

FERTILIZACIÓN NITRO-AZUFRADA EN CEBADA FORRAJERA PARA SILAJE

Trabajo Final de Grado

Del alumno



Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Pergamino, 10 de diciembre de 2020

FERTILIZACIÓN NITRO-AZUFRADA EN CEBADA FORRAJERA PARA SILAJE

Trabajo Final de Grado
del alumno

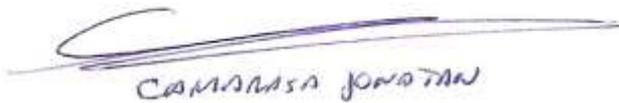
ESTEBAN CHIMINELLI

Aprobada por el Tribunal Evaluador

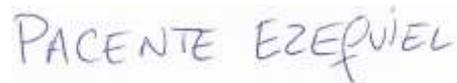
(Jorge Omar Scheneiter)
Evaluador

(Leandro Fariña)
Evaluador

(Sebastián Mango)
Evaluador



Ing. Zoot. (MSc) Jonatan
Nicolas Camarasa
Co-Director



Ing. Agr. MSc Ezequiel
Martín Pacente
Director

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 10 de diciembre de 2020

Dedicatoria

A mi familia, por enseñarme que el estudio es un camino al progreso, por darme la posibilidad y respetar la decisión de educarme y realizarme en el ámbito que deseaba y por enseñarme valores tan importantes como el esfuerzo, el respeto por los demás y la verdad.

A mi novia, Juliana, que todas las noches durante este último tiempo se sentó en la silla de al lado a cebarme mates mientras escribía mi trabajo y que me aguanta día a día.

A mis amigos, que son mi familia por elección, con los que comparto pasiones, trabajo, vacaciones, diversión, asados. A todos esos que están en las buenas y en las malas.

Agradecimientos

Principalmente quiero agradecer a Ezequiel Pacente, mi tutor en este trabajo, que desde el primer momento estuvo presente y no dejó que me estanque con la tesis. Busqué un tutor, encontré un amigo.

A todas las personas que confiaron en mí y mi capacidad como futuro profesional de las ciencias agrarias y me permitieron y permiten adquirir experiencia día a día.

A la UNNOBA, por darme lugar en sus aulas, por invertir en conocimiento en el interior de nuestro país y por formar un excelente conjunto de profesionales que nos han instruido en cada una de las materias.

A INTA Pergamino y todos los colaboradores, que me brindaron el espacio y las herramientas para poder realizar el ensayo de mi trabajo final en sus instalaciones.

MUCHAS GRACIAS!

Índice general

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
1. Introducción	1
1.1. Hipótesis.....	6
1.2. Objetivo general	6
1.3. Objetivos específicos.....	6
2. Materiales y Métodos	7
2.1. Diseño estadístico.....	8
2.2. Variables productivas	9
2.3. Eficiencia en el uso de la radiación.....	10
2.4. Eficiencia agronómica del nitrógeno	10
3. Resultados y discusión	11
3.1. Condiciones climáticas durante el período del ensayo.....	11
3.2. Producción total de biomasa para ensilar	12
3.2.1. Producción de biomasa	12
3.2.2. Altura de plantas	14
3.2.3. Composición morfológica	15
3.3. Eficiencia en el uso de la radiación.....	16
3.4. Eficiencia Agronómica del nitrógeno.....	18
3.4.1. Cantidad de Clorofila en Hoja: SPAD-502 Plus	18
3.4.2. EAN: Antesis y grano pastoso	20
4. Conclusión:	22
5. Bibliografía	23

Índice de tablas

Tabla 1: Valor nutritivo de maíz y de cebada	3
Tabla 2: Costos de producción- Silajes de maíz y cebada-	4
Tabla 3: Datos climáticos registrados durante el período del ensayo	12
Tabla 4: Proporción de hoja, tallo y espiga de cebada forrajera según los tratamientos aplicados.....	16
Tabla 5: Contenido relativo de clorofila en cebada forrajera.....	19
Tabla 6: Eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) en cebada forrajera	20

Índice de figuras

Figura 1: Plano del ensayo de evaluación de cebada forrajera para silaje con la aplicación de distintas dosis de fertilizante nitro-azufrado.....	8
Figura 2: Comparativo de precipitaciones según la media histórica y las ocurridas durante el ensayo.	11
Figura 3: Biomasa acumulada de cebada forrajera en grano pastoso	13
Figura 4: Correlación entre producción de materia seca y altura de las plantas.....	14
Figura 5: Altura cebada forrajera en el estado fenológico de grano pastoso	15
Figura 6: Eficiencia del uso de la radiación en cebada forrajera según los tratamientos aplicados.....	17
Figura 7: Eficiencia del uso de la radiación en distintos estados fenológicos de cebada forrajera	18
Figura 8: Contenido relativo de clorofila en distintos estados fenológicos de cebada forrajera	19
Figura 9: Eficiencia agronómica en el uso de nitrógeno de cebada forrajera ...	21

Resumen

El continuo aumento de la población mundial exige mayores producciones de alimentos. Un camino para lograr estos aumentos es con la intensificación de la producción por unidad de superficie, en donde la cebada forrajera, por sus características, toma un papel importante y nos permite realizar dos cultivos de alto rendimiento en la misma campaña. Una de las limitantes para este tipo de planteos en la región es la fertilidad de los suelos, luego de más de 100 años de agricultura con reposición deficiente de los mismos. El objetivo de este trabajo fue evaluar cómo afecta la fertilización nitroazufrada (con suficiencia de fósforo) a las variables de rendimiento, altura, composición morfológica y eficiencias de uso de radiación (EUR) y nitrógeno (EUN) a un cultivo de cebada forrajera destinado al silaje. Para esto se llevó adelante un ensayo en la localidad de Pergamino (Bs As), en las instalaciones de INTA (EEA Pergamino) en el cual los tratamientos se aplicaron con 50 kg N.ha⁻¹, 100 kg N.ha⁻¹, 20 kg S.ha⁻¹ y sus combinaciones, comparándolos contra un testigo sin fertilizar. La siembra se realizó el 20 de julio de 2016, los tratamientos con las distintas fertilizaciones se realizaron en el estadio fenológico de macollaje y la cosecha se realizó el 10 de noviembre de 2016, cuando el cultivo alcanzó el estado de grano pastoso. La fertilización con 100 kg N.ha⁻¹ fue la que respondió con mejores rendimientos, con diferencias de hasta 60% en rendimiento de materias seca versus el testigo sin nitrógeno, en donde el azufre no mostró sinergismo con el nitrógeno. Resultados similares se vieron en la altura de las plantas, en donde los tratamientos con 100 kg N.ha⁻¹ mostraron las mayores alturas con respecto al testigo. La composición morfológica no se vio significativamente afectada por los distintos niveles de fertilización. Los parámetros EUR y EUN no se vieron significativamente afectados por los distintos niveles de fertilización. La fertilización nitrogenada es una práctica que permitió mejorar rendimientos de forma significativa. El agregado de azufre no fue determinante para aumentar los rendimientos o el resto de parámetros analizados, aunque se recomienda su agregado para evitar que los niveles del suelo sigan disminuyendo, hasta que se obtengan modelos de estimación más precisos.

Palabras clave: cebada forrajera, fertilización, nitrógeno, azufre, composición morfológica, EUR, EUN

1. Introducción

El importante incremento de la población mundial en los últimos años [en 1970, la población era de 3.600 millones de personas y la tasa de crecimiento de 2,1% anual; ya en 2003, la población mundial ascendió a más de 7.000 millones creciendo a ritmo de 1,2% anual, estimándose así para 2061 una población de alrededor de 14.000 millones (Zapiain Aispuru, 2003)] exige un constante desafío a la agricultura para proveer un mayor número de alimentos (cantidad y calidad), forrajes, fibras y biocombustibles (García y Salvagiotti, 2009).

A nivel mundial también el consumo de carne se encuentra en pleno crecimiento y su demanda insatisfecha, impulsado principalmente por los cambios en los hábitos de consumo en los países en desarrollo y el aumento en la demanda de parte de países como China o los exportadores de petróleo, en los que sus habitantes tienen mejores ingresos y exigen otro tipo de alimentos. Esta situación también requiere de aumentos en la producción de granos para alimentar el ganado que luego se destinará a consumo (Errecart, 2015).

