

**RESPUESTA AL NITRÓGENO Y A LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN CULTIVARES
MODERNOS DE TRIGO PAN (*Triticum aestivum*. L.)**

Trabajo Final de Grado

del alumno



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

Junín, 22 de Julio de 2024.

**RESPUESTA AL NITRÓGENO Y A LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN CULTIVARES
MODERNOS DE TRIGO PAN (*Triticum aestivum*. L.)**

Trabajo Final de Grado
del alumno

AGUSTÍN CAUDA

Aprobada por el Tribunal Evaluador

Facundo Curin
Evaluador

Nicole Pretini
Evaluadora

Ignacio Terrile
Evaluador

Fernanda Gabriela
Gonzalez
Directora

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

Junín, 22 de Julio de 2024.

1. Introducción

1.1. Contexto internacional y nacional

La producción de cultivos de grano tiene un papel preponderante en la actividad agrícola mundial. Con el crecimiento de la población humana, la demanda por los cultivos de cereales y oleaginosas aumentó, llevándolos a ocupar la mayor parte de la superficie sembrada en las áreas más productivas del mundo.

En la Argentina, la agricultura de la Región Pampeana y extra-pampeana ha experimentado grandes cambios en los últimos 30 años. Entre los más importantes, la producción de cereales de verano ha sido reemplazada por la vertiginosa introducción de cultivos de oleaginosos estivales, como la soja. La producción del país se incrementó de la mano de esta oleaginosa a través de un aumento del área sembrada y también de una mejora de la productividad por unidad de superficie. En este marco, durante los años ochenta y comienzos de los años noventa la agricultura fue enriqueciéndose con bases científicas que permitieron explorar una gran diversidad de aspectos de los cultivos. Del manejo del cultivo a escala regional, se pasó al manejo de cultivo en escala de lote o variedad, según el componente de interacción que más influyera en las decisiones (Satorre *et al.*, 2018). La aplicación de los avances obtenidos en mejoramiento genético, prácticas de rotación de cultivos y la incorporación a escala de fertilizantes permitieron sostener la productividad por unidad de área (Alvarez *et al.*, 2013). Los cultivos invierno-primaverales como el trigo, en cambio, no tuvieron grandes modificaciones en la superficie bajo siembra, aunque sí registró un continuo crecimiento de la producción y rendimiento (Figura1).

El trigo pan (*Triticum aestivum* L) es uno de los principales cereales que abastecen la demanda mundial de alimentos ya que provee el 20% de las calorías en la dieta humana, siendo así clave su producción para asegurar un estándar razonable de seguridad alimentaria (Chand, 2009). Argentina produce alrededor de 20 Mt de trigo (datosestimaciones.magyp.gob.ar), aproximadamente 2% de la producción mundial (Figura 1), de los cuales 6 a 7 Mt es para consumo interno y el resto saldo exportable. El incremento en la demanda esperada a nivel mundial debido al incremento poblacional, y

actualmente debido a la guerra entre Ucrania y Rusia, implica una gran oportunidad para un país exportador como el nuestro.

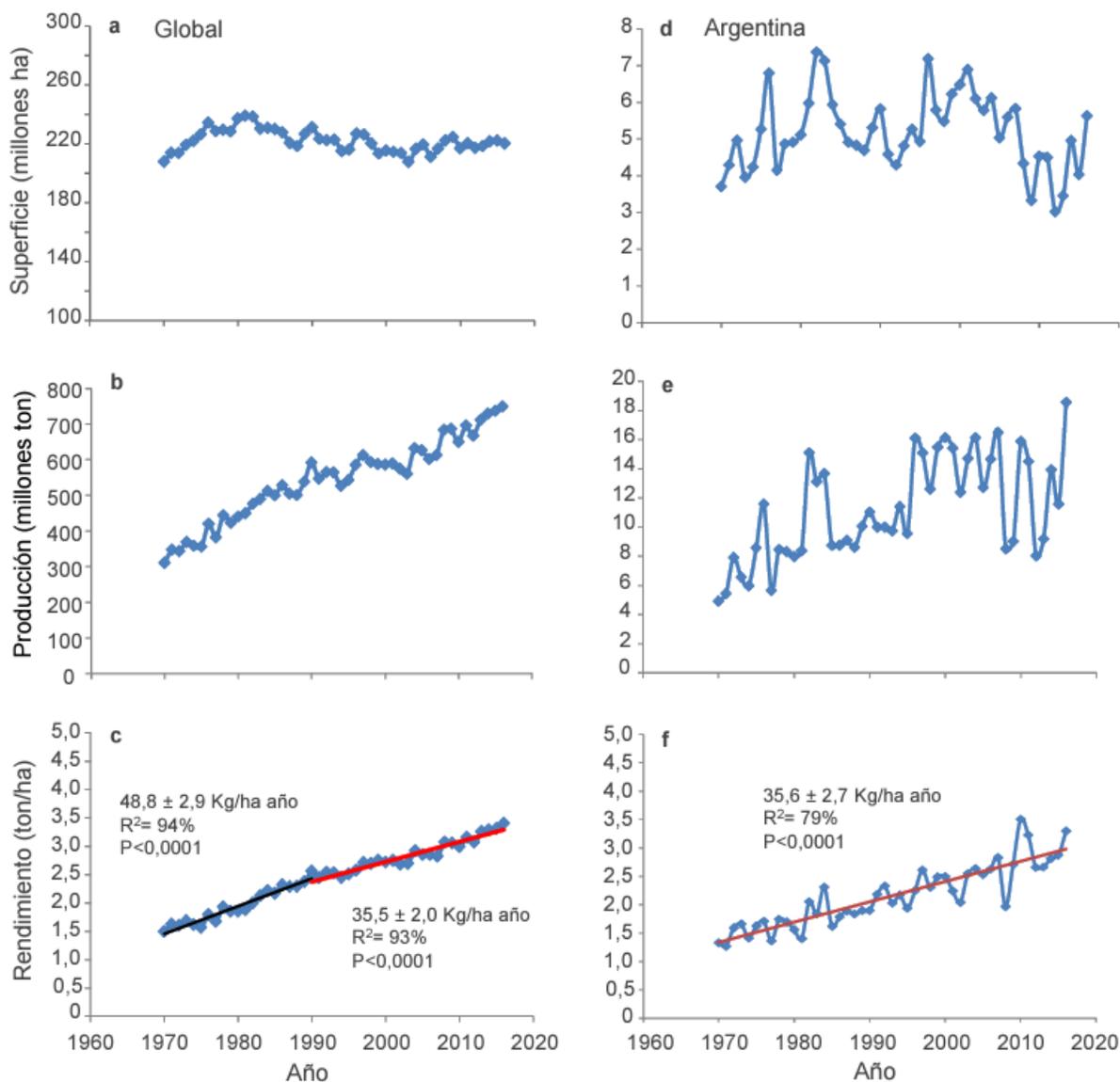


Figura 1: Evolución de la superficie (a), producción (b) y rendimientos globales (c), y las mismas variables para Argentina (d, e y f). González et al. 2018.

Gran parte de la producción nacional se obtiene en la Región Pampeana, una de las zonas productoras más importantes del mundo (Hall *et al.*, 1992). Dentro de dicha región la provincia de Buenos Aires aporta el 57% de la producción nacional. El Noroeste bonaerense es una de las subregiones más productivas (Pampa ondulada), aportando el

11% de la producción nacional. El rendimiento promedio de Argentina ronda las 3 t ha⁻¹, siendo la productividad potencial mucho mayor (Aramburu Merlos *et al.*, 2015). Para la región Pampeana, la brecha entre el rendimiento potencial limitado por agua (es decir bajo secano) y el rendimiento el real obtenido por el productor ronda 30-40% (Aramburu Merlos, 2015). Las prácticas de manejo utilizadas, entre ellas, la elección de los cultivares (y con ellos la fecha de siembra óptima), la fertilización y la densidad de siembra ayudan a achicar dicha brecha.

1.2 Generación de rendimiento

Los componentes más relevantes de la generación del rendimiento son el número de granos por m² (NG) y el peso medio de mil granos (PG₁₀₀₀). El NG resulta de la relación entre el número de granos por espiga y la cantidad de espigas por m². A fines de macollaje, el número potencial de espigas es muy elevado, pero sólo una cantidad reducida pasan a ser efectivamente macollos reproductivos durante el último tercio de la encañazón. En forma simultánea, muchas de las flores diferenciadas dentro de cada espiga detienen su desarrollo, llegando al estado de flor fértil entre 40 y 50% de las mismas (González *et al.*, 2011 y referencias allí citadas). Este período previo a floración es crítico para determinar el número de granos por m². Este período se prolonga 10 días post-floración, abarcando el cuaje de granos donde tiene lugar una división celular activa en la cual se define el número de células endospermáticas y así el peso potencial del grano. Una vez finalizada esta etapa, queda establecido el componente principal del rendimiento NG (Brocklehurst, 1977; Fischer, 1985).

A pesar de que el NG es el que mejor explica el rendimiento, el PG₁₀₀₀ puede afectar el rendimiento final del cultivo de trigo. Dicho componente es determinado por la tasa de acumulación de materia seca y la duración del periodo de llenado. La principal fuente de asimilados para el llenado de granos es la fotosíntesis entre floración y madurez fisiológica. Además, se estima que más del 30% del PG₁₀₀₀ se aporta por removilización, cifra que puede verse incrementada por limitaciones en la capacidad fotosintética del cultivo.

1.3. Uso de fertilizantes y balance de nutrientes en el mundo y en Argentina.

En Argentina la agricultura se desarrolló prácticamente sin utilización de fertilizantes hasta 1990, en contraposición a lo que ocurrió en muchos países productores de alimentos, donde la fertilización era una práctica habitual. Esto se ha atribuido generalmente al alto nivel de fertilidad de los suelos pampeanos y la rotación de periodos agrícolas con periodos de pasturas con leguminosas (Álvarez *et al.*, 2000). A nivel mundial el nutriente consumido en mayor escala es el nitrógeno.

Las relaciones aplicación/extracción en grano de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) para los cuatro principales cultivos (soja, maíz, trigo y girasol) han mejorado durante los últimos años, pero los balances de nutrientes siguen siendo negativos. Existe un balance negativo de los nutrientes del suelo debido a las bajas tasas de reposición, lo cual determina un creciente empobrecimiento en N, P, K, S y Ca, entre otros elementos esenciales suministrados por el suelo que también son exportados en los granos en distintas cantidades (Cruzate y Casas, 2017).

El balance de nutriente se calcula a partir de las entradas y salidas al sistema suelo-planta en un periodo determinado de tiempo. Las entradas son los aportes por fertilizantes, fijación biológica y abonos, mientras que la salida se estima a partir de la exportación del nutriente en el producto cosechable (Álvarez *et al.*, 2013).

La disponibilidad de nutrientes durante el ciclo del cultivo, afecta los procesos que regulan el crecimiento, generación del rendimiento y la calidad de los granos. Los nutrientes tienen influencia directa sobre procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas. Además, afectan directamente la generación de biomasa, con un efecto menos significativo sobre el índice de cosecha (Satorre *et al.*, 2018; Ferraris, 2009).

Dentro de los más relevantes, el nitrógeno (N) es el más importante entre los nutrientes esenciales de los cultivos, por su rol en los sistemas biológicos, la complejidad de su ciclo y su participación en los sistemas de producción. Es el elemento que más comúnmente limita la producción de los cultivos de grano (Satorre *et al.*, 2018). El nitrógeno afecta el rendimiento del cultivo a través de la generación del área foliar, afectando de esta manera la captura de radiación y la tasa de crecimiento del cultivo. También puede modificar la eficiencia con la cual la radiación capturada es transformada en biomasa (eficiencia del

uso de la radiación). La respuesta a la fertilización se relaciona en forma directa con la demanda del nutriente, la cual se incrementa al aumentar el rendimiento potencial. Es por ello que en aquellas regiones donde el cultivo presenta frecuentes limitaciones a la productividad, como altas temperaturas, baja latitud, presencia de horizonte calcáreo a poca profundidad, se utilicen bajas dosis de fertilizante nitrogenado. Dicha respuesta del rendimiento a la fertilización nitrogenada es asintótica, existiendo una dosis óptima económica. Es importante ajustar dicha dosis para los nuevos materiales genéticos liberados al mercado, considerando el alto costo del fertilizante en Argentina (Ciampitti y García, 2007). En general, hace algunos años atrás, se consideraba que para maximizar el rendimiento en secano en la Pampa Ondulada debía llevarse el N del suelo a 120 kg N/ha. Sin embargo, es probable que, con la liberación de materiales de mayor rendimiento potencial, dicho valor haya aumentado.

La fertilización modifica no sólo el rendimiento, sino también el porcentaje de proteína en grano, el cual suele tener un valor de saturación de respuesta superior al valor del rendimiento. Muchas veces suele observarse una relación negativa entre el rendimiento y el porcentaje de proteína, particularmente cuando la dosis de N es baja en relación al rendimiento obtenido.

La eficiencia de uso de nitrógeno muestra el rendimiento de grano producido (Kg ha^{-1}) por unidad de nitrógeno disponible del suelo y fertilizante ($N_{\text{suelo}} + N_{\text{fertilizante}}$) (Moll *et al.*, 1982).

1.4. Densidad del cultivo

La densidad de siembra es una de las prácticas de manejo que determina la capacidad del cultivo de captar recursos, pudiendo llegar a afectar de manera importante la captura y utilización de radiación, agua y nutrientes. La elección de la densidad debe garantizar cobertura vegetal uniforme y elevadas desde etapas tempranas y, especialmente, en los periodos críticos del ciclo del cultivo.

La competencia es el proceso de mayor importancia en la regulación de las respuestas del cultivo a la densidad. La competencia es el proceso a través del cual las plantas comparten recursos que están provistos en forma insuficiente para satisfacer su demanda

combinada, causando reducción en la supervivencia, crecimiento y rendimiento de las plantas individuales del cultivo o de su fecundidad. Sin embargo, un cultivo creciendo en condiciones de elevada competencia a partir de una correcta elección de densidad de siembra, maximiza la utilización de los recursos por unidad de área y su rendimiento. (Guglielmini *et al.*, 2000).

