratamiento	2,61	2	1,31	0,30	0,7493
Error	44,00	10	4,40		
Total	311,00	17			

Tabla 23: Test de LSD Fisher de comparación de medias para altura (cm) (α=0,05), para los genotipos de cebada y centeno. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,20330

Error: 4,4002 gl: 10

Cultivo	Medias	n	E.E.		
centeno	35,58	9	0,70	A	
cebada	42,97	9	0,70		B

Tabla 24: Test de LSD Fisher de comparación de medias para altura (cm) (α=0,05), para los distintos niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,69848

Error: 4,4002 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
testigo	38,02	6	0,86	A
N 100	39,53	6	0,86	A
N 200	40,27	6	0,86	A

Tabla 25: Test de LSD Fisher de comparación de medias para altura (cm) (α=0,05), para la interacción genotipo y niveles de fertilización. Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0,05).

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,81622

Error: 4,4002 gl: 10

Cultivo	Tratamiento	Medias	n	E.E.		
centeno	testigo	34,60	3	1,21	A	
centeno	N 100	35,30	3	1,21	A	
centeno	N 200	36,83	3	1,21	A	
cebada	testigo	41,43	3	1,21		B
cebada	N 200	43,70	3	1,21		B
cebada	N 100	43,77	3	1,21		B

RIDiaNaM
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Formulario de autorización de depósito de tesis/trabajo integrador final en la Comunidad Ciencias Agrarias del RIDUNaM (Repositorio Institucional Digital de la UNaM)

Por intermedio de la presente, el abajo firmante, AUTOR del trabajo integrador final (grado) titulado **"Efecto de la fertilización nitrogenada en Cebada (*Hordeum vulgare* L.) y Centeno (*Secale cereale* (L.) M. Bieb.) sobre variables agronómicas en la provincia de Misiones."** da FE de la autoría y originalidad de la obra mencionada, que fue dirigido por el Ing. Agr. MAIDANA Carlos Emilio e Ing. Agr. GRANCE, Julio Roberto, presentada y defendida en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones (FCF-UNaM), el 11/07/2024, Acta N° 174837, con el fin de obtener el título de **Ingeniera Agrónomo**.

Tildar según corresponda
[ ] Tesis de Posgrado
[ ] Doctorado [ ] Maestría [ ] Trabajo Final Integrador
[X] **Tesis de Grado**

Derechos patrimoniales
Como autor, expreso mi conformidad en cuanto a la cesión gratuita de los derechos de reproducción y circulación de esta obra, en forma NO EXCLUSIVA, a la Facultad de Ciencias Forestales-UNaM. Dicha reproducción y circulación se podrá realizar, una o varias veces, en cualquier soporte, para todo el mundo, con fines sociales, educativos y científicos.
En virtud del carácter no exclusivo de esta cesión, el autor podrá reproducir y comunicar libremente la tesis o trabajo final integrador, a través de los medios que estime oportunos.

Condiciones de acceso en línea
[X] Autorizo el depósito de la tesis o trabajo final integrador en forma inmediata
[ ] Autorizo el depósito del documento con embargo por el plazo de _____ meses a partir de la defensa de la misma.

Condiciones de uso de la tesis/TFI
Será puesta a disposición pública bajo las siguientes condiciones de uso:

	(BY) Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).
	(NC) No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
	(SA) Permite trabajos derivados — Siempre que se mantenga la misma licencia.
BY NC SA	**Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual (by-nc-sa):** No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Referencias:
CC (Licencias Creative Commons).
BY (Atribución).
NC (No comercial).
SA (Compartir igual).

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

Dados personales (llenar un cuadro por cada autor)

Apellido y Nombres	Vock, Alejandra Katarina
Teléfono/Celular	+54 9 3751 40-3945
Correo electrónico	alejandravock@gmail.com

Se firma la presente en la Ciudad de Eldorado, Misiones a los 11 días del mes de julio de 2024.

Firma	DNI 39530058 Tipo y N° Documento	Alejandra Katarina Vock Aclaración