En Argentina, en las últimas décadas comenzó a darse el fenómeno que se llamó “expansión agrícola”, impulsado por un incremento notable del área cultivada con soja; que relega, en muchas situaciones, a la cría de ganado vacuno a lotes marginales y de menor productividad o produciéndose aumentos de la carga animal en lotes con cultivos implantados, siendo los aumentos de carga en promedio nacional, en un 11% (Pruel et al., 2005). Para alcanzar el objetivo de incrementar las producciones agrícolas para abastecer de alimentos a la población mundial creciente, existen hasta el momento dos caminos posibles: aumentar la superficie de cultivo (posibilidad limitada, sobre todo en países desarrollados) y/o incrementar los rendimientos de las hectáreas que ya están en producción mediante la intensificación (Anffe, 2007; AIIF, 2002). En este caso cobra relativa importancia poder lograr aumentos productivos por unidad de recurso y/o insumo utilizados (mejoras en las eficiencias de utilización de recursos) (García y Salvagiotti, 2009).

La cebada forrajera (*Hordeum vulgare*) cobra un papel importante en

este aspecto. La cuál es considerada el cultivo más antiguo con casi 15 mil años bajo el cuidado del hombre. Es un cereal muy adaptado a las regiones templadas del mundo con una temperatura óptima de 20°C, conociéndose dos centros de origen; las del norte de África (variedades cubiertas) y las que se originaron en China y Japón (variedades de barbas cortas y/o carentes de ellas) (Poehlman, 1981). La cebada es una planta anual, de porte erecto, considerándose a las invernales como las variedades productoras de forraje y a las primaverales (de ciclo más corto) mejores para la producción de grano. En comparación con el trigo, tiene hojas más largas y claras, lisas, aurículas abrazadoras y lígula corta y dentada (Robles, 1990).

La inflorescencia de la cebada forrajera tiene 6 hileras (3 flores fértiles por nudo), característica que determina la subespecie *Hexastichum*; diferenciándose así de la cebada cervecera, con dos hileras (1 flor fértil por nudo), siendo ésta la subespecie *Distichum* (Warren y Martin, 1970).

La cebada puede ser una solución a los problemas de la ganadería actual (especialmente en tambos y establecimientos de engorde a corral) ya que es un cultivo de rápido desarrollo, alto rendimiento, resistente a sequía, salinidad y alcalinidad y con excelentes propiedades nutricionales (Oltjen y Bolsen, 1980), pudiendo usarse para pastoreo directo, heno o silaje.

La alternativa más interesante para los establecimientos mixtos (agricultura + ganadería) es el silaje de planta entera de cebada, que permite generar reservas de alimento, sin disminuir las hectáreas de cultivos estivales como pueden ser soja y/o maíz. La posibilidad de hacer silaje de cebada, puede combinarse con un maíz para silo sembrado un poco más tarde o con maíz o soja para cosecha. La decisión de qué hacer después del silo invernal dependerá de cada empresa: si la rotación le permite liberar el lote un poco más tarde, podrá hacer una soja; pero si todavía no tiene cubierto el presupuesto de reservas, puede derivar en un maíz para silo; y si lo que se pretende es tener la mayor cantidad de grano propio ante una eventual suba de los precios, se hará maíz de segunda para cosecha (García Nero, 2008).

La calidad de este tipo de silajes se evidencia muy buena cuando se la compara con los silajes de maíz ya que hace un aporte importante de fibra efectiva de fácil mezclado, con buen equilibrio entre rendimiento, proteína bruta, fibra y energía metabolizable (tabla 1) cuando el proceso de ensilaje se

realiza en el momento óptimo (estado de grano pastoso) (García Nero, 2008).

Tabla 1: Valor nutritivo de maíz y de cebada

	Silaje de maíz	Silaje de cebada
% MS	32	35
% PB	8	11
% FDN	52	50
% FDA	34	36
DIVMS (%)	62	58
EM (Mcal.kgMS ⁻¹)	2,24	2,15

Observaciones: materia seca (MS); proteína bruta (PB); fibra detergente neutra (FDN); fibra detergente ácida (FDA); digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y energía metabolizable (EM). **Fuente:** García Nero, 2008.

La conveniencia económica de este tipo de silaje depende de la posibilidad de realizar un doble cultivo, ya que por sí solo, el kg de materia seca (MS) de silaje de cebada es un 43% más caro que el kg de MS de maíz (tabla 2). Si tenemos en cuenta que después de un silaje de cebada se puede realizar un cultivo por ejemplo de maíz de segunda para cosecha (rendimiento aproximado de 4.500kg de grano.ha⁻¹), el silaje de cebada se vuelve un 49% más económico (costo total silaje cebada – margen maíz cosecha: U\$S379 - U\$S247= U\$S132.ha⁻¹; costo: U\$S 0,031.kg MS⁻¹) (García Nero, 2008).

Tabla 2: Costos de producción- Silajes de maíz y cebada-

Variable analizada	Silaje de Cebada	Silaje de Maíz
Rendimiento (kg MV.ha ⁻¹)	12000	28000
Materia seca (%)	35	32
Rendimiento (kgMS.ha ⁻¹)	4200	8960
Costo Implantación (U\$S.ha ⁻¹)	199	268
Costo Confección (U\$S.ha ⁻¹)	180	284
Costo Total (U\$S.ha ⁻¹)	379	552
Costo por kg de Materia Verde (U\$S.kg ⁻¹)	0,032	0,02
Costo por kg de Materia Seca (U\$S.kg ⁻¹)	0,09	0,062

Fuente: Adaptado de García Nero, 2008.

La intensificación de la agricultura en los últimos años en la Región Pampeana y la falta de reposición de azufre (S) generaron una disminución de la disponibilidad de dicho nutriente en los suelos (Martínez *et al.*, 2001; Reussi Calvo *et al.*, 2006). La deficiencia de S ha sido reconocida como un importante factor que limita la producción de los cultivos en varias partes del mundo (Echeverría, 2005). En la Argentina, se han determinado respuestas a la aplicación de S en trigo en el centro-norte de la Región Pampeana (Martínez *et al.*, 2001; Salvagiotti *et al.*, 2004), en donde la actividad agrícola se desarrolla hace más de un siglo sin el aporte de fertilizantes azufrados (Echeverría, 2002). En el caso particular del sudeste de la región pampeana; aún con bajos niveles de sulfato en suelo (4-7 mg.kg⁻¹) en horizontes superficiales, no es frecuente encontrar respuesta a la fertilización con fuentes azufradas en cultivos como trigo y cebada (Mestelán y Pazos, 1998); explicado este fenómeno por los aportes de S que realiza la materia orgánica del suelo, que en esa zona es elevada (Echeverría y Ferrari, 1993). No obstante; Calviño y colaboradores (2001) determinaron moderadas respuestas al agregado de azufre bajo situaciones de prolongada historia agrícola, barbechos cortos, siembra directa y/o como cultivo antecesor soja. Considerando que la materia orgánica (MO) es la principal fuente de S de los suelos, la implementación de la siembra directa (SD) disminuye la disponibilidad de este nutriente producto de las menores tasas de mineralización, respecto al sistema de labranza convencional (LC)

(Reussi Calvo *et al.*, 2006); en adición, en los últimos años, la región norte de la provincia de Buenos Aires sufrió una fuerte intensificación agrícola con predominancia del cultivo de soja, SD y bajas o nulas reposiciones de S por medio de fertilización. (Reussi Calvo *et al.*, 2006).

Desde entonces se ha producido en toda la Región Pampeana un profundo cambio tecnológico, basado en el uso de materiales genéticos de mayor potencial de rendimiento, el empleo de fertilizantes en base a nitrógeno (N) y fósforo (P) en forma generalizada, y la implementación de sistemas de labranza conservacionistas como la siembra directa (Satorre., 2005).

La fertilización nitrogenada, además de aumentar los rendimientos en otros cereales de invierno como el trigo (de 8 a 20 kg/ha de aumento de rinde por unidad de N aplicado) produce un mayor desarrollo de hojas, más cantidad de macollos fértiles, tallos más altos, mejoras en la EUR (eficiencia de uso de la radiación) (Maddonni *et al.*, 2012) y EUN (eficiencia de uso del nitrógeno) (Golik *et al.*, 2003). La EUN expresa los kg de grano o los kg de materia seca producidos por kg de N inorgánico disponible en el suelo. Puede verse afectada por el momento de fertilización, sistema de labranza, fuente de N y fertilización con otros nutrientes como azufre (S) (Golik *et al.*, 2003).