La densidad de plantas puede afectar principalmente la radiación interceptada, a través de la posibilidad de lograr mayores coberturas tempranas en el ciclo del cultivo o mayores valores totales de intercepción. Dicha densidad de siembra debería buscar el máximo aprovechamiento de los recursos, para asegurar la mayor productividad del cultivo. La densidad óptima económica es definida como la densidad en la que se obtienen los máximos rendimientos económicos (Arias *et al.*, 1994). En el caso del trigo, la respuesta a la densidad depende de las características del cultivar y el ambiente. Los rendimientos individuales caen marcadamente con el aumento de la densidad, pero debido a la plasticidad fenotípica y a la capacidad compensatoria del trigo, los rendimientos por unidad de área suelen ser constantes en un amplio rango de densidades. Si bien el trigo posee una respuesta del rendimiento a la densidad de tipo asintótica, pequeños ajustes en densidad de siembra, acorde a las características de macollaje propias de cada cultivar, y del ambiente productivo, pueden también impactar en el rendimiento, particularmente en cultivares con poca capacidad de macollaje sembrados en el límite inferior de densidad.

Palabras claves: rendimiento, proteína, densidad, nitrógeno, trigo.

2. Hipótesis:

Los cultivares modernos de trigo presentan diferencia de rendimiento y porcentaje de proteína entre tratamientos de nutrición nitrogenada superiores a 120 kgN/ha, mientras que no responden a variaciones pequeñas de la densidad de siembra.

3. Objetivos:

3.1 Objetivo general:

Estudiar, a nivel de productor, el impacto sobre el rendimiento y porcentaje de proteína del ajuste fino de dos variables de manejo (disponibilidad de N en el suelo y densidad de siembra) en dos cultivares de trigo modernos (uno de ciclo corto y otro de ciclo largo)

3.2 Objetivos específicos:

- a) Determinar la respuesta del rendimiento y sus componentes numéricos (número de granos m^{-2} , peso de grano, número de espigas m^{-2} y número de granos espiga $^{-1}$) a la combinación de diferente disponibilidad de N en el suelo y densidades de siembra.
- b) Determinar la EUN en los diferentes niveles de N y densidades de siembra
- c) Determinar la respuesta del porcentaje de proteína a la fertilización nitrogenada y establecer su relación con el rendimiento alcanzado.

4. Materiales y métodos

4.1 Generalidades, tratamientos y diseño experimental

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento Don Santiago, ubicado en la Ruta Nacional 7, KM 228, Chacabuco, Provincia Buenos Aires. El mismo se encuentra a 20 km de la ciudad de Chacabuco y 30 km de la ciudad de Junín, siendo sus coordenadas geográficas 34°38'30.38"S y 60°39'20.37"O.

Las variedades utilizadas pertenecen a la empresa Buck Semillas: Buck Destello, ciclo largo y Buck Fulgor, ciclo corto. El primero fue sembrado 2/6/2021 y el segundo 22/6/2021.

Previo a la siembra, se realizó un análisis de suelo para el diagnóstico del contenido de nitrógeno (0-60cm, NO₃) y fósforo (0-20cm P₂O₅) (Tabla 1). El N-NO₃ totalizó 42,7 kgN/ha, mientras que el P disponible se encontró por debajo de las 20 ppm. El lote destinado a los ensayos fue utilizado con una soja de primera la cual fue cosechada en el mes de abril. En dicho lote, se realizó un barbecho químico corto previo a la siembra con los siguientes herbicidas: Picloram 150 cc/ha, Glifosato 2.5 lt/ha y Flumioxazin 1.1 lt/ha. Además, se realizó una fertilización al voleo con 150 Kg ha⁻¹ de SPS (superfosfato simple).

Tabla 1: Resultados de análisis de suelo.

Análisis de suelo en pre-siembra	MO (%)	3,57
	P disp (ppm)	14,26
	N-NO (kg/ha) 0-20 cm	19,98
	N-NO (kg/ha) 20-40 cm	17,14
	N-NO (kg/ha) 40-60 cm	5,6
	PH 1:2,5 (agua)	5,61

Se trabajo con tres niveles de N y tres densidades, para cada cultivar. El N0 hace referencia a la fertilización de base, donde se llevó a todos los bloques a una misma dosis de 120 Kg N ha⁻¹ (Nsuelo + Nsiembra). Los 120 Kg N ha⁻¹ fueron aportados por la Urea y MAP. Luego en N1 y N2 se incorporaron 50 Kg ha⁻¹ N y 100 Kg ha⁻¹ N respectivamente en estado de macollaje (Z2.0 Escala Zadoks *et al.*, 1974) del cultivo. Se utilizo fertilizante liquido SolMix. En la siembra se utilizó 100 Kg ha⁻¹ de MAP (fosfato monoamónico) como arrancador fosforado. En lo que respecta de la densidad, se tomaron tres diferentes densidades. Una recomendada por la empresa D1, la siguiente D2 con -20% y por último D3 con +20% de la cantidad inicial. La densidad recomendada (D1) por la empresa Buck es de 220 plantas m⁻², siendo D2 170 plantas m⁻² y D3 270 plantas m⁻².

El ensayo se realizó en parcelas divididas en bloques con dos repeticiones con ambas variedades de trigo, los cuales se sembraron en parcelas de 6.5 metros de ancho por 30 metros de largo (195 m² por parcela). La siembra se llevó a cabo con una sembradora convencional, la cual posee 6,5 m de ancho y 0,26 m de distanciamiento entre surco. Fue utilizado el sistema de siembra directa.

El ensayo se mantuvo libre de malezas e insectos durante todo el ciclo del cultivo. Se encontró presencia de Roya Amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*) en estado vaina

engrosada (Z4.5 Escala Zadoks *et al.*, 1974), con una incidencia de 10-15%. Para su control se utilizó un fungicida de la familia de las Carboxamida (Propiconazole + Benzovindiflupir + Pydiflumetofen). Además, a final del ciclo del cultivo se encontró Roya Negra o del Tallo (*Puccinia graminis f. sp. tritici*). La presencia de síntomas se vio en estado de grano pastoso (Z8.0 Escala Zadoks *et al.*, 1974) pero no se tomó ninguna medida de control porque el cultivo ya estaba por terminar su ciclo.

La recolección de datos meteorológicos fue tomada de la estación meteorológica más cerca al establecimiento, el aeroparque de Junín, Provincia de Buenos Aires. Los datos se tomaron durante todo el ciclo del cultivo. Además, se midió el nivel freático con freatómetro que se encuentra en el establecimiento. Los resultados obtenidos no fueron de consideración debido a que el nivel se encontraba a 3,5 m el cual no posee aporte para el cultivo.

4.2 Mediciones y análisis

En la emergencia del cultivo (Z1.0 Escala Zadoks *et al.*, 1974) se contó el número de plántulas emergidas en 3,85 m lineales, de forma de certificar que los tratamientos de densidad de siembra fueron bien establecidos. Para determinar el número de espigas m², cuando el cultivo alcanzó la espigazón (Z 7.0 Escala Zadoks *et al.*, 1974), se contó el número de espigas presentes por metro lineal, en 4 m lineales dentro de cada parcela.

La cosecha se realizó el 9 de diciembre con una cosechadora convencional. Para poder calcular el rendimiento con mayor exactitud, se utilizó una balanza con un error de +/- 1 kg de precisión. Se midió la humedad de los granos a cosecha y luego se corrigió a humedad relativa del 14%.

Para calcular el peso de mil granos (PG₁₀₀₀) se utilizó un contador automático de granos, contando los granos presentes en 4 gramos de sub-muestra. Una vez obtenido el PG₁₀₀₀ granos se determinó el NG como la relación entre el rendimiento y el PG₁₀₀₀.

La proteína en grano fue calculada a través de espectroscopía, utilizando un equipo de análisis de infrarrojo cercano (Near InfraRed spectroscopy, NIR, por su sigla en inglés), disponible en la EEA Pergamino.

Para caracterizar el ambiente, el agua disponible para las plantas almacenada en el suelo hasta 2,1m de profundidad se midió al momento de la siembra del ciclo largo. Este procedimiento se realizó con un barreno de 2,1 m, del cual se tomaron muestras cada 0,3 m. A partir de las mediciones de agua en el suelo y las lluvias se estimó la oferta de agua disponible para el cultivo.

Además de los datos de Agua Útil (AU, mm) y precipitaciones (PP, mm), se obtuvieron datos de Evapotranspiración (ET₀, mm). Estos datos permiten realizar un balance hídrico, para estimar si hubo suficiente agua para cubrir la demanda del cultivo.

Balance Hídrico: $PP + AU - Et_0$

La demanda atmosférica (ET₀) se calculó utilizando la fórmula de Hargreaves y Allen (2003).

Respecto a la fertilización nitrogenada, se calculó la EUN como:

- EUN: Rendimiento (kg/ha) / Nitrógeno disponible kg/ha (suelo + fertilizante).

Los datos se analizaron utilizando ANVA, test de comparación de medias de LSD Fisher con $\alpha=0.05$. La relación entre variables se estableció por medio de regresiones lineales. En todos los casos se trabajó con el software InfoStat/L (Di Rienzo *et al.*, 2019)

5. Resultados

5.1 Condiciones climáticas

Durante la siembra del cultivo, no se encontraron grandes deficiencias de agua acumulada, lo que demostró una buena emergencia del mismo. Durante la implantación, las condiciones de agua útil fueron considerables debido a que en el perfil se encontraban 146,3 mm acumulados (Figura 1), representando un 41% del agua total que puede almacenar dicho suelo. Luego, la escasez de precipitaciones se evidenció en los dos primeros meses de implantación.

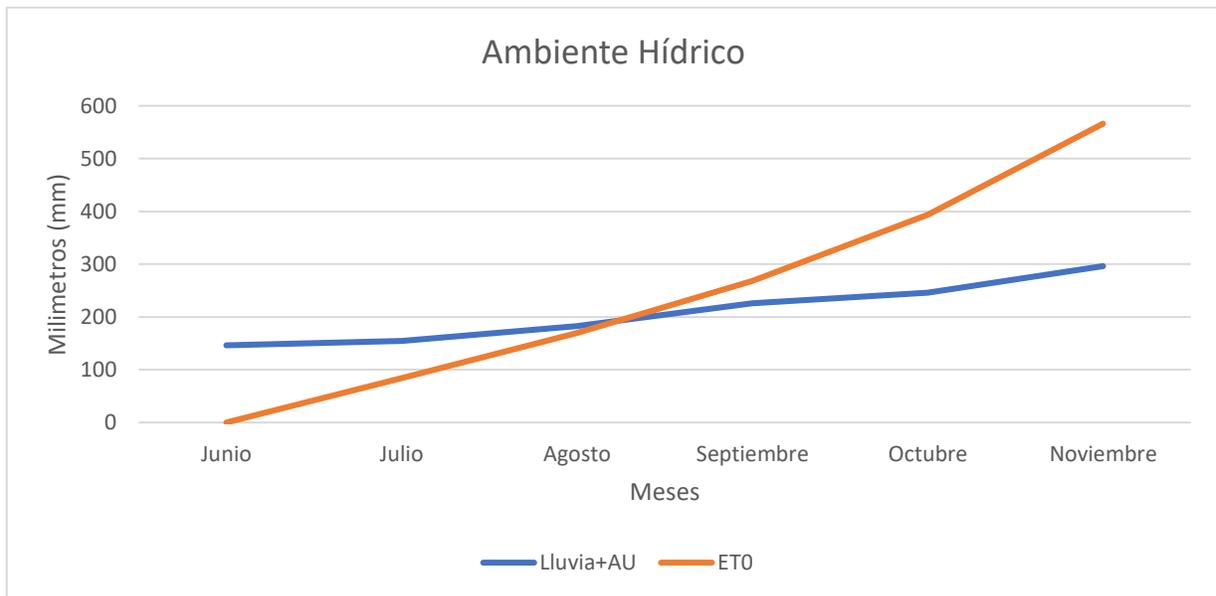


Figura 1: Disponibilidad de agua (lluvia + agua útil en el suelo a la siembra) y demanda atmosférica (ET0) en milímetros (mm) en el establecimiento.

En el balance de agua se pudo encontrar la posible presencia de déficit hídrico en la totalidad del ciclo del cultivo. La principal razón es el aumento de evapotranspiración potencial de referencia que aumenta a medida que transcurre el ciclo del cultivo debido al aumento de la temperatura y radiación solar (Satorre *et al.* 2018) y a la escasez de lluvias.

Respecto a las temperaturas (Figura 2), cerca de la floración de los dos cultivares la temperatura máxima superó los 30°C. Dicha temperatura puede haber afectado la viabilidad el polen y de las flores dentro de las espigas (Vara Prasad y Djanaguiraman, 2014).

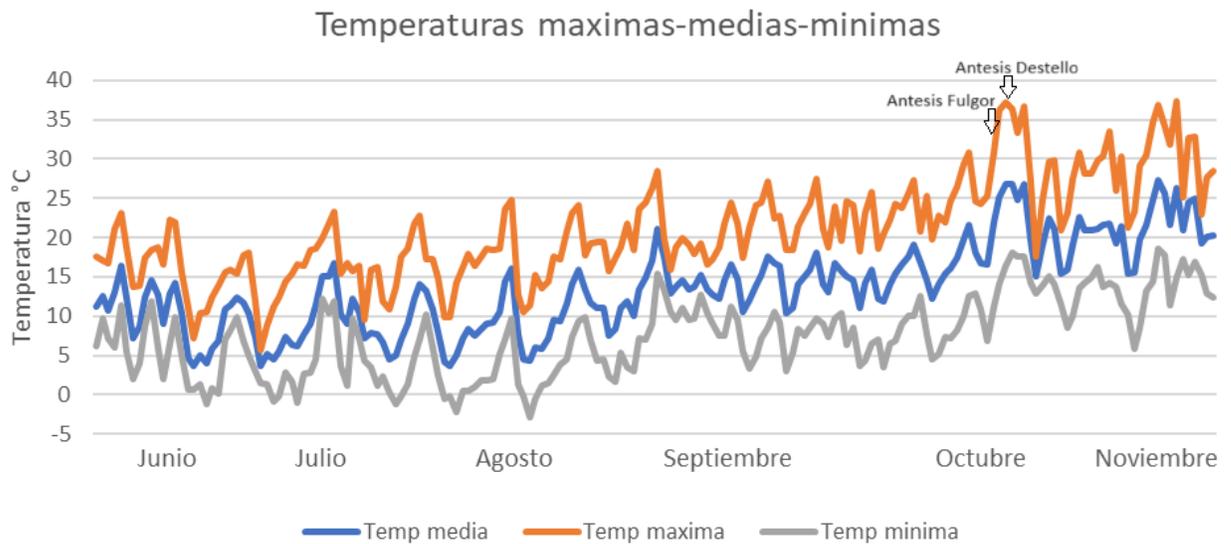


Figura 2: Temperaturas máximas, medias y mínimas. Dichas temperaturas fueron tomadas de la localidad más cercana al establecimiento, Junín-Buenos Aires. Se muestra antesis de Fulgor y Destello.