Estudios en verdeos de invierno, como raigrás y avena llevados a cabo en el sudeste bonaerense demuestran que las respuestas a la fertilización nitrogenada a fines de esa estación, pueden llegar hasta 45 kg MS.ha⁻¹ por kilo de N aplicado; mostrándose menor respuesta a esta práctica para los años de inviernos benignos (probablemente explicado por la mayor tasa de mineralización cuando las temperaturas máximas y mínimas medias son levemente superiores a lo normal) y precipitaciones adecuadas (Marino y Agnusdei, 2009).

La EUR es la pendiente entre las variables biomasa y radiación y se expresa en gramos (gr) de biomasa por Megajoule (MJ) de radiación interceptada. La EUR es una variable relativamente constante para cada cultivo, pero puede ser afectada por la disponibilidad hídrica (en la medida que afecte la fotosíntesis), por la temperatura (por ejemplo, en maíz, cuando la temperatura media se encuentra por debajo de 20°C) y por el nitrógeno foliar específico (afectado por la fertilidad de los suelos), relacionada esta última variable en forma curvilínea, directa y positiva con la EUR (Cárcova *et al.*,

2010).

Debido a la falta de información local en el cultivo de cebada forrajera para silaje, surge la necesidad de generar datos y evaluar los efectos de la fertilización nitro-azufrada sobre el rendimiento y sus factores (EUN, EUR).

1.1. Hipótesis

La fertilización nitro-azufrada en cebada forrajera para silaje genera aumentos en la producción de forraje verde, a través de un sinergismo positivo entre el nitrógeno y el azufre provocando mejoras significativas la EUN y EUR.

1.2. Objetivo general

Estudiar el efecto de la fertilización nitro-azufrada sobre el crecimiento y desarrollo de cebada forrajera destinada a la confección de silaje.

1.3. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la fertilización nitro-azufrada sobre el porcentaje y producción de materia seca, los componentes morfológicos y la altura en cebada forrajera.

Evaluar el efecto de la fertilización nitro-azufrada sobre la eficiencia en el uso de la radiación EUR y EAN en distintos estados fenológicos.

2. Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino INTA (33° 57' S, 60° 33' O y 68 m sobre el nivel del mar), en un suelo Argiudol típico serie Pergamino de capacidad de uso II e. Sus principales características fueron: pH: 6,3; materia orgánica: 2,98 %; fósforo (P): 15,4 mg/kg; N: 69,0 kg/ha y S: 53,5 kg/ha. Se evaluó en cebada forrajera seis niveles de fertilización nitro-azufrada. Para nitrógeno (N) se utilizarán tres dosis (0, 50 y 100 kg/ha de N, fuente: urea) y para azufre (S) dos dosis (0 y 20 kg/ha de S, fuente: sulfato de calcio). De esta manera se establecieron los siguientes tratamientos: 1) 0N 0S; 2) 50N 0S; 3) 100N 0S; 4) 0N 20S; 5) 50N 20S; 6) 100N 20S. Al momento de la siembra, 20 de junio del 2016, se fertilizó con 150 kg/ha de superfosfato triple de calcio para que el fósforo no interfiera en la absorción de los nutrientes a evaluar. La siembra se realizó en directa, la fertilización fosforada fue en la misma línea de siembra y el antecesor fue una soja de primera. Las fertilizaciones se aplicaron el 1 de septiembre del 2016, en ese momento la cebada se encontraba en el estado fenológico de producción de macollos. La cosecha del ensayo se realizó el día 10 de noviembre de 2016, momento en el cual el cultivo se encontraba en estado fenológico de grano pastoso, estado óptimo para realizar la confección del silo.

Previo a la siembra se realizó el muestreo de suelo para determinar el contenido de fósforo, nitrógeno, nitratos y sulfatos y el pH en pasta. La cebada se sembró sobre un rastrojo de soja de primera en parcelas de 1,4 m de ancho por 6 m de largo con una distancia entre hileras de 0,20 m (Figura 1).

La densidad objetivo para la siembra fue de 250 semillas viables.m², equivalente a 120 kg.ha⁻¹ de semilla comercial. Las variables que se estudiaron fueron: altura de las plantas, número de espigas, relación hoja/tallo/espiga, producción y porcentaje de materia seca, radiación fotosintéticamente incidente y absorbida.

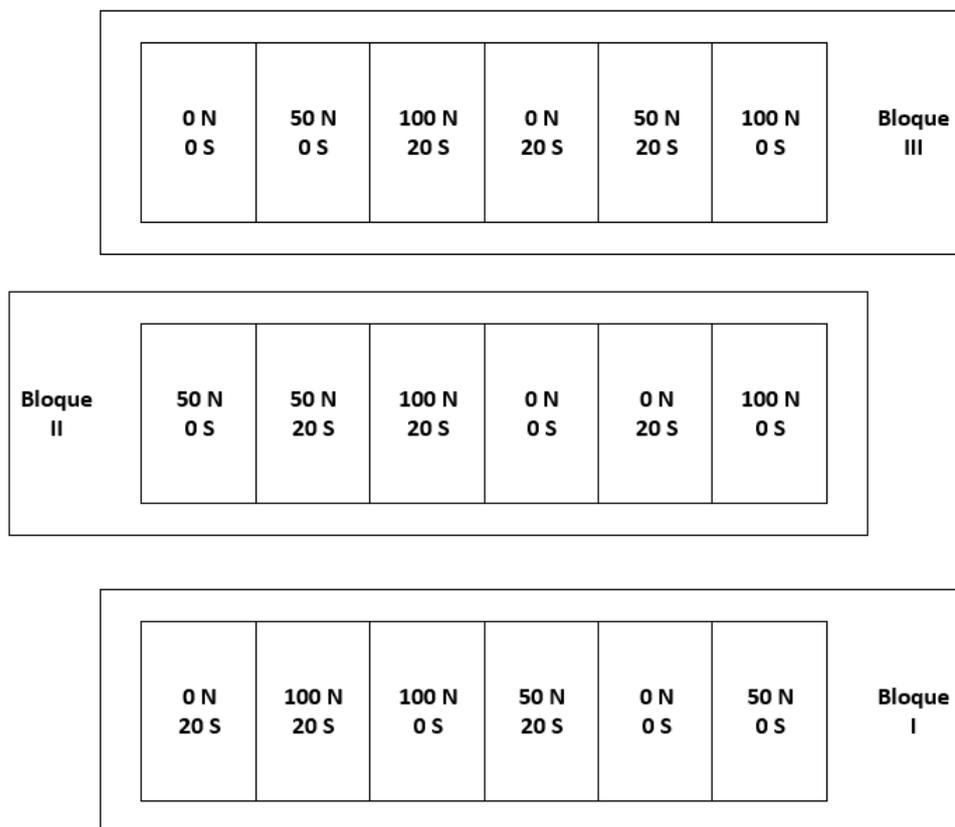


Figura 1: Plano del ensayo de evaluación de cebada forrajera para silaje con la aplicación de distintas dosis de fertilizante nitro-azufrado

2.1. Diseño estadístico

Se empleó un diseño en bloques al azar (DCBA) con arreglo factorial de los tratamientos con tres repeticiones. Las variables estudiadas se analizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2016) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Las variables de eficiencia de uso de la radiación y eficiencia de uso de nitrógeno se evaluaron mediante análisis de la varianza con arreglo de medidas repetidas en el tiempo y la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

2.1.1. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

- μ es la media general.
- τ_i es el efecto del i-ésimo tratamiento ($i= 1$ a 6)
- β_j es el efecto del j-ésimo bloque ($j= 1$ a 3)
- ε_{ij} es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ij} .

2.1.2 Modelo estadístico para evaluar las variables con medidas repetidas en el tiempo (estadio fenológicos)

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + (\tau\alpha)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

En donde:

- μ es la media general.
- τ_i es el efecto del i-ésimo tratamiento ($i= 1$ a 6)
- β_j es el efecto del j-ésimo bloque ($j= 1$ a 3)
- α_k es el efecto del k-ésimo estadio fenológico ($k= 1$ a 3)
- $(\tau\alpha)_{ik}$ es el efecto de la interacción entre tratamiento y estadio fenológico
- ε_{ijk} es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ijk} .