5.2 Rendimiento

La variabilidad del rendimiento en Destello estuvo fuertemente asociada a la fertilización nitrogenada (39,4% de la Suma de Cuadrado total del ANVA), explicando la densidad y la interacción densidad x Nitrógeno una baja proporción (Figura 3). Notoriamente, el 50% de la variabilidad de rendimiento estuvo asociada a variables no considerados en el ANVA.

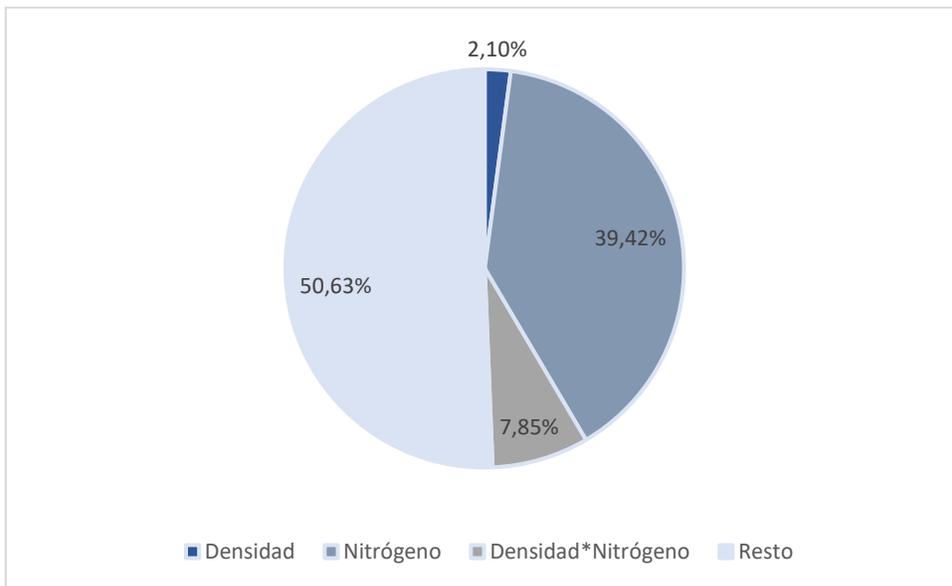


Figura 3: Porcentaje de la SC total en relación al rendimiento explicado por las diferentes fuentes de variación consideradas en el ANVA en Destello.

En forma similar, en la variedad Fulgor gran variabilidad de la SC estuvo explicada por la variable Nitrógeno (48,02% de la SC total), observándose también un reducido impacto de la densidad y Densidad*Nitrógeno (Figura 4). En el caso de esta variedad, el nitrógeno explicó un 10% más de la variabilidad del rendimiento comparado con Destello.

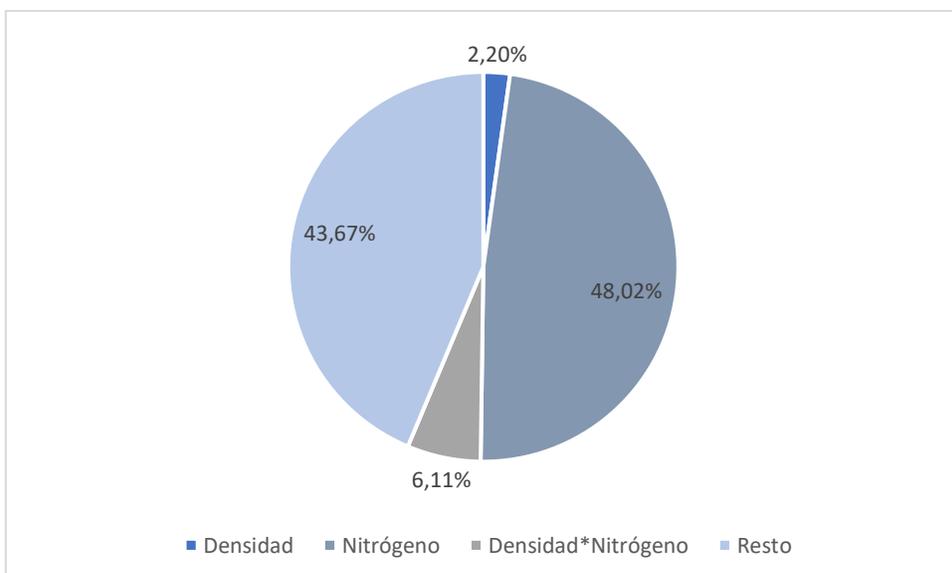


Figura 4: Porcentaje de la SC total en relación al rendimiento explicado por las diferentes fuentes de variación incluidas en el ANVA en Fulgor.

La variedad Fulgor presento, en general, mayores rendimientos promedios que la variedad Destello (Figuras 5 y 6). Esto puede ser consecuencia de que una de ellas se vio beneficiada debido a que pudo escapar a una adversidad ambiental por el hecho de que no coincidió con la floración. En el caso de la variedad de ciclo largo, Destello, sembrada con anterioridad, sufrió un golpe de calor en el mes de octubre, con temperatura cercana a los 36 °C durante prefloración (figura 2). Este suceso, produjo aborto de flores el cual se vio reflejado en el número de granos. En cambio, la floración de la variedad restante perteneciente a un ciclo corto, Fulgor, se dio unos días antes, exponiendo el período de cuaje a la alta temperatura. Dado que prefloración es más susceptible a alta temperatura que el período de cuaje (Vara Prasad y Djanaguiraman, 2014), la alta temperatura podría explicar parte de la diferencia en rendimiento entre el ciclo largo y corto.

Si bien no hubo diferencias significativas entre tratamientos para la variedad Destello ($p > 0.05$, Tabla 2), se observó una variación en los rendimientos entre 5275-5743 Kg ha⁻¹ (Figura 6), posicionando al rendimiento más alto 468 Kg ha⁻¹ por encima del inferior. En cambio, los rendimientos de Fulgor presentaron mayor oscilación, entre 5764 y 6487 Kg ha⁻¹, significativamente asociada ($p < 0.05$) a la fertilización con Nitrógeno, siendo el rendimiento más alto 732 Kg ha⁻¹ superior al inferior (Figura 7).

Tabla 2: Valor p- de las fuentes de variación: densidad-nitrógeno-densidad*nitrógeno de ANVA para rendimiento, NG (número de granos por m²), PG₁₀₀₀ (peso de granos), Nesp m⁻² (número de espigas por metro cuadrado), NGEsp⁻² (número de granos por espiga), EUNa (eficiencia del uso del nitrógeno agronómica) y porcentaje de proteína en grano.

Genotipo	Fuentes de variación	Rendimiento	NG	PG ₁₀₀₀	Nesp m ⁻²	NGEsp ⁻²	EUN	%Proteína
Destello (CL)	Densidad	0,47	0,05	0,05	0,01	0,00	0,51	0,16
	Nitrogeno	0,13	0,29	0,81	0,04	0,11	0,15	0,00
	Densidad * Nitrogeno	0,87	0,90	0,52	0,21	0,09	0,87	0,40
Fulgor (CC)	Densidad	0,85	0,71	0,25	0,06	0,11	0,85	0,09
	Nitrogeno	0,05	0,00	0,29	0,20	0,01	0,05	0,00
	Densidad * Nitrogeno	0,86	0,46	0,38	0,17	0,06	0,84	0,24

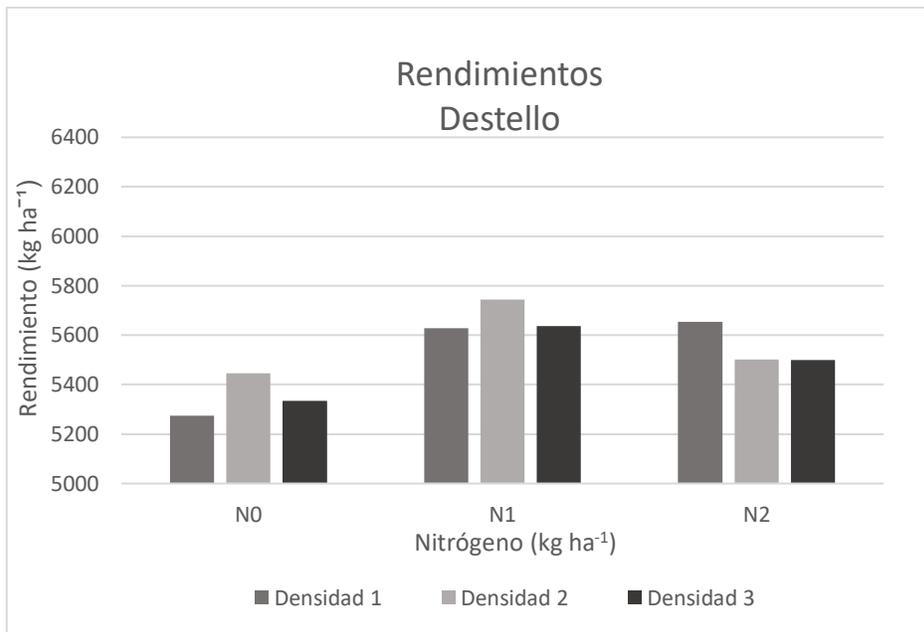


Figura 5: Rendimientos promedios vs Nitrógeno con todas sus densidades de siembra. N0: 120 Kg N ha⁻¹ – N1: 170 Kg N ha⁻¹ – N2: 220 Kg N ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻² – D2: 170 PI m⁻²– D3: 270 PI m⁻².

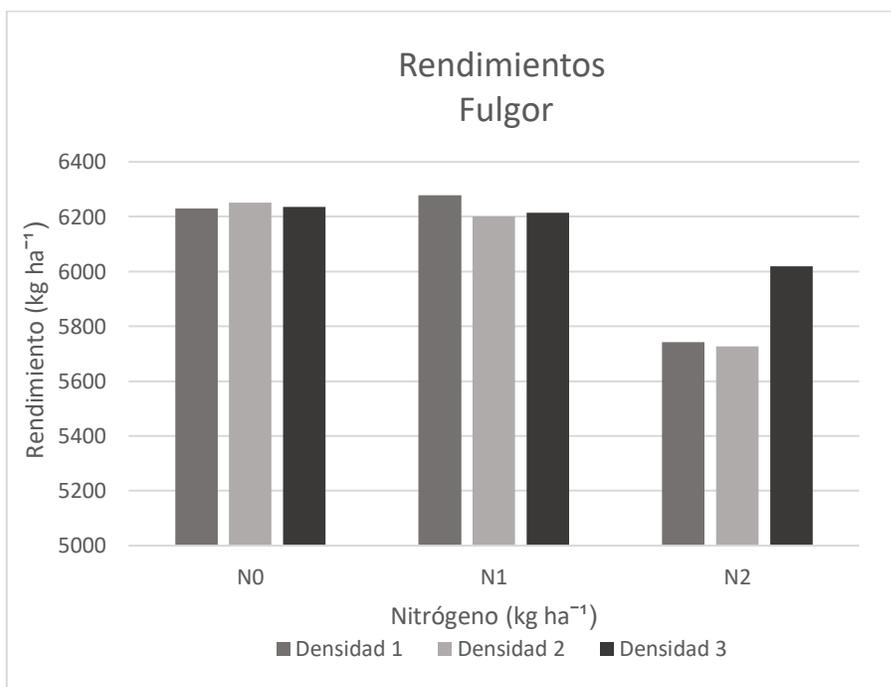


Figura 6: Rendimientos promedios vs Nitrógeno con todas sus densidades de siembra. N0: 120 Kg N ha⁻¹ – N1: 170 Kg N ha⁻¹ – N2: 220 Kg N ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻² – D2: 170 PI m⁻²– D3: 270 PI m⁻².

Fulgor presentó diferencia significativa sólo en los tratamientos de Nitrógeno, por lo cual se realizó una prueba LSD de Fischer ($\alpha=0,05$) para comparar los rendimientos promedios de dichos tratamientos (Figura 7). Los rendimientos promedios para N2 fueron los más bajos observados, posicionándose 410 Kg ha⁻¹ por debajo del promedio mayor, siendo significativamente diferente a los dos tratamientos restantes. Tanto N0 como N1 oscilaron en rendimientos similares con 6239 Kg ha⁻¹ y 6230 Kg ha⁻¹ respectivamente (Figura 7). Estos resultados son contrarios a lo esperado, pudiendo estar asociados tal vez a un mayor consumo de agua inicial en esta mayor dosis de nitrógeno (N2), disminuyendo la cantidad de agua disponible para etapas reproductivas y formación de rendimiento (Passioura, 1996). Es importante notar que el año de estudio, con 150 mm de lluvia, se podría clasificar como seco, puesto que la precipitación promedio de la zona es de 400 mm (últimos 20 años).

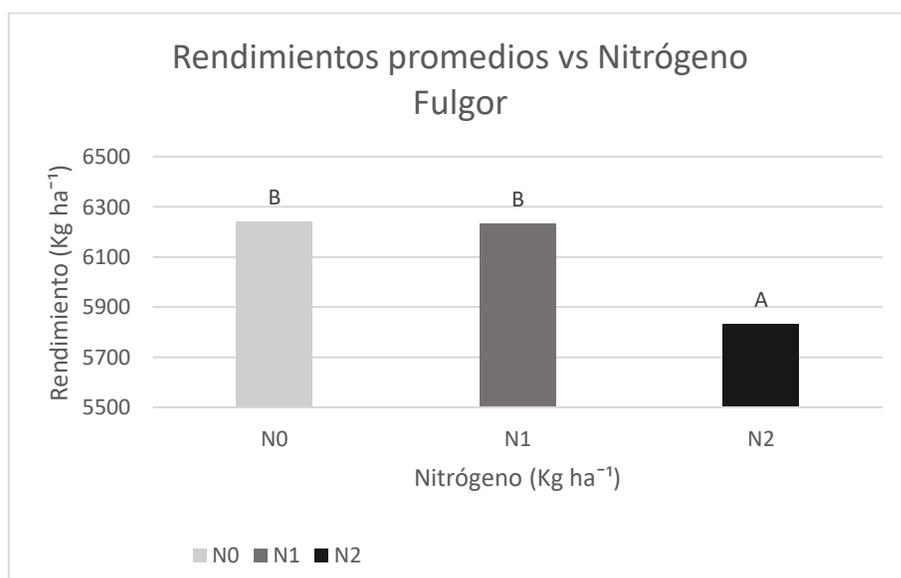


Figura 7: Rendimiento Kg ha⁻¹ promedios vs Nitrógeno Kg ha⁻¹. N0: 120 Kg N ha⁻¹ – N1: 170 Kg N ha⁻¹ – N2: 220 Kg N ha⁻¹. LSD Fisher ($\alpha=0,05$). Las letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de cada tratamiento de N.

Para ninguno de los cultivares se observó respuesta a la densidad, coincidiendo con reportes previos (Satorre *et al.*, 2018, Fischer *et al.*, 2019).

5.3 Componentes

Las variaciones en rendimiento estuvieron asociadas en ambas variedades al NG (Figuras 8 y 9), siendo similar la relación en Destello y en Fulgor ($R^2=0,76$ vs $R^2 =0,75$, respectivamente). Estos resultados coinciden con lo observado en trabajos previos donde se realizaron tratamientos de fertilización diferentes previo a macollaje (Fischer, 1993, Ferraris, 2015).

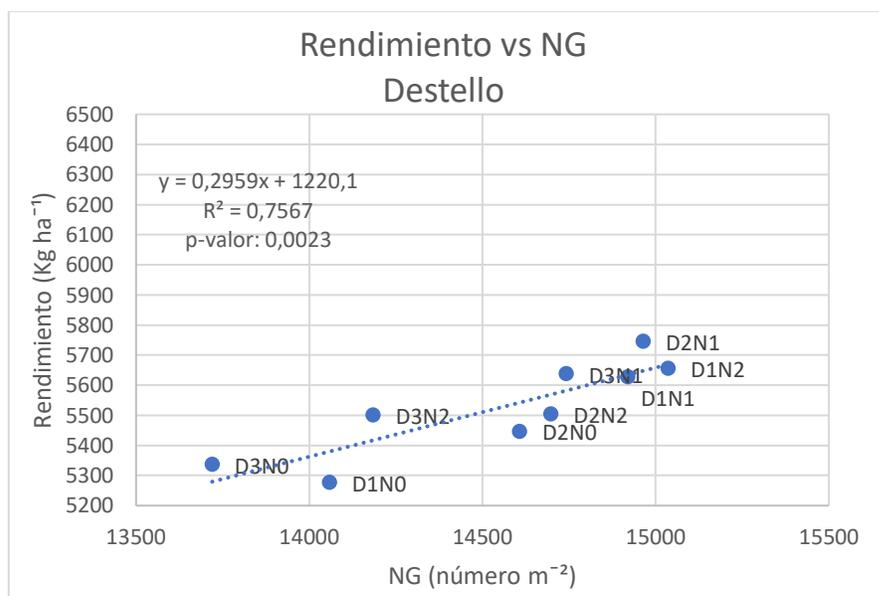


Figura 8: Rendimiento vs NG promedio (número de granos por unidad de superficie).

N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

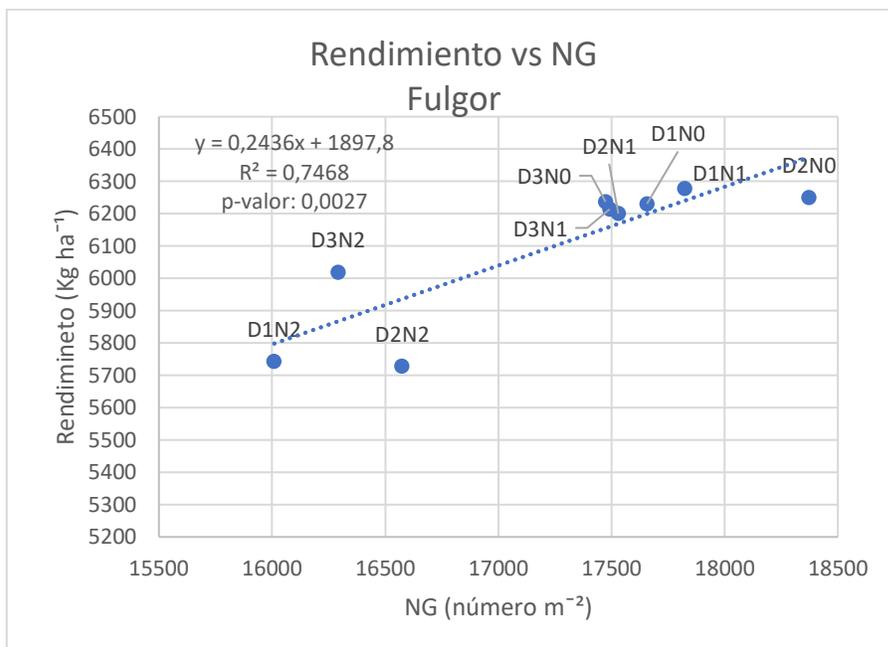


Figura 9: Rendimiento vs NG promedio (número de granos por unidad de superficie).

N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

En forma contraria, no se observó relación entre el Rendimiento y el PG₁₀₀₀, en ninguna de las dos variedades (Figuras 10 y 11). Estos resultados coinciden con resultados previos, donde se ha observado una mejor relación del rendimiento con el NG que con el PG₁₀₀₀ (Satorre *et al.*, 2018).

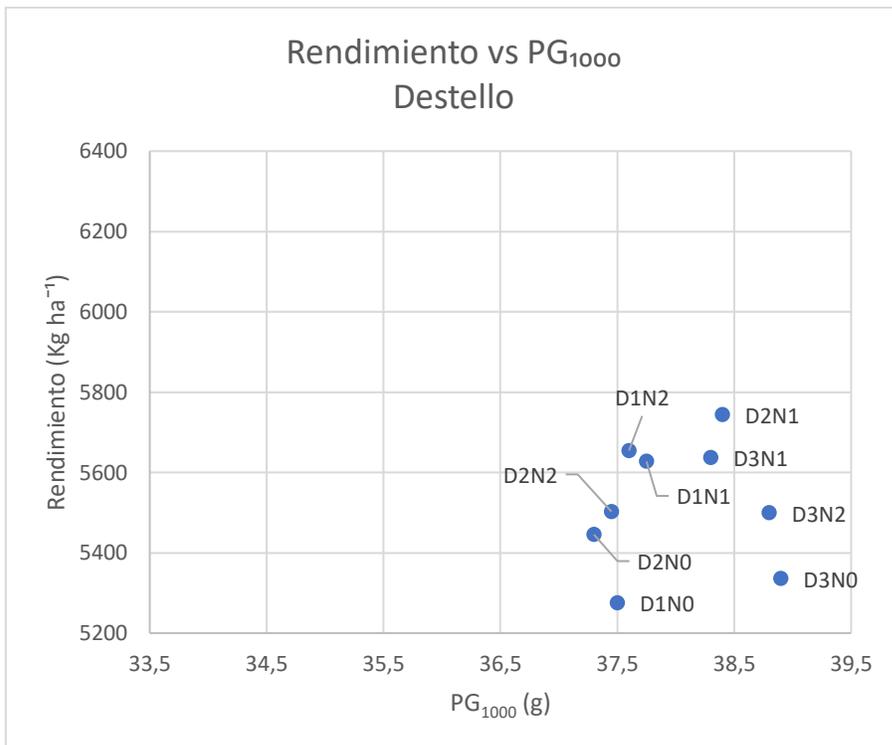


Figura 10: Rendimiento vs peso de mil granos (PG₁₀₀₀) en Destello. N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

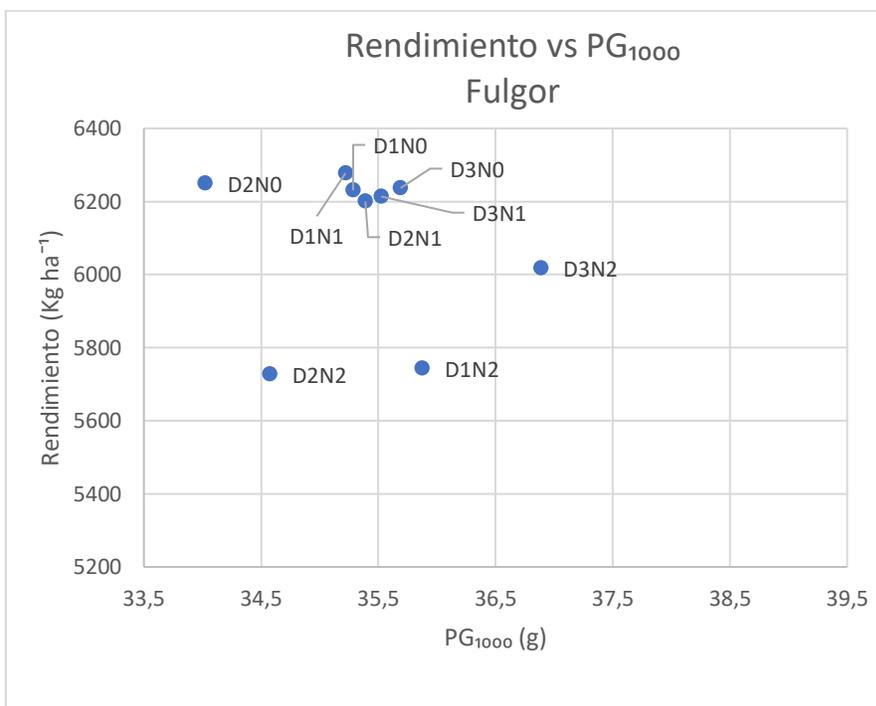


Figura 11: Rendimiento vs peso de mil granos (PG₁₀₀₀) en Fulgor. N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 Kg N ha⁻¹ – N2: 220 Kg N ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

Los valores promedio de NG en Destello rondaron entre 13719 y 15036 NG m⁻² (Figura 12). De acuerdo al ANVA realizado el NG respondió significativamente solo para densidad (p-valor: 0,05, Tabla 2) con un promedio de 14671 - 14756 – 14215 granos en D1, D2 y D3, respectivamente (Figura 13). Para la variedad Fulgor los valores promedios de NG variaron entre 16009 y 18371 NG m⁻² (Figura 14) respondiendo significativamente sólo para Nitrógeno (p-valor= 0,001) con promedio de 17833 – 17614 – 16291 granos para N0, N1 y N2, respectivamente (Figura 15). Estos resultados de variación en el NG con N en Fulgor coinciden con lo observado previamente para rendimiento.

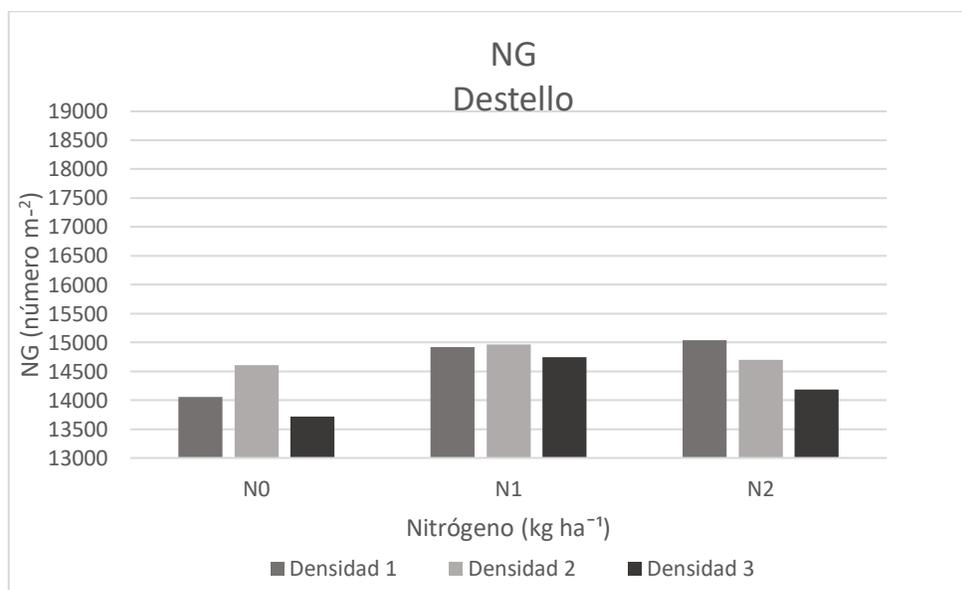


Figura 12: Número de granos promedio por unidad de superficie (NG m⁻²) para Destello. N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

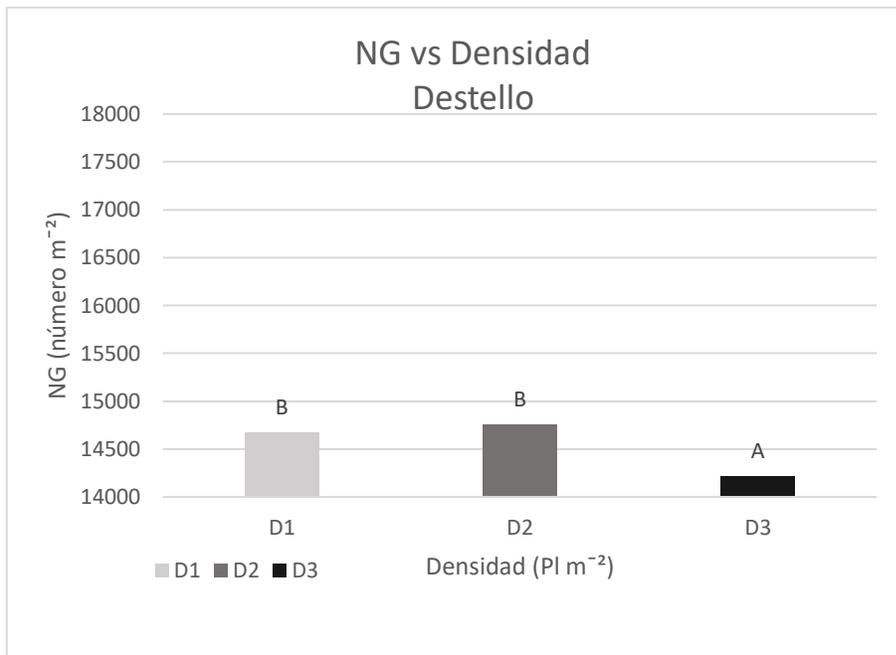


Figura 13: Número de granos (NG) vs densidades. LSD Fisher ($\alpha=0,05$). – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻². Las letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de cada tratamiento de Densidad.