2.2. Variables productivas

En los estados fenológicos de: macollamiento, antesis y grano pastoso se cosechó (en el último metro de la cada parcela) una muestra en la línea de siembra de 0,50 m para determinar la producción y porcentaje de materia seca (en macollamiento se muestreó el segundo surco, en antesis el cuarto surco y en grano pastoso el sexto surco). Se cortó a 0,10 m sobre el nivel del suelo y el material se colocó en bolsas de nylon, con su correspondiente etiqueta identificadora para ser procesado en el laboratorio. Dicho valor de forraje se utilizó para los cálculos de eficiencia en el uso de la radiación y eficiencia agronómica en el uso de nitrógeno. En los estados fenológicos mencionados, también se midió en pie la altura de 10 plantas. En antesis, al tomar la muestra

lineal, se contó el número de espigas presentes. En la muestra tomada en grano pastoso, además de medir producción, se realizó la composición morfológica, en la cuál se separó la hoja, el tallo y la espiga.

El ensayo finalizó cuando la cebada alcanzó el estado de grano pastoso. En ese momento, en cada parcela, se cosecharon dos muestras forraje de 1 m² cada una. Se cortó a 0,10 m sobre el nivel del suelo y el forraje se colocó en bolsas de nylon, con su correspondiente etiqueta identificadora, para procesar en gabinete: el peso fresco del forraje, el porcentaje de materia seca y producción de materia seca por ha.

En todas las muestras de biomasa, luego de registrar el peso fresco, se tomó una alícuota de 0,250 kg y se colocó en estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante para determinar el porcentaje de materia seca (% MS) y la producción de forraje en kilogramos de materia seca por hectárea (kg MS.ha⁻¹).

2.3. Eficiencia en el uso de la radiación

Con un ceptómetro se midió la radiación incidente y la absorbida entre las 12 hs y las 13 hs. La radiación absorbida por el canopeo se midió, en dos lugares de cada parcela, de forma oblicua a la línea de siembra. Los muestreos se realizaron en los estados fenológicos de: macollamiento, antesis y grano pastoso para calcular la eficiencia en el uso de la radiación (EUR, g MS.Mj⁻¹.m⁻²) a través del cociente entre MS y la radiación absorbida de cada estado fenológico

2.4. Eficiencia agronómica del nitrógeno

La eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN), es una manera de conocer la eficiencia en el uso del N de las plantas. La EAN es la ganancia en la producción por unidad del nutriente aplicado. Por lo tanto, en función del testigo (0N0S y 0N20S) se calculó con que eficiencia cada dosis incrementa la producción de la cebada forrajera, en los siguientes estados fonológicos: antesis y grano pastoso. También, en estos estados fenológicos determinó el contenido de clorofila de las plantas. Para ello se utilizó el instrumento SPAD-502 Plus que determina la cantidad relativa de clorofila presente en la medición de la absorbancia de la hoja en dos regiones de longitud de onda. Con estas

dos absorbancias, el SPAD calcula un valor numérico que es proporcional a la cantidad de clorofila en la hoja.

3. Resultados y discusión

3.1. Condiciones climáticas durante el período del ensayo

La precipitación registrada durante los meses de julio, agosto y septiembre del ensayo fue menor que la media histórica 1910-2016. No obstante, en octubre la precipitación registrada fue un poco superior a la media histórica (Figura 2).

En la tabla 3 se muestran los datos climáticos registrados por la estación experimental INTA Pergamino, durante el lapso de tiempo que se llevó a cabo el ensayo. En cuanto a las temperaturas, los meses de julio, agosto y septiembre se registraron valores inferiores a las medias históricas y en octubre y noviembre, valores levemente superiores a éstas.

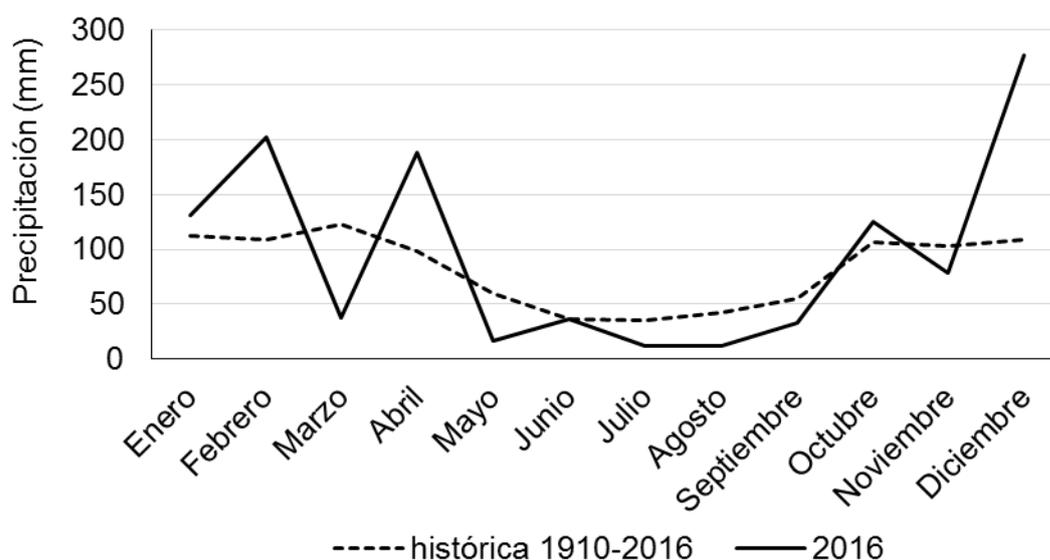


Figura 2: Precipitaciones según la media histórica y las ocurridas durante el ensayo. Media histórica y año 2016.

Tabla 3: Datos climáticos registrados durante el período del ensayo

Año 2016		
Mes	Temp. Media (°C)	Temp. Media Histórica (°C)
Julio	8,1	10,1
Agosto	10,8	11,2
Septiembre	12,9	13,1
Octubre	16,4	16
Noviembre	19,7	19

3.2. Producción total de biomasa para ensilar

3.2.1. Producción de biomasa

La producción de biomasa de cebada forrajera acumulada en el estado de grano pastoso, estado óptimo para ensilar, fue significativamente diferente entre los tratamientos (*p*valor: 0,0031). La fertilización nitrogenada provocó aumentos significativos en los rendimientos de MS en el rango 30% a 60% en correlación con lo encontrado por Ferraris *et al.*, 2010 y en cuanto a la fertilización nitroazufrada también se hallaron respuestas significativas con respecto al testigo sin fertilización en el rango 15% a 50% en concordancia con los datos publicados por Fontanetto y col. (2011). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos que incluían la fertilización con azufre y los que incluían la fertilización con nitrógeno. En promedio, estos tratamientos permitieron acumular 8.279 kgMS.ha⁻¹. El tratamiento que solamente tenía azufre, acumuló 6.413 kgMS.ha⁻¹ sin poder diferenciarse estadísticamente del testigo (0N; 0S) que produjo 5.565 kgMS.ha⁻¹ (figura 3). En estos suelos la respuesta a la inclusión de S es variable ya que según lo reportado por Ferraris y col. en 2004, es la MO que realiza el mayor aporte de este nutriente a los cultivos y en el caso de nuestro ensayo era de 2,98 %, valor que según Laboratorio de Suelo y Agua de INTA, se consideraría medio-alto. Otro punto a

tener en cuenta es el método de muestreo y el umbral crítico de S. En 1990, Johnson y Fixen propusieron como nivel crítico de S en suelo 10 mg.kg suelo⁻¹ en la profundidad 0-20 cm; pero otras investigaciones como la de Mc Grant (2002) encontraron una correlación pobre entre este valor y la probabilidad de respuesta. Una luz se encontró con el trabajo de Reussi Calvo y col. en 2006, donde se vio que había una fuerte correlación entre los niveles de S en la profundidad 0-60cm y los rendimientos. Deja esto una base para investigaciones futuras, donde se pueda seguir trabajando para establecer el correcto método de muestreo y el umbral crítico por debajo del cual es esperable obtener respuesta en rendimiento si se realiza la fertilización con S. Algunos autores como Echeverría y col. (2011) sugieren fertilizaciones de base con S y luego análisis del material vegetal (planta entera y azufre o relación N:S en hoja) para observar deficiencias en el cultivo y probabilidad de respuesta a la fertilización.