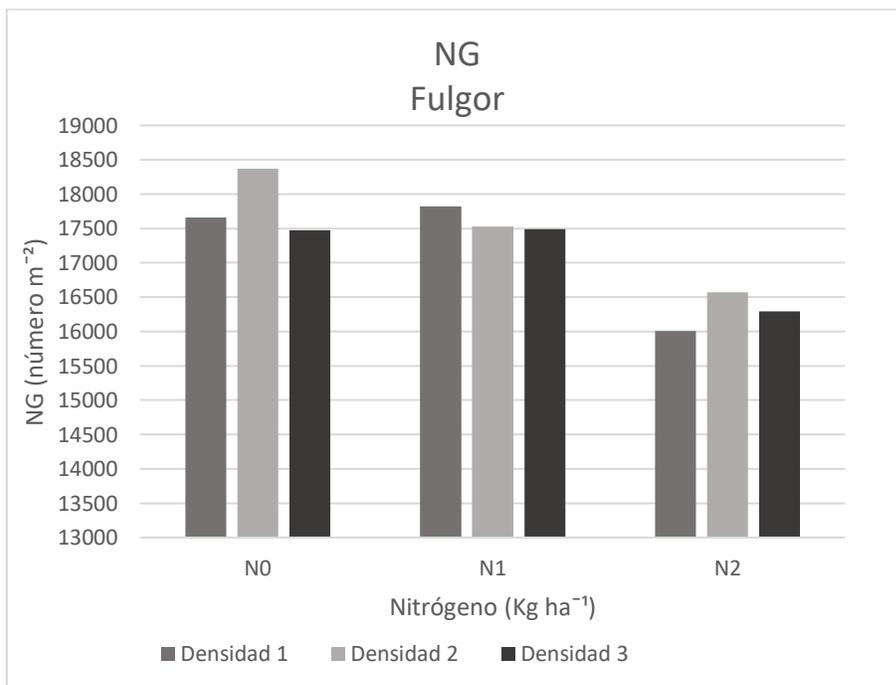


Figura 14: Número de granos promedio por unidad de superficie (NG m⁻²) para Fulgor. N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

Para Destello, como respondió de manera significativa para Densidad, se pudo observar que los tratamientos D1 y D2 se diferenciaron de D3 (Figura 13). En forma similar a lo observado en Fulgor para rendimiento, se ve un efecto negativo del aumento de la densidad en Destello. Una posible explicación es que este aumento de densidad haya resultado en un aumento del consumo temprano de agua, quedando menos agua disponible para el periodo crítico de formación de granos. Cabe recordar que el año fue seco, estando las precipitaciones por debajo del promedio de los últimos 20 años, siendo alta la probabilidad de déficit hídrico a partir de setiembre (Figura 1).

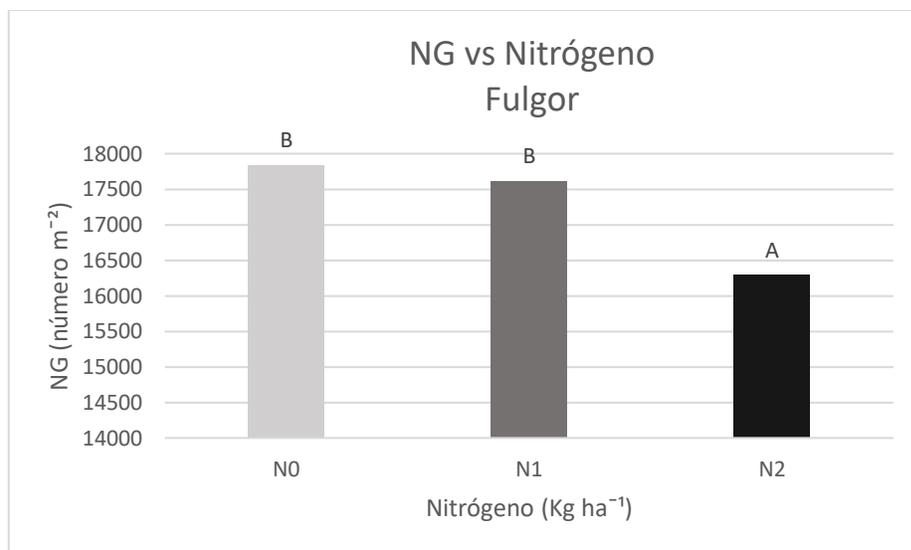


Figura 15: Número de granos (NG) vs Nitrógeno Kg ha⁻¹. LSD Fisher ($\alpha=0,05$). N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹. Las letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de cada tratamiento de Nitrógeno.

Los análisis estadísticos del NEsp m⁻² respondieron significativamente para Densidad y Nitrógeno, p-valor=0,01 y p-valor=0,04 respectivamente (Figura 16, Tabla 2) para

Destello. Los valores promedio oscilaron entre 421,8 – 397,4 – 432,4 para D1, D2 y D3 (Figura 17), arrojando una diferencia entre los tratamientos D1 y D3 vs D2 respectivamente. En relación al Nitrógeno, los valores promedio fueron 394,8 – 420,8 – 435,9 para N0, N1 y N2 (Figura 18). Estos resultados coinciden con estudio previos donde un aumento en la disponibilidad de nutrientes favorece al número de macollos y su fertilidad, generando un aumento en el NEsp m⁻² (Fischer, 1993; Arias *et al.*, 1994). La leve caída del número de espigas en una densidad intermedia difiere con estudios previos (Fischer *et al.*, 2019). La interacción Densidad*Nitrógeno no respondió de manera significativa. En el caso de Fulgor, no se encontró diferencia significativa entre las fuentes de variación. Los valores obtenidos rondaron entre 436 y 600 espigas por unidad de superficie, con una diferencia de 164 respecto al valor máximo (Figura 19).

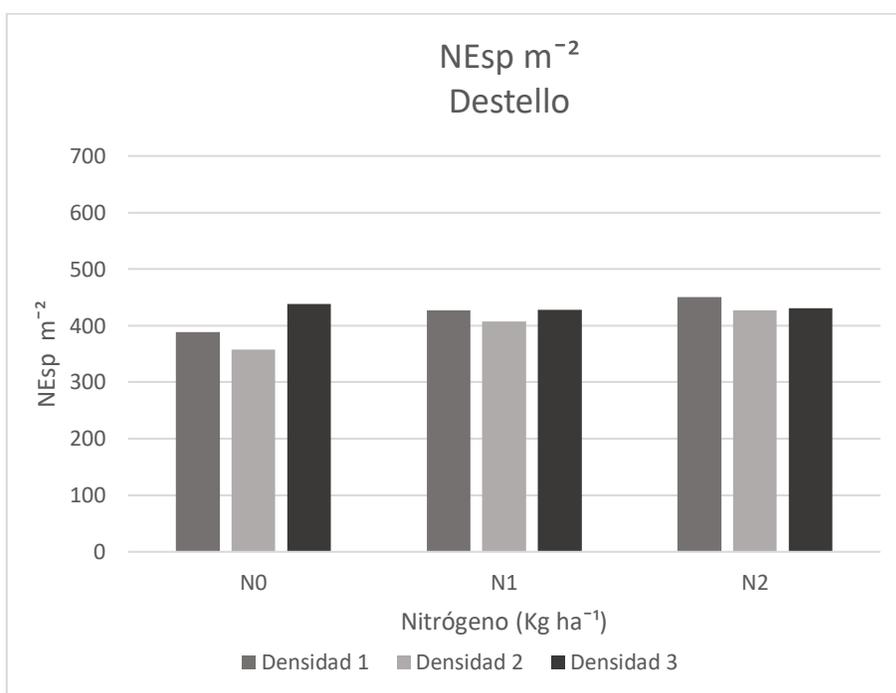


Figura 16: Número de espigas promedio por unidad de superficie (NEsp m⁻²) para Destello. N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

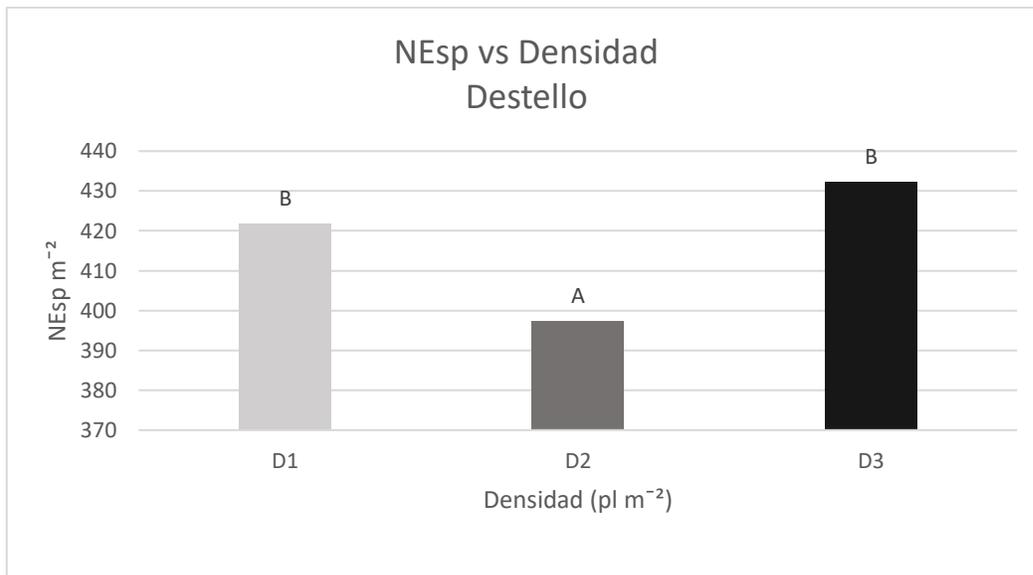


Figura 17: Número de espigas promedio por unidad de superficie (NEsp m⁻²) vs Densidades PI m⁻² para Destello. D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻². LSD Fischer ($\alpha = 0,05$). Las letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de cada tratamiento de Nitrógeno.

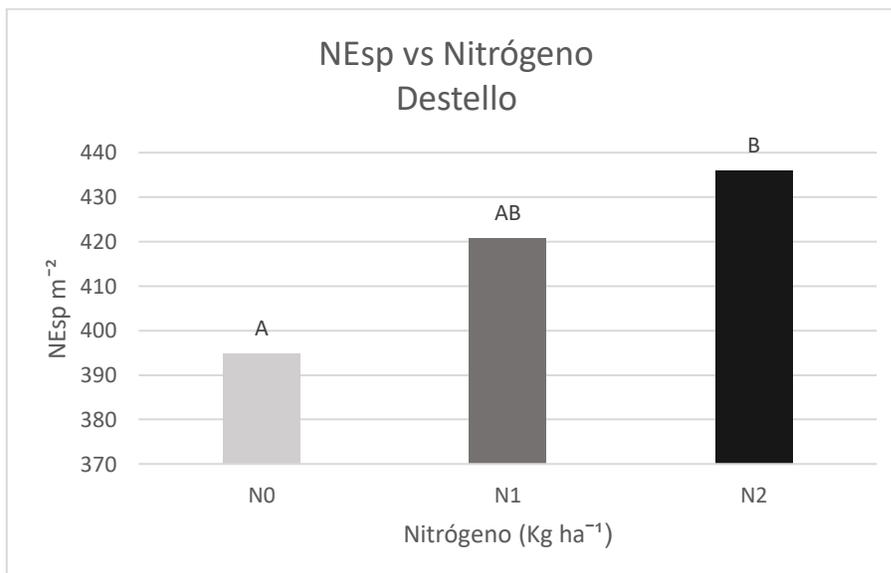


Figura 18: Número de espigas promedio por unidad de superficie (NEsp m⁻²) vs Nitrógeno para Destello. N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹. LSD

Fisher ($\alpha=0,05$). Las letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de cada tratamiento de Nitrógeno.

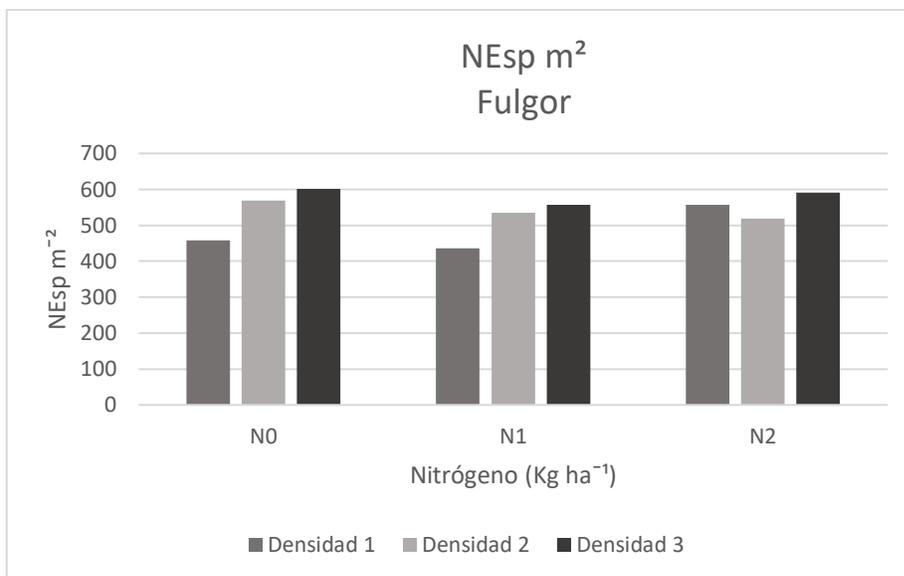


Figura 19: Número de espigas promedio por unidad de superficie (NEsp m⁻²) para Fulgor. N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 pl m⁻²– D2: 170 pl m⁻² – D3: 270 pl m⁻².

No se observó una relación significativa entre el NG y el NEsp m⁻², contrariamente a lo esperado (Figuras 20 y 21). Los resultados obtenidos para para Destello y Fulgor fueron, p-valor=0,28 - R²=0,07 y p-valor=0,32 - R²=0,06 respectivamente.

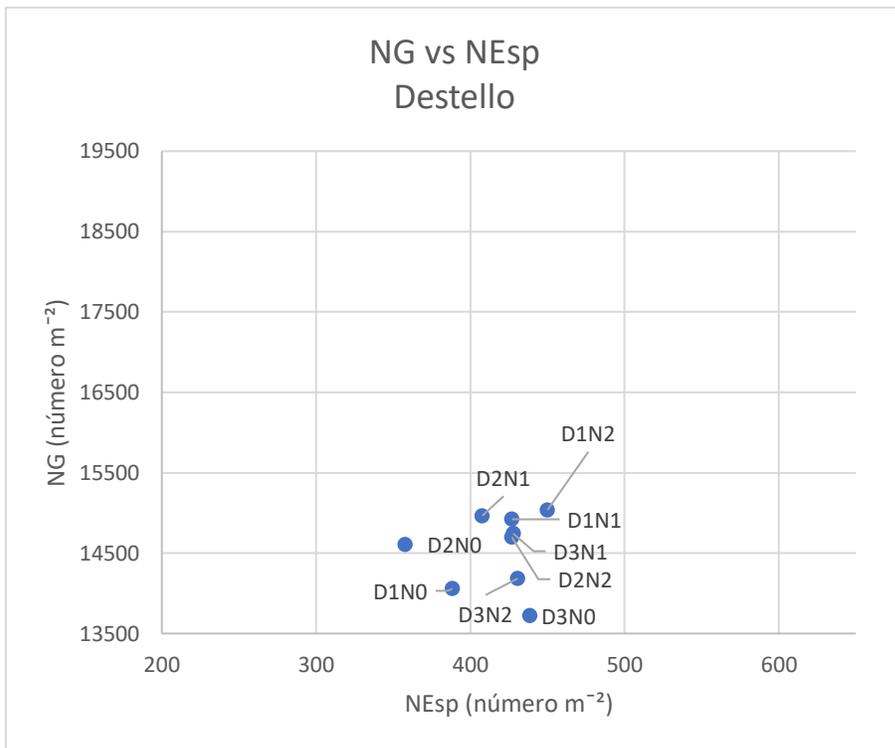


Figura 20: Número de granos promedio por metro cuadrado vs Numero de espigas promedio por metro cuadrado (NG m⁻² vs NEsp m⁻²) para Destello.