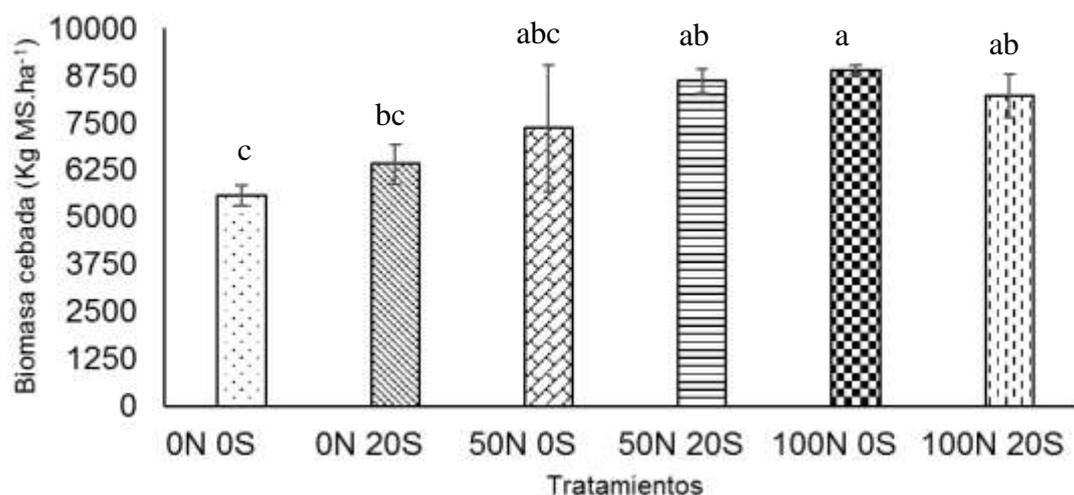


Figura 3: Biomasa acumulada de cebada forrajera en grano pastoso

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (p valor < 0.05). Prueba de Tukey.

Mediante el análisis de regresión entre la altura y la producción de forraje, se observa una relación positiva (r^2 : 0,71) entre las mismas, (figura 4), en donde las parcelas de mayor altura fueron las que más rindieron.

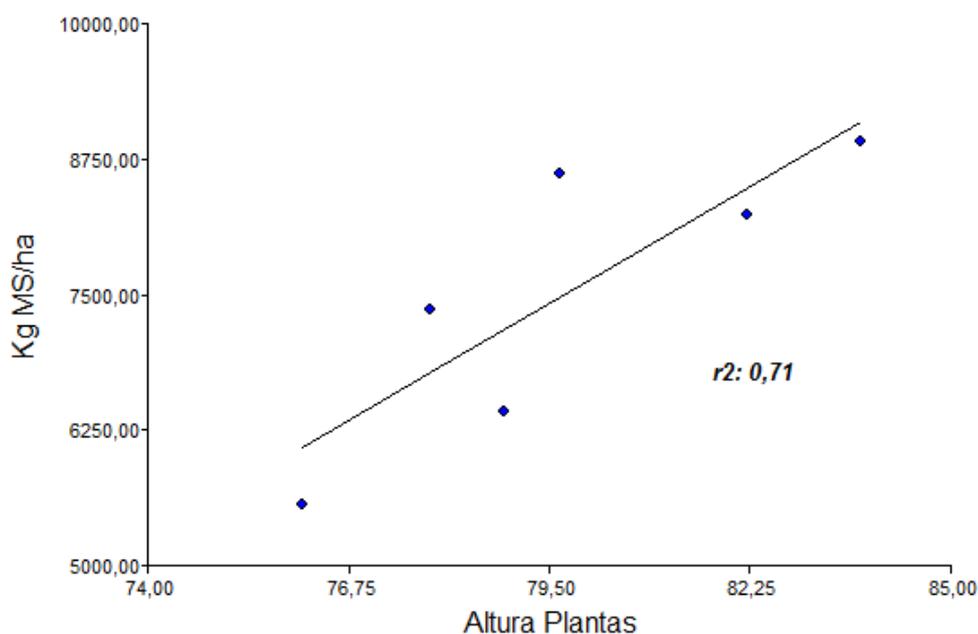


Figura 4: Correlación entre altura de las plantas y producción de materia seca. Análisis de correlación, r^2 : 0,71.

3.2.2. Altura de plantas

En el estado fenológico de grano pastoso, la altura de las plantas se vio afectada por los diferentes tratamientos de fertilización (p valor: 0,006). Como veremos más adelante, esto se reflejó en la producción de biomasa. La fertilización con $100 \text{ kgN} \cdot \text{ha}^{-1}$ con y sin azufre fue la que produjo las plantas más altas, alcanzando 83 cm; cuando en el testigo solo alcanzaron 76 cm. La altura promedio de los restantes tratamientos fue de 79 cm (figura 5). Resultados similares encontraron Ferraris y Couretot (2013) en cultivares de cebada y trigo, donde los tratamientos fertilizados con 100kg de N (en suficiencia del nutriente fósforo, como en el caso de nuestro ensayo) fueron los que mostraron una altura superior.

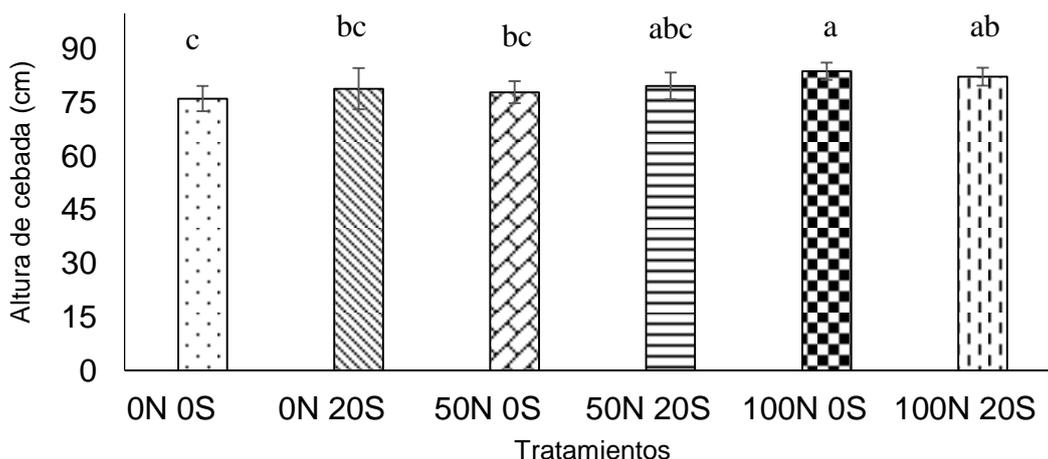


Figura 5: Altura cebada forrajera en el estado fenológico de grano pastoso

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (p valor < 0.05). Prueba de Tukey.

3.2.3. Composición morfológica

La calidad del forraje está íntimamente relacionada con la composición morfológica del cultivo (Romero y Matera, 2007) y por eso en este trabajo se evaluó como afecta la fertilización a los diferentes componentes de la planta en el momento óptimo para el ensilaje. La fertilización nitrogenada, azufrada y nitro-azufrada no afectó significativamente la proporción de hoja, tallo y espiga en relación, al testigo sin fertilizar. Por lo tanto, en promedio el forraje estaba compuesto por un 15,67% de hoja, 35,61% de tallo y un 48,72% de espiga. No obstante, en la componente foliar, se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos de 100N 20S y 0N 20S, en donde el primero incremento un 8% la producción hojas (p valor: 0,0329), pero no se diferenció del testigo ni de los demás tratamientos con N y con S (tabla 4). Según Dreccer y col. (2012) la mayor disponibilidad de N provoca aumentos en la producción de macollos por planta y una mayor supervivencia de los mismos, dando esto por resultado aumentos en el rendimiento en los tratamientos con más aporte de nitrógeno, pero composiciones morfológicas similares en cada uno de los vástagos analizados. Esto significa que los tratamientos con menos N, poseerían menos cantidad de macollos pero con proporciones similares de cada uno de sus componentes a los de los tratamientos con mayores niveles de este nutriente. Como en nuestro trabajo no se realizó conteo de macollos por unidad de

superficie, se abre una puerta de cara a una futura investigación ya que el aporte de cada una de las componentes del cultivo es un factor importante cuando el mismo se destina a alimentación animal por las diferencias en los aportes nutricionales de cada una.

Tabla 4: Proporción de hoja, tallo y espiga de cebada forrajera para silaje fertilizada con diferentes dosis de nitrógeno y azufre.

Tratamiento	Composición morfológica (%)		
	Hoja	Tallo	Espiga
0N 0S	17,03 ($\pm 2,81$) ab	34,01 ($\pm 4,63$) a	48,96 ($\pm 3,30$) a
0N 20S	10,74 ($\pm 0,73$) b	37,34 ($\pm 2,52$) a	51,92 ($\pm 1,85$) a
50N 0S	14,81 ($\pm 2,78$) ab	35,62 ($\pm 3,54$) a	49,57 ($\pm 3,30$) a
50N 20S	14,95 ($\pm 0,83$) ab	36,23 ($\pm 1,80$) a	48,82 ($\pm 2,83$) a
100N 0S	17,76 ($\pm 5,43$) ab	35,06 ($\pm 1,50$) a	47,18 ($\pm 6,77$) a
100N 20S	18,67 ($\pm 1,77$) a	35,42 ($\pm 1,28$) a	45,90 ($\pm 0,76$) a

Nota: Entre paréntesis se indica el desvío estándar. Letras diferentes cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos (p valor < 0.05). Prueba de Tukey.

3.3. Eficiencia en el uso de la radiación

En el periodo de evaluación, no hubo interacción tratamiento*estado fenológico (p valor: 0,692). Sin embargo, si lo hicieron los tratamientos y los estados fenológicos p valor: 0,033; p valor: < 0,0001, respectivamente.

La mayor EUR, en relación al testigo, se logró con los tratamientos de 100N 0S; 100N 20S y 50N 0S, en donde en promedio de los tres estadíos fenológicos la cebada convirtió 0,92 gramos de tejido por mj absorbido. La cuál corresponde a un 30% de mayor eficiencia en relación al tratamiento testigo 0N 0S (figura 6). Resultados similares encontró Alzueta en 2014 trabajando con cultivares de cebada cervecera, siendo también variable la respuesta al agregado de azufre (S).

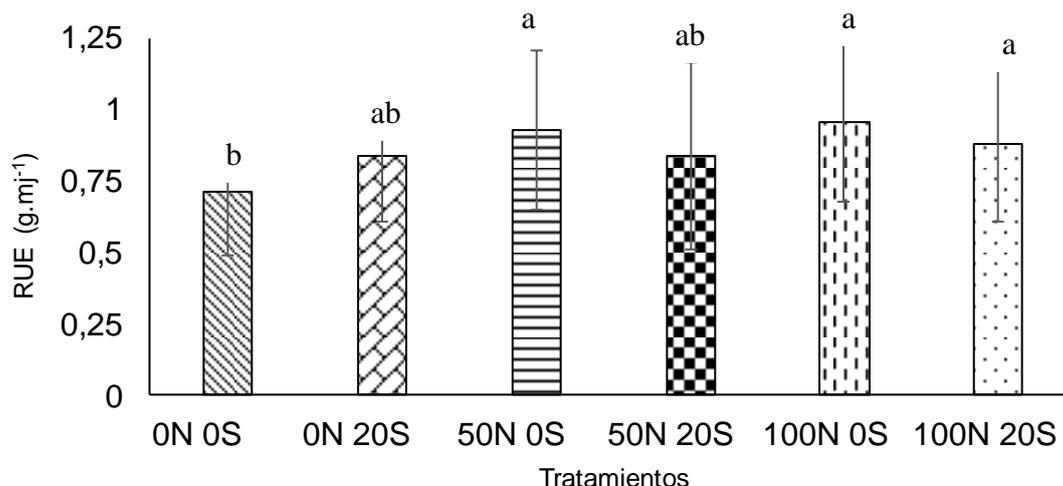


Figura 6: Eficiencia del uso de la radiación en cebada forrajera según los tratamientos aplicados

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (p valor < 0.05). Prueba de Tukey.

En cuanto a los estados fenológicos, la menor eficiencia fue en macollamiento, aumentando en antesis en donde se logró la mayor eficiencia de conversión, ya que la cebada se encontraba en pleno crecimiento y convertía a una tasa de $1,08 \text{ g.mj}^{-1}$; luego la misma disminuía en grano pastoso a $0,92 \text{ g.mj}^{-1}$. Esto se explica porque hasta el estado de macollamiento la absorción de nutrientes (principalmente N) es muy baja, hasta aproximadamente los 60 días después de la siembra (estado de macollaje) según Lazzari y col. (2005); aumentando luego exponencialmente hasta el estado de antesis y espigazón (alrededor de 100 días después de la siembra). Según Vera Núñez (2002), luego de antesis, momento en el cual la cebada capturó el 80% de los nutrientes, comienza un período de removilización de los mismos (con los granos como destino), lo que concuerda con nuestros resultados donde observamos una baja en la eficiencia hacia el estado de grano pastoso (figura 7). La mayor EUR en antesis se debió a una mayor cobertura de las plantas favoreciendo la mayor eficiencia en la captación lumínica en relación al estado fenológico de macollamiento (Serrano *et al.*, 2000) y de grano pastoso por mayor demanda de asimilados por parte de los destinos (Alzueta, 2014).

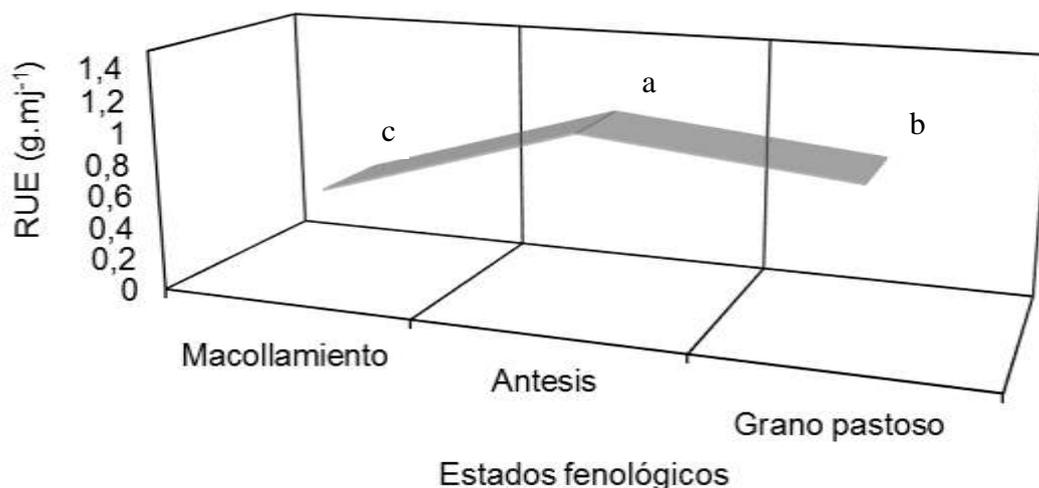


Figura 7: Eficiencia del uso de la radiación en distintos estados fenológicos de cebada forrajera

Nota: Letras diferentes entre los estados fenológicos indican diferencias significativas entre ellos (p valor < 0.05). Prueba de Tukey. Macollamiento $0,59 \text{ g.mj}^{-1}$ ($\pm 0,24$); Antesis $1,08 \text{ g.mj}^{-1}$ ($\pm 0,12$); Grano pastoso $0,92 \text{ g.mj}^{-1}$ ($\pm 0,14$).

3.4. Eficiencia Agronómica del nitrógeno

3.4.1. Cantidad de Clorofila en Hoja: SPAD-502 Plus

La interacción tratamiento*estado fenológico (p valor: 0,589) no afectó significativamente la cantidad relativa de clorofila presente en lámina de cebada forrajera. No obstante, si lo hicieron los tratamientos y los estados fenológicos p valor: 0,0014; p valor: $< 0,0001$, respectivamente. En la tabla 5, se puede observar que los tratamientos con mayor contenido de clorofila fueron los que tenían 100 kgN.ha^{-1} independientemente si tenían o no azufre. En donde la clorofila fue, en promedio, de 44,56. Con la inclusión de 50 kgN.ha^{-1} con y sin azufre no se logró incrementar el contenido de clorofila en relación al testigo, en donde en promedio, la clorofila fue de 39.

Tabla 5: Contenido relativo de clorofila en cebada forrajera

Tratamiento	SPAD
0N 0S	38,82 ($\pm 5,05$) b
0N 20S	38,83 ($\pm 5,08$) b
50N 0S	38,93 ($\pm 5,63$) b
50N 20S	39,33 ($\pm 4,65$) b
100N 0S	45,21 ($\pm 5,51$) a
100N 20S	43,91 ($\pm 5,34$) a

Nota: Entre paréntesis se indica el desvío estándar. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos (p valor <0.05). Prueba de Tukey.