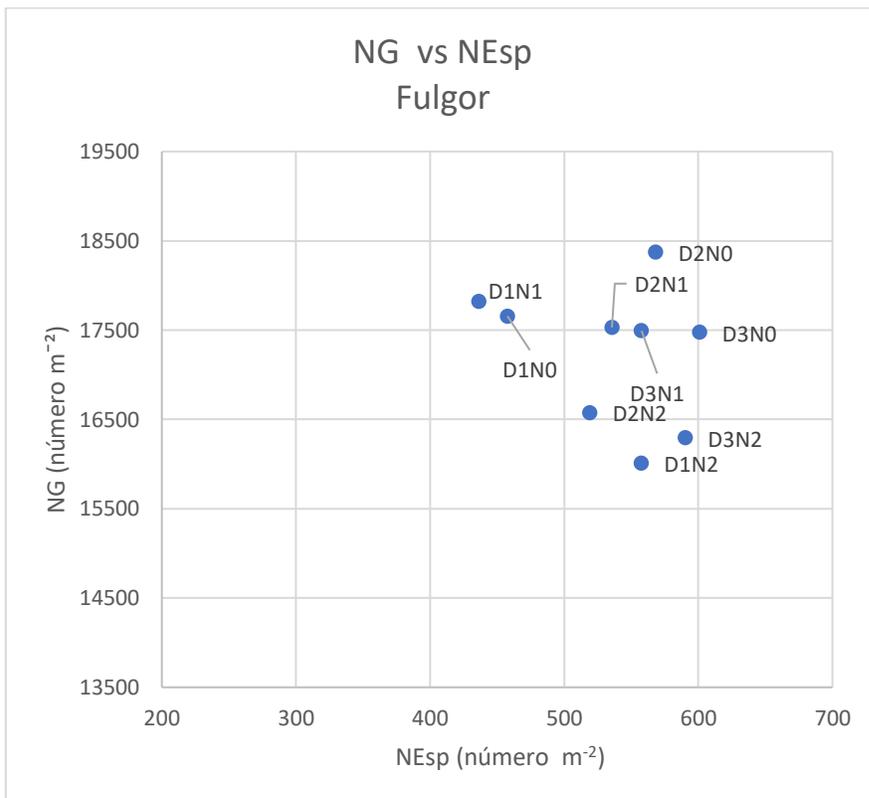


Figura 21: Número de granos promedio por metro cuadrado vs Numero de espigas promedio por metro cuadrado (NG m^{-2} vs NEsp m^{-2}) para Fulgor.

En la variedad Destello el NG Esp^{-1} respondió significativamente a la densidad de plantas por unidad de superficie (p -valor = 0,008 Tabla 2, Figura 22). Los promedios oscilaron entre 34,8 – 37,4 – 32,9 granos por espiga para tratamiento D1, D2 y D3 (Figura 23), diferenciándose cada tratamiento. El NG por espiga mostró de esta forma una compensación con el número de espigas por m^2 , estableciéndose menor número cuando la cantidad de espigas fue mayor (en D1 y D3). Con respecto al Nitrógeno y Densidad*Nitrógeno no se encontró respuesta significativa. En cambio, Fulgor obtuvo una diferencia significativa en la fertilización nitrogenada (p -valor=0,01, Tabla 2, Figura 24), sin interacción con Densidad y Densidad*Nitrógeno. Los valores promedios rondaron entre 33,5 – 35,0 – 29,4 para N0, N1 y N2, respectivamente (Figura 25). Este variable estaría entonces explicando la caída en el NG asociado al aumento de la fertilización en Fulgor.

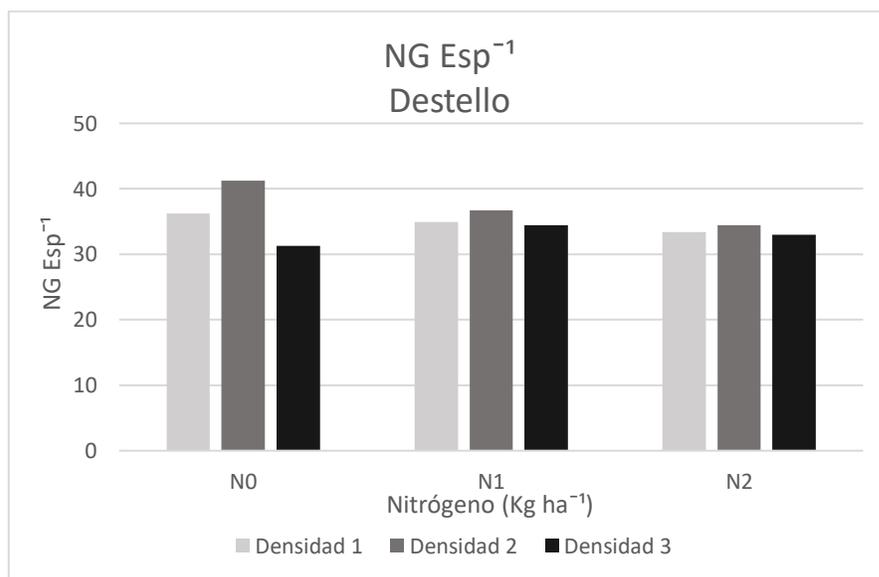


Figura 22: Número de granos por espigas (NG Esp^{-1}). N0: 120 KgN ha^{-1} – N1: 170 KgN ha^{-1} – N2: 220 KgN ha^{-1} – D1: 220 PI m^{-2} – D2: 170 PI m^{-2} – D3: 270 PI m^{-2} .

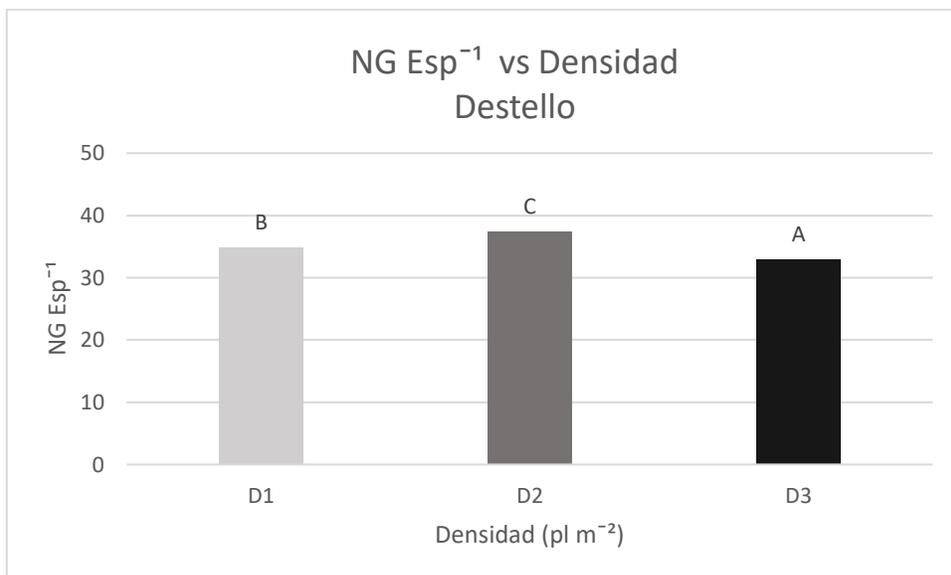


Figura 23: Número de granos por espiga promedio (NG Esp⁻¹) vs Densidades PI m⁻² para Destello. D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻². LSD Fisher ($\alpha=0,05$). Las letras presentan diferencias significativas dentro de cada tratamiento.

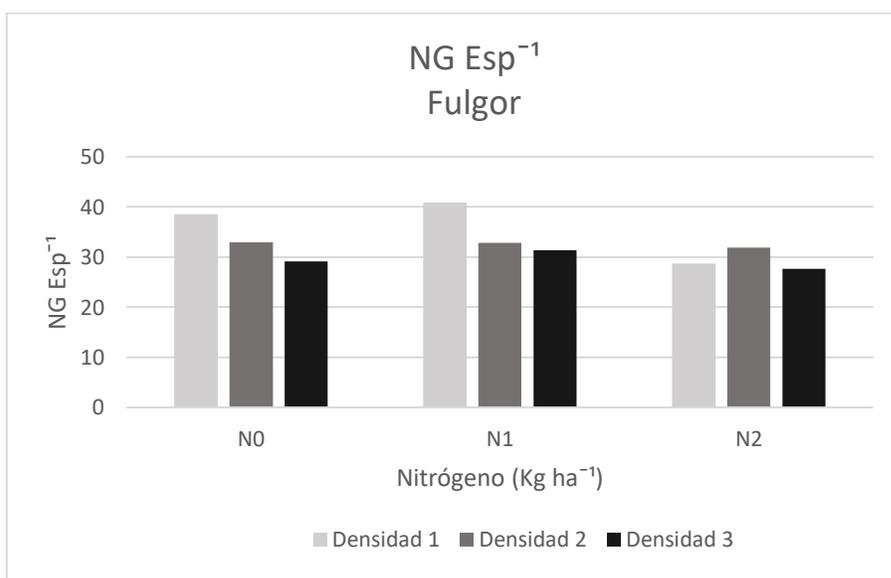


Figura 24: Número de granos por espiga (NG Esp⁻¹). N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

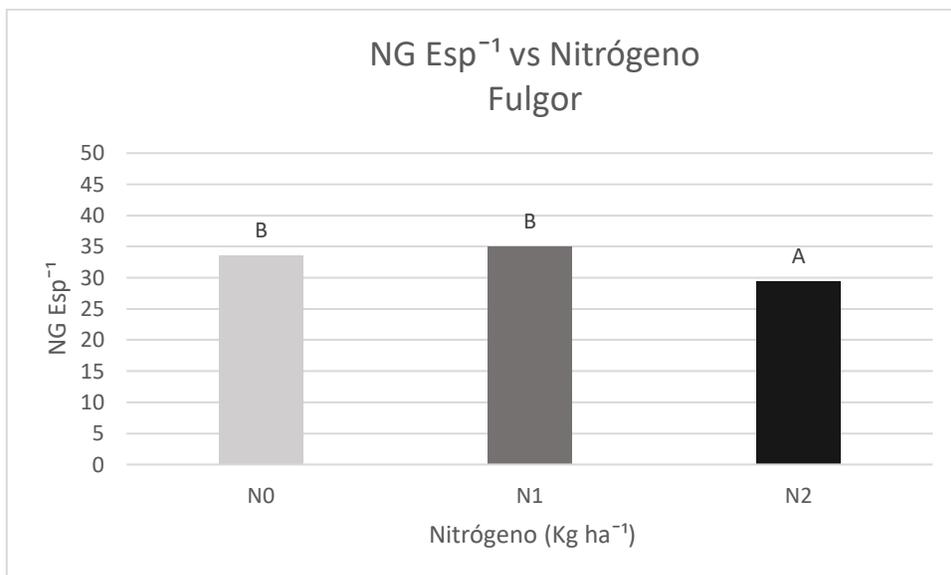


Figura 25: Número de granos por espigas promedio (NG Esp⁻¹) vs Nitrógeno Kg ha⁻¹ para Fulgor. D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻². LSD Fisher ($\alpha=0,05$). Las letras diferentes presentan diferencias significativas dentro de cada tratamiento.

La caída del NG por espiga en Fulgor con alta dosis de Nitrógenos, es similar a la observada en NG pudiendo explicarse en forma similar a lo hecho previamente con rendimiento y NG.

Se observó una relación positiva entre el NG por m² y el NG por espiga en ambos cultivos (Figuras 26 y 27), siendo significativa sólo en Fulgor ($p=0.08$).

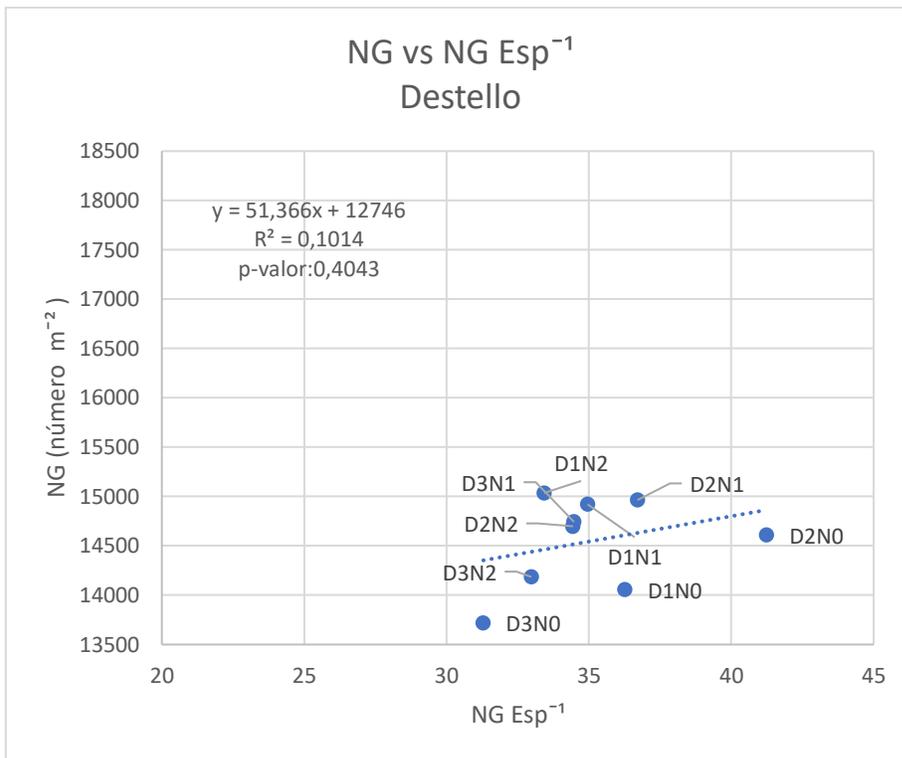


Figura 26: Número de granos promedio por unidad de superficie vs Número de granos promedio por espiga (NG vs NG Esp⁻¹) para Destello.