Cuando se analizan los estados fenológicos se observa que los mayores contenidos de clorofila ocurren en macollamiento y antesis (43,7) en donde la cebada está en su máximo crecimiento. La disminución de la clorofila en el estado de grano pastoso (36,61) se pudo deber a una removilización de fotoasimilados para el llenado de los granos (Dordas, 2011), proceso que, como se explicó anteriormente, comienza luego de que en antesis el cultivo ya haya absorbido del suelo el 80% de los nutrientes (Vera Núñez, 2002) (figura 8).

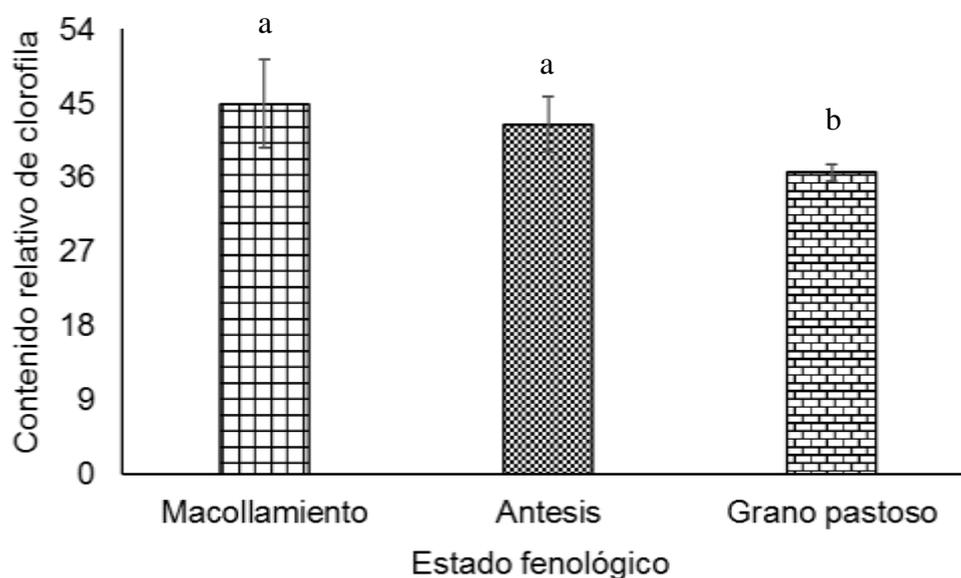


Figura 8: Contenido relativo de clorofila en distintos estados fenológicos de cebada forrajera

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (p valor <0.05). Prueba de Tukey.

3.4.2. EAN: Antesis y grano pastoso

La fertilización nitrogenada, azufrada y nitro-azufrada se aplicó en el estado de macollamiento. Al analizar la EAN en el periodo del ensayo no se encontraron diferencias en la interacción entre tratamiento y estado fenológico y en los tratamientos (*p*valor: 0,0897). En promedio la EAUN de los tratamientos fue de 25.94 kg.N⁻¹ (tabla 6).

Tabla 6: Eficiencia agronómica en el uso del nitrógeno (EAN) en cebada forrajera

Tratamiento	EAN (kg.N ⁻¹)
50N 0S	24,18 (±10,26) a
50N 20S	29,28 (±19,46) a
100N 0S	27,78 (±9,83) a
100N 20S	22,52 (±7,20) a

Nota: Entre paréntesis se indica el desvío estándar. Letras diferentes cada columna indican diferencias significativas entre los tratamientos (*p* valor<0.05). Prueba de Tukey

Según Alzueta (2014), la ausencia de diferencias significativas observada puede deberse a la buena disponibilidad de N al inicio del cultivo, lo que provoca un funcionamiento eficiente de las organelas y órganos involucrados en el proceso de fotosíntesis. En su trabajo solo encontró diferencias estadísticamente significativas cuando los niveles de N al inicio de los ensayos eran muy bajos.

En el caso de nuestro trabajo, la disponibilidad inicial de N fue buena, y esto puede deberse al cultivo antecesor, que fue una soja de 1era, ya que según Salvagiotti y col. (2009), los restos de este cultivo pueden entregar por mineralización en la estación de crecimiento siguiente hasta 20kg de N, más el aporte de las fracciones orgánicas del suelo; todos estos valores que no se observaron en los análisis de suelo previos.

La diferencia en la EAN fue entre los estados fenológicos (*p*valor:<0,0047). A diferencia de lo que sucedió con el uso de la radiación y con el contenido de clorofila en lámina, la mayor eficiencia agronómica en el uso de nitrógeno se obtuvo en el estado de grano pastoso, en donde por cada unidad de N aplicado se obtuvo 32.98 kg de forraje. En antesis la eficiencia fue de 13.9 kg de forraje.N⁻¹(figura 9).

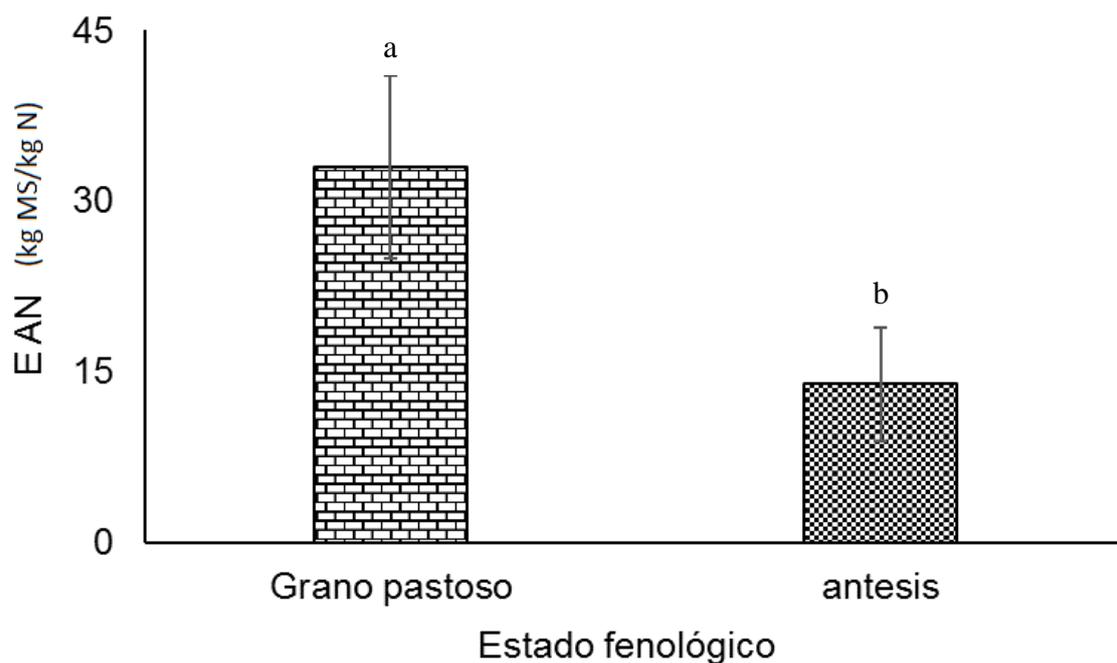


Figura 9: Eficiencia agronómica en el uso de nitrógeno de cebada forrajera
Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos (p valor < 0.05). Prueba de Tukey.

Estos resultados se encuentran respaldados por la investigación de Lázzari y col. (2005); en donde la mayor acumulación de MS por el cultivo de cebada fue entre los estadios de llenado de granos y madurez fisiológica, y la producción de los tratamientos fertilizados se diferenció significativamente del testigo.

4. Conclusión:

La fertilización nitro-azufrada permitió aumentar los rendimientos de materia seca y la altura del cultivo de cebada forrajera en donde los tratamientos con 100 kg de nitrógeno fueron los que obtuvieron los mejores resultados; aunque no mostró sinergismo cuando se aplicaron conjuntamente, ya que los rendimientos de las parcelas que solo poseían nitrógeno no difirieron de los que estaban tratados con nitrógeno y azufre.

La composición morfológica no se vio afectada por los distintos niveles de aplicación de fertilizantes y los porcentajes de tallo, hoja y espiga fueron similares en todos los tratamientos.

Las EUR y EAN no se vieron modificadas significativamente por la fertilización con N, S o la combinación de ambos, aunque si provocaron aumentos en la eficiencia con que el cultivo captó la radiación incidente.

De cara al futuro, este trabajo nos plantea varias incógnitas. La primera es que es lo que sucedería con las EUR y EAN cuando se implanta un cultivo en un suelo con una dotación de nitrógeno inicial muy baja. Y la segunda, en lo que al azufre respecta, necesitamos saber qué porcentaje del mismo es aportado por la materia orgánica del suelo y principalmente se necesita trabajar en ajustar una metodología de diagnóstico certera, que nos permita establecer umbrales de respuesta al agregado de este nutriente como fertilizante.

Implicancia práctica del trabajo

La fertilización nitrogenada es una práctica fundamental para explorar altos rendimientos en el cultivo de cebada forrajera, aun cuando se trabaje en suelos con buena disponibilidad del mismo. Hasta que no se tengan métodos de diagnóstico precisos, el agregado de azufre debería seguir el criterio de suficiencia, en donde se fertiliza lo que el cultivo va a exportar, para evitar que los niveles de este elemento continúen disminuyendo en el suelo.

5. Bibliografía

AIIF. 2002. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (AIIF) “Los fertilizantes y su uso.” Capítulo 2. Pág. 2-5.

Alzueta, I. 2014. Ecofisiología de la generación del rendimiento y la calidad en genotipos de trigo y su comparación con cebada. Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes (ANFFE). 2007. “La importancia de los fertilizantes en una agricultura actual productiva y sustentable.”

Calviño, P. A.; Echeverría H.; Sainz Rozas H. y Redolatti M. 2001. Influencia del cultivo antecesor sobre la respuesta en trigo a la fertilización con azufre. V Congreso Nacional de Trigo. Carlos Paz-Córdoba.

Cárcova J.; Abeledo G. y López Pereira M. 2010. Libro “Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo.” Capítulo 6: análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. Pág. 78-82.

Di Rienzo J.A.; Casanoves F.; Balzarini M.G.; Gonzalez L.; Tablada M. y Robledo C.W. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Dordas, C. 2011. Variation in dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in barley as affected by fertilization, cultivar and source-sink relations. *Eur. J. Agron.* 37:31-42.

Dreccer, M. F.; Ruiz, R. A.; Maddonni, G. A. y Satorre, E. H. 2012. Libro “Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo.” Capítulo 18: Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. Pág. 481-497

Echeverría, H.; Reussi Calvo, N.; Pagani, A. y Fernández, L. 2011. Diagnóstico de deficiencias de azufre en trigo, soja y maíz. La nutrición de cultivos integrada al sistema de producción. Simposio de Fertilidad 2011. IPNI.

Echeverría, H. E. 2002. Exploración de deficiencias de azufre en sistemas productivos del sudeste bonaerense. Boletín Técnico N° 156. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. Pág. 19.

Echeverría, H. E. 2005. Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina. Pág. 139-160.

Echeverría, H. E. y Ferrari J. 1993. Relevamiento de algunas

características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. Boletín técnico N° 112. Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce. Página 18.

Errecart V. 2015. Análisis del mercado mundial de carnes. Escuela de economía y negocios. Universidad Nacional de San Martín.

Ferraris G. N. y Couretot L. A. 2013. Respuesta a la fertilización de cebada cervecera y su comparación con un cultivar de trigo. INTA EEA Pergamino, CRBAN – Campaña 2012/2013

Ferraris, G.N.; Salvagiotti, F.; Prysypa, P. y Gutierrez Boem, F.H. 2004. Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización. En: 19º Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (Paraná, 2004, jun, 22-25) AACs, Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Rios, Argentina. 144 p.

Ferraris, G. N.; Mouselgne, F.; López M. de Sabando; Couretot, L.A. y Urrutia, J. 2010. Dosis y fuentes de nitrógeno – azufre en una secuencia cebada-soja en San Antonio de Areco. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino

Fontanetto, H.; Gambaudo, S.; Keller, O.; Albrecht, J.; Weder, E.; Sillón, M.; Gianinetto, G.; Meroi, G.; Berrone, G.; Meyer, M.; Cánepa, C. y Ruffino, P. 2011. Formas de aplicación, dosis y fuentes nitrogenadas en cebada.

García, F. y Salvagiotti, F. 2009. Eficiencia de uso de nutrientes en sistemas agrícolas del Cono Sur de Latinoamérica. Simposio “Eficiencia de la Utilización de Nutrientes en Sistemas Agrícolas”. XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.

García Nero, F. 2008. Silaje de planta entera de cebada, una alternativa para los tambos. Producir XXI, Buenos Aires; 16, Pág. 58-65.

Golik, S. I.; Chidichimo, H. O.; Pérez, D. y Pane, L. 2003. Acumulación, removilización, absorción post-antesis y eficiencia de utilización de nitrógeno en trigo bajo diferentes labranzas y fertilizaciones.

Johnson, G. V. y Fixen, P. E. 1990. Testing Soils for Sulfur, Boron, Molybdenum, and Chlorine. P 265-273. In: Westerman, R. L. (ed) Soil testing and Plant analysis, Third edition. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.

Lázzari, M. A.; Landriscini, M. A. y Echagüe, M. E. 2005. Patrones de absorción de nitrógeno nativo y del fertilizante en cebada cervecera con

fertilizaciones cercanas a la siembra. LAHBIS, Dto. De Agronomía. Universidad Nacional del Sur y Cerzos (UNS-CONICET). San Andrés 700, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

Maddonni, G. A.; Ruiz, R. A.; Vilariño, P. y García, I. 2012. Libro "Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo." Capítulo 19: Fertilización en los cultivos para grano. Pág. 501-553.

Marino, M. A. y Agnusdei, M. 2009. Nutrición mineral en verdeos y pasturas: manejo de alto impacto productivo. Unidad Integrada: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce.

Martínez, F.; Cordone, G. y García F. 2001. Azufre y otros nutrientes. Trigo: Cuaderno de actualización técnica N° 63. CREA. Pág. 46-51.

Mc Grant, S. P.; Zhao, F. J. y Blake-kalff, M.M.A. 2002. Sulphur in soils: procesos, behaviour and measurement. Proceedings N° 499, International Fertiliser Society, York, UK.

Mestelán, S. y Pazos, S. 1998. Diagnóstico de la disponibilidad de azufre (S) para molisoles del centro de la provincia de Buenos Aires según metodología DRIS y el análisis de la relación N/S en grano en cultivo de trigo. IV Congreso Nacional de Trigo. Mar del Plata, Buenos Aires. Pág. 3 – 39.

Oltjen, J. W. y Bolsen, K. K. 1980. Ensilajes de trigo, cebada, avena y maíz para novillos en crecimiento. Journal of Animal Science. Ed. 51. Pág. 958 -965.

Paruelo, J. M.; Guerschman, J. P. y Verón, S. R. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas con la Agricultura. UBA-CONICET.

Poelhman, J. 1981. Mejoramiento genético de las cosechas.

Reussi Calvo, N. I.; Echeverría, H. E. y Sainz Rozas, H. 2006. Respuesta del cultivo de trigo al agregado de azufre en el sudeste bonaerense. CONICET. Unidad integrada: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce.

Robles, S. R. 1990. Producción de granos y forrajes. 5ta Edición. Editorial Limusa. México.

Romero, L. A. y Mattera J. 2007. Efectos del momento de corte y la fertilización nitrogenada. Trigo para ensilar. Una alternativa para incorporar a la secuencia de cultivos forrajeros.

Salvagiotti F.; Miralles D.; Castellarín J. y Pedrol H. 2004. La fertilización azufrada incrementa la absorción y la eficiencia en el uso del nitrógeno en trigo. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos. Pág. 147.

Salvagiotti, F.; Capurro, J. y Enrico, J. M. 2009. El manejo de la nutrición nitrogenada en soja. Para mejorar la producción, N° 42. INTA. EEA Oliveros.

Satorre, E. H. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. FAUBA Digital. Volumen 15, N° 87.

Serrano, L.; Filella, I. y Peñuelas, J. 2000. Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. *Crop Sci.* 40, 723-731.

Vera Nuñez, J. A.; Grageda Cabrera, O. A.; Vuelvas Cisneros, M. A. y Peña Cabriales, J. J. 2002. Absorción de nitrógeno por el cultivo de cebada en relación con la disponibilidad de agua en "El Bajío" Guanajuato México. *Terra Latin-American* 20:57-64.

Warren, H. L. y Martin, J. H. 1970. Cultivos de cereales. 4ta reimpresión. The McMillon. Londres, Inglaterra. Ed. 8. Pág. 478 – 543.

Zapiain Aispuru, M. 2003. Los límites del crecimiento: informe al club de Roma sobre el predicamento de la Humanidad. Reseña: Meadows D.H.; Meadows D.L.; Randers J y Behrens W. (1972).