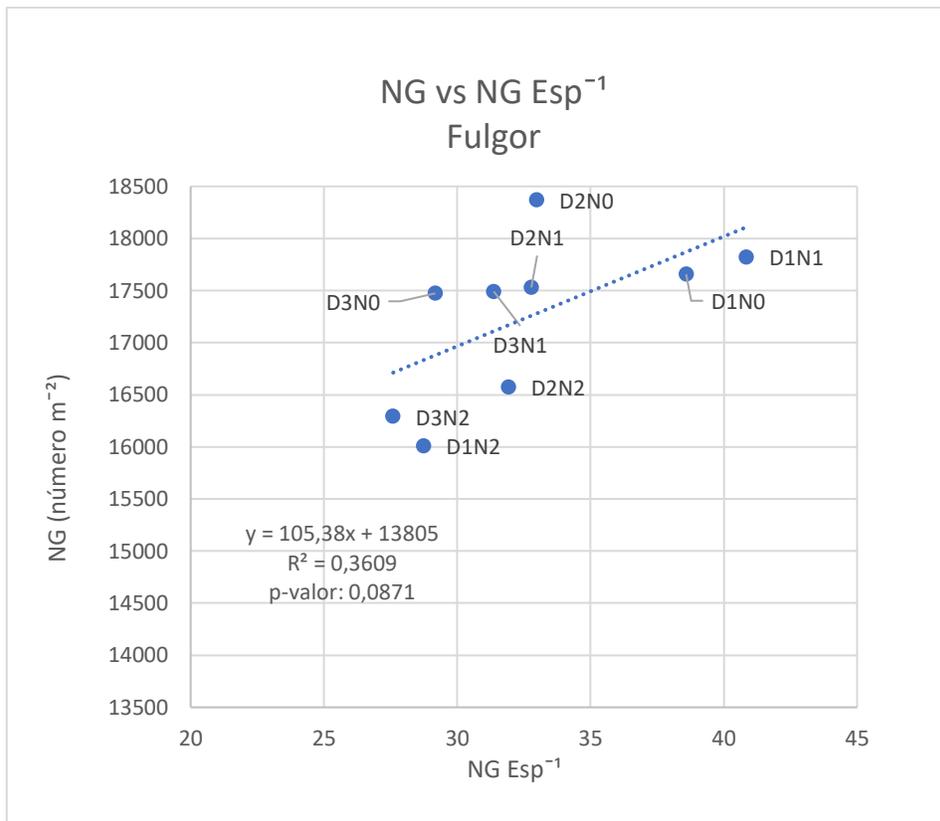


Figura 27: Número de granos promedio por unidad de superficie vs Número de granos promedio por espiga (NG vs NG Esp⁻¹) para Fulgor.

Hubo una clara compensación y relación negativa, en ambos cultivares entre el NG Esp⁻¹ y el NE m⁻² (Figuras 28 y 29).

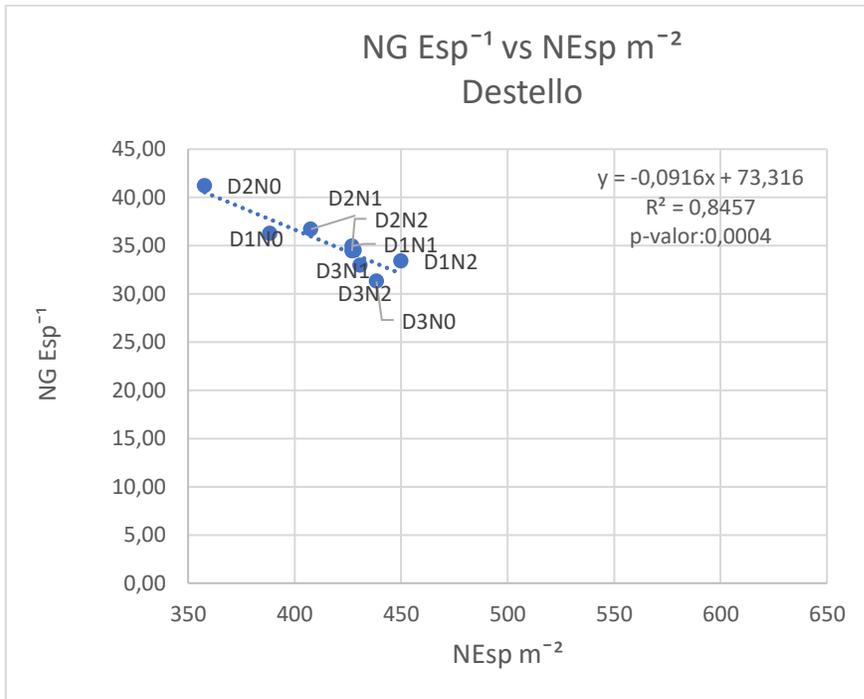


Figura 28: Número de granos por espigas vs Número de espigas por metro cuadrado (NG Esp⁻¹ vs NEsp m⁻²).

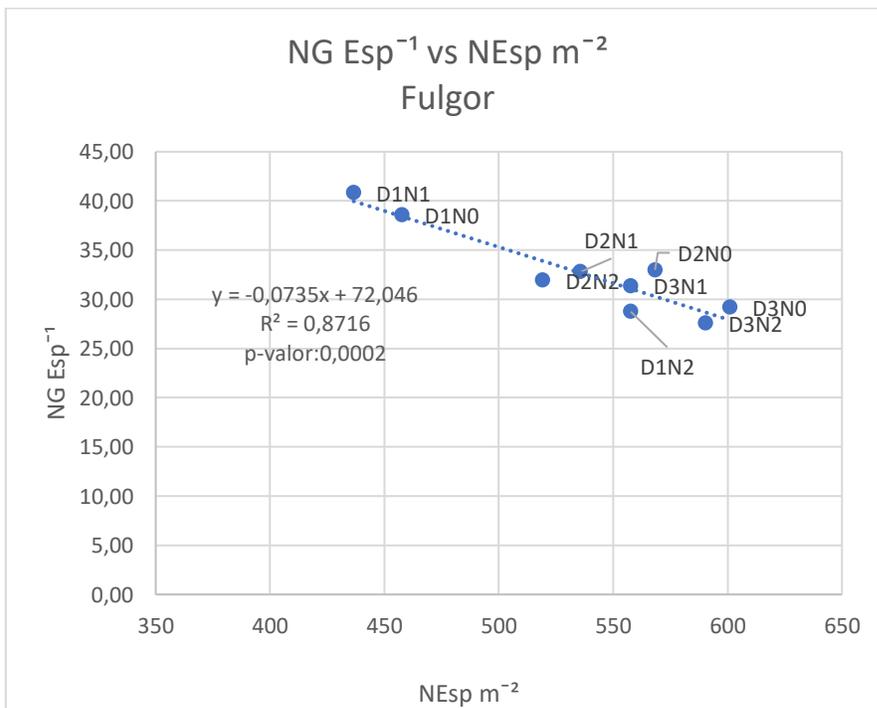


Figura 29: Número de granos por espigas vs Número de espigas por metro cuadrado (NG Esp⁻¹ vs NEsp m⁻²)

En relación al PG₁₀₀₀, los análisis estadísticos arrojaron diferencia significativa (Tabla 2) para Destello de acuerdo a la densidad (p-valor = 0,05). No se pudo encontrar diferencia para las demás fuentes de variación como Nitrógeno y Densidad*Nitrógeno. Para Fulgor, no se encontró diferencia significativa para el PG₁₀₀₀.

El PG₁₀₀₀ en Destello oscilo entre 37,6 – 37,7 – 38,7 comparando D1, D2 y D3 (Figura 30). En el caso de Fulgor el valor mínimo fue 34,0 g y el máximo de 36,9 g, entre D2N0 y D3N2 respectivamente, con una diferencia de 2,9 g entre el valor mínimo y máximo, pero sin ser estadísticamente diferentes.

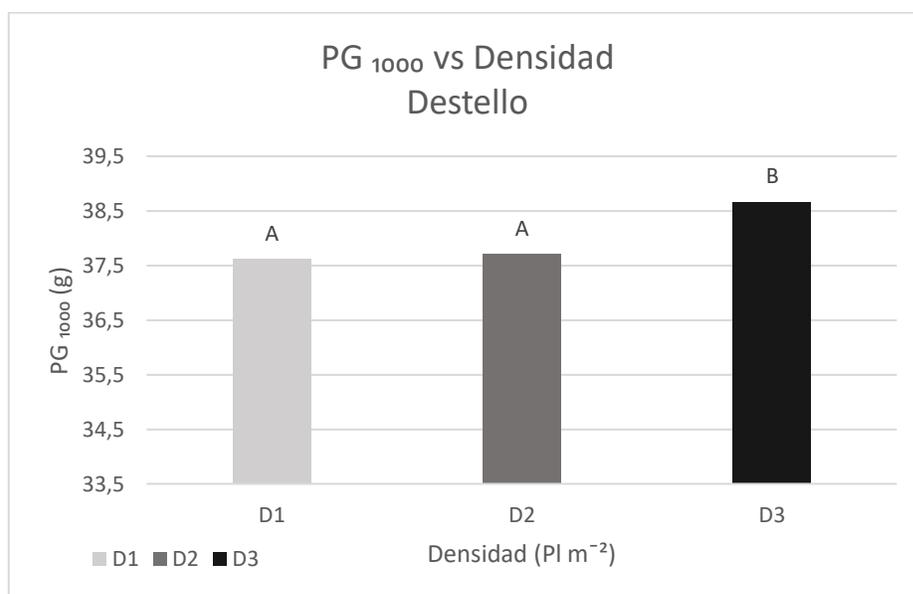


Figura 30: Peso de mil granos en Fulgor (PG₁₀₀₀) vs Densidad para Destello. LSD Fisher ($\alpha=0,05$) – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

5.4 Proteína

Los valores de proteína estuvieron en su mayoría por encima de lo necesario (11 % contenido proteico) para cumplir con la reglamentación vigente de comercialización (Figuras 31 y 32). Los análisis estadísticos para Destello arrojaron una diferencia

significativa para Nitrógeno con un p-valor=0,008 (Tabla 2). Luego, para Densidad y Densidad*Nitrógeno no se obtuvieron resultados significativos. Los porcentajes de proteína oscilaron entre 11,73 – 11,65 – 11,03 correspondientes a N0, N1 y N2 (Figura 31).

En el cultivar Fulgor, también se encontró diferencia significativa en Nitrógeno con un p-valor=0,001, sin registros en Densidad y Densidad*Nitrógeno. Los valores fueron similares a Destello, 11,1 – 11,6 – 10,9 para N0, N1 y N2 respectivamente (Figura 32).

No es sorprendente que no se haya visto incremento de % de proteína con alta fertilización, puesto que las aplicaciones de Nitrógeno al inicio del ciclo del cultivo se traducen principalmente en rendimiento con poco impacto en proteína, y solo a medida que esta respuesta se va saturando los incrementos del Nitrógeno en etapas tempranas resultan también en incrementos del porcentaje de proteína (Fischer 1993, Brach et al., 2018).

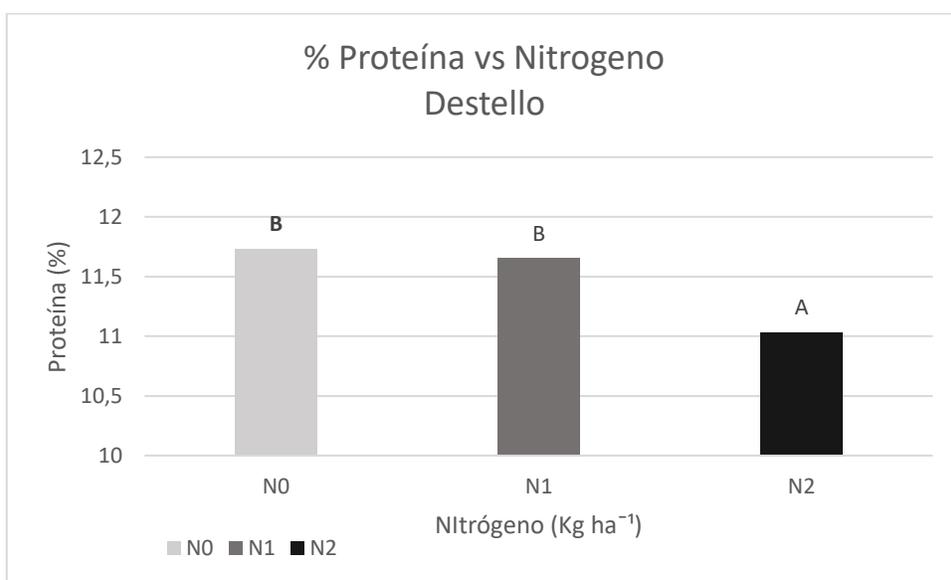


Figura 31: Porcentaje de Proteína promedio en grano vs Nitrógeno para Destello. LSD Fisher ($\alpha=0,05$). N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹.

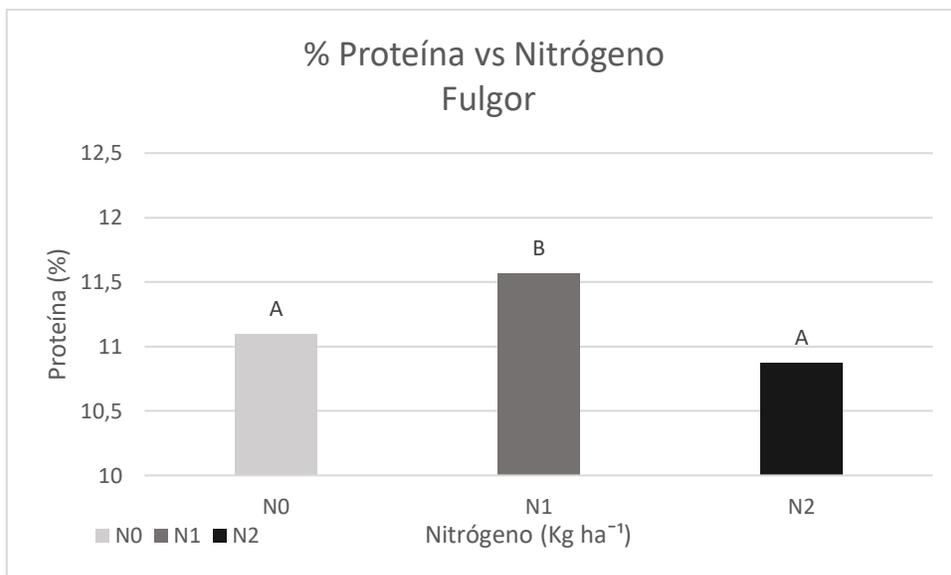


Figura 32: Porcentaje de Proteína promedio en grano vs Nitrógeno para Fulgor. LSD-Fisher ($\alpha=0,05$). N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹.

5.5 EUN

Los valores de EUN disminuyeron a medida que aumentó la dosis de fertilización nitrogenada (Figuras 33 y 34). Esto ocurrió en ambas variedades.

Con respecto a Destello, no se encontró diferencia significativa (Tabla 2) en ninguna variable. No obstante, Fulgor obtuvo diferencia significativa (p -valor=0,05, Tabla 2) según fertilización nitrogenada. Los valores de eficiencia rondaron 20,3 – 20,2 – 18,9 correspondiente a N0, N1 y N2 respectivamente (Figura 35), una diferencia de 1,4 respecto al valor máximo.

Este valor da un indicio de cuantos kg de fertilizante son necesarios para lograr 1 Tn de grano. La respuesta al agregado de insumo disminuye con el incremento de la dosis, por lo tanto, la eficiencia de uso del cultivo es superior en fertilizaciones nitrogenadas bajas.

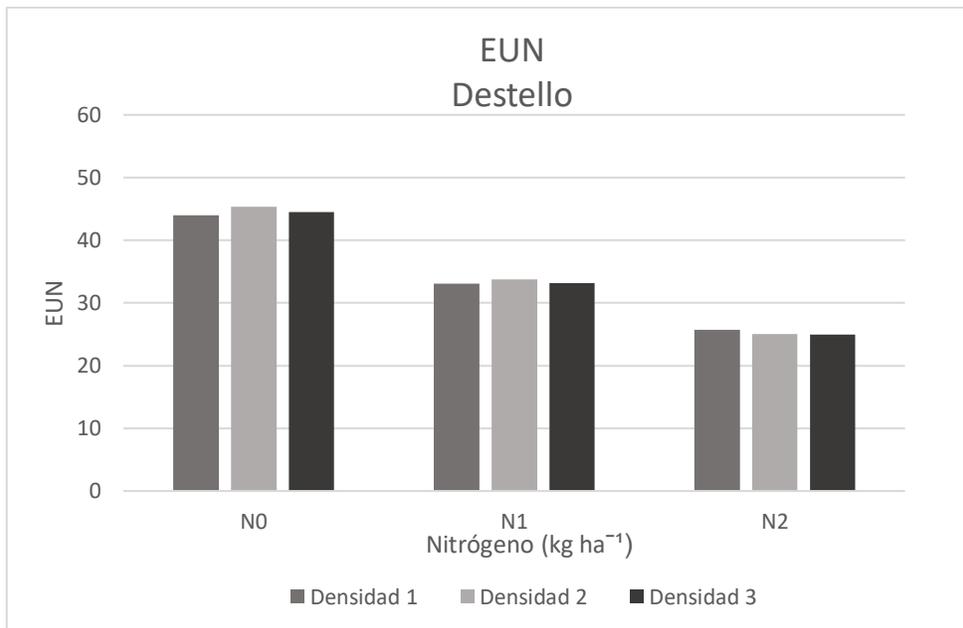


Figura 33: Eficiencia de uso de nitrógeno (EUN). N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

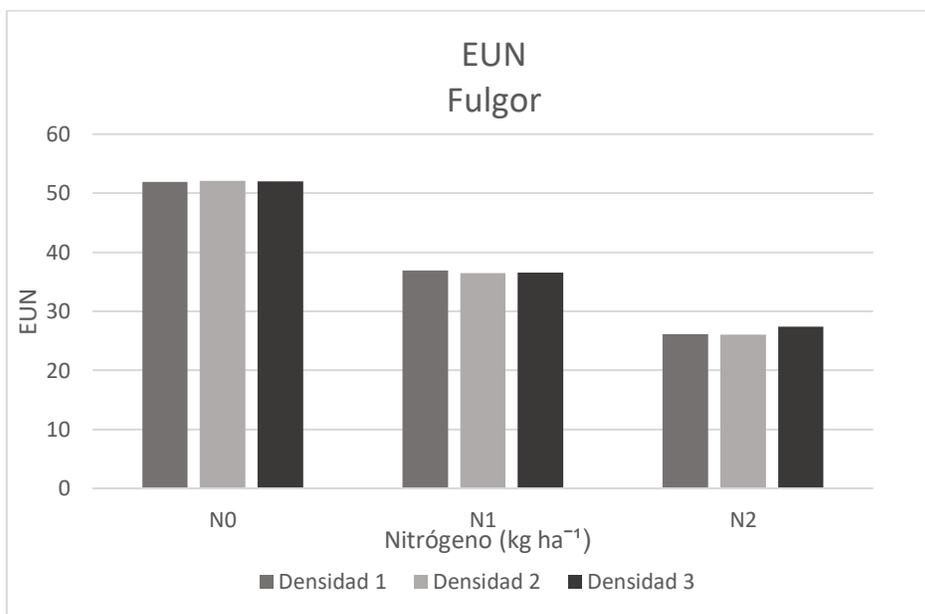


Figura 34: Eficiencia de uso de nitrógeno (EUN). N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹ – D1: 220 PI m⁻²– D2: 170 PI m⁻² – D3: 270 PI m⁻².

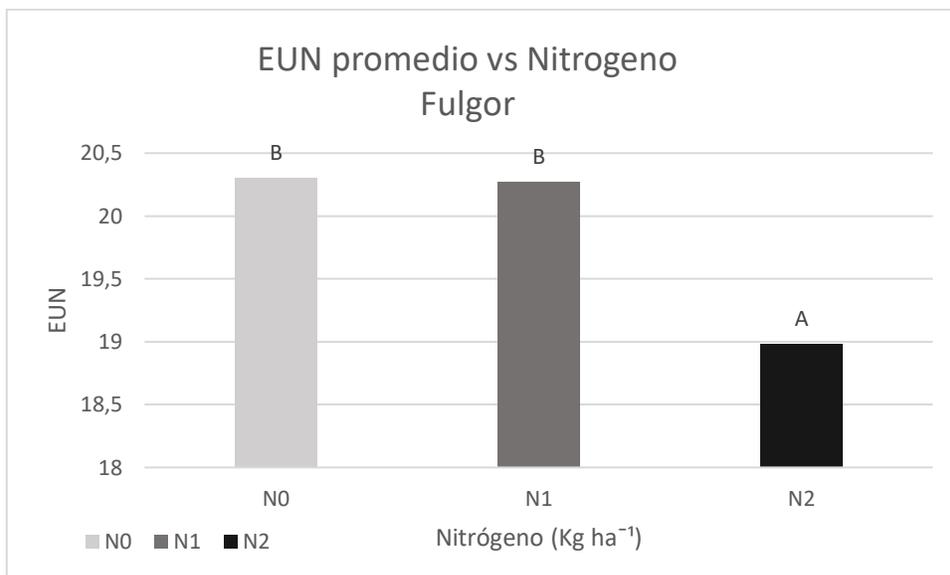


Figura 35: Eficiencia de uso de nitrógeno (EUN) para Fulgor. LSD-Fischer ($\alpha=0.05$). N0: 120 KgN ha⁻¹ – N1: 170 KgN ha⁻¹ – N2: 220 KgN ha⁻¹.

Conclusiones

El rendimiento en Destello no respondió de manera significativa a ninguno de los dos factores estudiados (Nitrógeno y Densidad). El golpe de calor que sufrió dicho cultivar en floración puede haber provocado aborto de flores limitado de esta forma la expresión del rendimiento y el efecto de los tratamientos. En cambio, Fulgor mostro diferencia significativa en respuesta al Nitrógeno aplicado, pero contrario a lo esperado, se observó una caída del rendimiento a alta dosis de Nitrógeno (>170 kgN ha⁻¹). Ello puede ser consecuencia de un mayor consumo hídrico inicial que agravó el déficit hídrico en el período crítico en el año seco en el cual se realizó en ensayo, reduciendo el NG y rendimiento alcanzado.

De acuerdo a lo esperado, el NG mostro una gran asociación con el rendimiento, mientras que el PG₁₀₀₀ no explicó la variación del mismo. El NEsp m⁻² no aumento mayormente en relación a lo que aumento el NG, por lo tanto, no se encontró relación entre ambas variables. Por otro lado, se encontró una relación lineal entre NG y NG Esp⁻¹ siendo significativo para Fulgor.

El porcentaje de proteína no se vio incrementado en aquellos tratamientos con niveles de fertilización superiores a 120 KgN ha⁻¹ ni mostro relación negativa con el rendimiento. Mientras que la EUN disminuyó a medida que aumentó el Nitrógeno aplicado en ambas variedades. Por este motivo los tratamientos con mayores dosis de fertilización no fueron eficientes.

Teniendo en cuenta la hipótesis planteada: “*Los cultivares modernos de trigo presentan diferencia de rendimiento y porcentaje de proteína entre tratamientos de nutrición nitrogenada superiores a 120 kgN/ha, mientras que no responden a variaciones pequeñas de la densidad de siembra*”, concluimos que ésta se rechaza parcialmente, puesto que solo hubo respuesta al Nitrógeno en la variedad Fulgor.

Finalizando, el método de producción en secano trae aparejados problemas de déficit hídrico. Los resultados de AU (mm), precipitaciones PP (mm) y evapotranspiración (Et0) dieron indicios que el cultivo se desarrolló con déficit hídrico a partir del mes de septiembre, el cual produjo inconsistencias en los resultados debido a factor externos no modificables. Es probable que en años más húmedos y sin estrés térmico alrededor de floración, la respuesta de los cultivares sea diferente. La repetición de este ensayo en campañas con diferentes características es importante para realizar ajustes finos en estas variables de manejo.

Como recomendación (costo-beneficio) en función de los resultados obtenidos en el experimento en un año seco, la mejor propuesta visualizada para la zona en cuestión y para ambos materiales genéticos es la fertilización con dosis de 120 KgN ha⁻¹ debido a la buena performance de rendimiento y % de proteína. Además, es de suma importancia la realización de análisis de suelo pre-siembra para ajustar la dosis del fertilizante en relación al precio del grano y al precio del fertilizante, de forma de maximizar los beneficios económicos de la producción.

Bibliografía

- Alvarez, R; Alvarez, CR y Steinbach, HS. 2000. Fertilización de trigo y maíz. Editorial: Hemisferio sur.

- Alvarez, R; Prystupa, P; Rodriguez, MB y Alvarez, CR. 2013. Fertilización de cultivos y pasturas: Diagnostico y recomendación en la Region Pampeana. Ciudad autónoma de Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Aramburu Merlos, F., Monzon, J.P., Mercou, J., Taboada, M., Andrade, F., Hall, A., Jobbagy, E., Cassman, K. y Grassini, P. 2015. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. En: Field Crops Research 184: 145–154.
- Arias, S; Satorre, EH; y Guglielmini, A. 1994. Competencia entre trigo (*Triticum aestivum L.*) y *Brassica sp.* El efecto de la densidad del cultivo y la maleza en dos niveles de fertilización nitrogenada. En Actas III Congreso Nacional de Trigo Bahia Blanca, Argentina. Vol. 1:193-194.
- Branch, AM; Mieres, L; Zuil, S y Sandoval, M. 2018. Efecto de dosis variable de nitrógeno sobre rendimiento y calidad de trigo. EEA INTA Reconquista.
- Brocklehurst, P.A. 1977. Factors controlling grain weight in wheat. Nature, 266, 348–349.
- Ciampitti, I y Garcia, F. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes secundarios: Cereales, Oleaginosas e Industriales. Informaciones Agronómicas No. 33. Archivo Agronómico No. 11. pp. 1-4. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- Chand, R. 2009. Challenges to ensuring food security through wheat. CAB Reviews: Perspectives in agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources No. 065.
- Cruzate, GA y Casas, RR. 2017. Balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina en la campaña 2015-2016.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Ferraris, G. 2009. Fertilización nitrogenada de trigo y otros cereales de invierno. Criterios de manejo para incrementar la eficiencia. Proyecto Regional Agrícola CERBAN.

- Ferraris, G. 2015. Evaluación de un arrancador líquido fosforo-azufrado en colocación localizada en trigo: caracterización de su comportamiento agronómico. INTA EEA PERGAMINO.
- Fischer, R.A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 105, 447–461.
- Fischer, R.A. 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. II. Physiology of grain yield response. *Field Crops research* 33, 57-80.
- Fischer, R.A., Moreno Ramosb, O.H., Ortiz Monasterioc, I. y Sayrec, K.D. 2019. Yield response to plant density, row spacing and raised beds in low latitude spring wheat with ample soil resources: An update. *Field Crops Research* 232, 95-105.
- González, F.G., Miralles, D.J. y Slafer, G.A. 2011. Wheat floret survival as related to spike growth during pre-anthesis. *Journal of Experimental Botany* 62: 4889-4901 (ISSN 1460-2431 online, ISSN 0022-0957 print)
- González, FG; Perez-Gianmarco, TI; Pretini, N y Curin, F. 2018. Producción de trigo: evolución, demanda y alternativas para mejorarla. Una visión ecofisiológica. *Revista de Tecnología Agropecuaria*, 10(36), EEA Pergamino, INTA. Pg. 35-37. ISSN (impresa): 0328-775, ISSN (dig): 2469-164X.
- Guglielmini, A.C., Satorre, E.H., Varela, F. y Miguens, D. 2000. Nitrogen Fertilizer application and competitive balance between spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Ecología Austral* 10:133-142.
- Hall, A.J., Rebella, C.M., Ghera, C.M. y Culot, J.P. 1992. Field-crop systems of the Pampas. *Ecosystems of the World*, 18, 413-450.
- Moll, R.R., Kamprath, E.J. y Jackson, W.A. 1982. Analysis and Interpretation of Factors Which Contribute to Efficiency of Nitrogen Utilization. *Agronomy Journal*. Vol. 74, Issue 3, p.562-564.
- Passioura, J.B. 1996. Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation* 20, 79-83.
- Satorre, EH; Benech, Arnold RL; Slafer, GV; De la Fuente, EB; Miralles, DJ; Otegui, ME y Savin, R. 2018. *Producción de granos: bases funcionales para su manejo*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.

- Vara Prasad, P.V. y Maduraimuthu Djanaguiraman, A. 2014. Response of floret fertility and individual grain weight of wheat to high temperature stress: sensitive stages and thresholds for temperature and duration. *Functional Plant Biology*, 2014, 41, 1261–1269 <http://dx.doi.org/10.1071/FP14061>.