



**MAÍZIFICANDO  
CONCIENCIA**  
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

# Ecofisiología y manejo del cultivo

8, 9 y 10 de Noviembre  
Pergamino, BA  
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Ministerio de Economía  
Argentina

2022





# CAMBIOS EN EL ÍNDICE DE VERDOR EN RESPUESTA A LA DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO Y DENSIDAD DE SIEMBRA DE TRES HÍBRIDOS DE MAÍZ

**Martínez, R.D.<sup>1</sup>; Stadler, N.F.<sup>1</sup>; Crespo, C.<sup>1,2</sup>; Mrozek, F. <sup>3</sup>; Barbieri, P.A.<sup>2,4</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Ruta 226 km 73.5, Balcarce, Argentina

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>3</sup> ACA Semillas, Avenida Madero 942 5° piso CABA, Argentina

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

\*Contactos: [rmartinez@mdp.edu.ar](mailto:rmartinez@mdp.edu.ar); [nicolasstadler\\_22@hotmail.com](mailto:nicolasstadler_22@hotmail.com); [crespo.cecilia@inta.gob.ar](mailto:crespo.cecilia@inta.gob.ar);  
[fmrozek@acacoop.com.ar](mailto:fmrozek@acacoop.com.ar); [barbieri.pablo@inta.gob.ar](mailto:barbieri.pablo@inta.gob.ar)

## CHANGES IN GREEN INDEX IN RESPONSE TO NITROGEN AVAILABILITY AND PLANT POPULATION OF THREE MAIZE HYBRIDS

### Abstract

Nitrogen (N) deficiencies and changes in plant population can affect resource availability per plant in maize. Leaf N determination is usually obtained measuring the relative content of chlorophyll in leaves through a green index (VI). In the present work, we analysed the behaviour of three maize hybrids with different prolificacy, at different plant populations and with the application of different N rates. The experiment was carried out in Balcarce on November 31 and was arranged in split-plot design, with three replications. The genotype was used as the main plot: H1, H2 and H3. The subplots were four densities and three N doses. VI measurements were carried out at V<sub>10</sub>, R<sub>1</sub> and R<sub>4</sub> stages. Yield of each plot was obtained by harvesting the two central rows of each treatment. Yield decreased at high densities due to drought at silking. Increases in N rates increased yields in all hybrid and density combinations. Changes in IV caused by increases in density or decreases in N availability were of similar magnitude between treatments and behaved additively in advanced stages of the crop. Finally, as crop development advanced, differences in IV became more notable, but in R<sub>1</sub> IV varied according to changes in N rate.

### Palabras claves

Rendimiento, SPAD, Prolificidad

### Keywords

Yield, SPAD, prolificacy



## Introducción

El cultivo de maíz es el cereal de mayor producción a nivel mundial. En el año 2020 la superficie sembrada fue de 201 millones de hectáreas, las cuales produjeron un total de 1162 millones de toneladas en grano, alcanzando rendimientos promedio de  $5,75 \text{ tn ha}^{-1}$  (FAOSTAT, 2020). El número de espigas granadas queda definido desde los 15 días pre-floración, momento en el que inicia el período crítico para rendimiento del cultivo (Ciampitti y Vyn, 2012; Egli, 2015). El mencionado período se prolonga 15 días después de la floración durante el cuaje. Luego, el período de llenado se extiende desde fecundación hasta madurez fisiológica, distinguiéndose tres etapas: grano lechoso, pastoso y duro, a partir del cual se definirá el peso de los granos.

Los cambios en la densidad de plantas afectan marcadamente la cantidad de recursos disponibles por planta (Andrade et al., 1999). De este modo, se ha reportado una respuesta parabólica del rendimiento por unidad de área del cultivo al aumento de la densidad (Andrade et al., 1996). La densidad óptima en maíz es la menor densidad que posibilita maximizar el rendimiento en grano, y depende de la plasticidad vegetativa y reproductiva del cultivar (Sarlangue et al., 2007). Frente a densidades supraóptimas, el maíz posee menor estabilidad en el rendimiento, debido a la fuerte relegación de recursos que sufre la espiga en la planta (Vega y Andrade, 2000). Por su parte, para densidades subóptimas, la alta disponibilidad de recursos presenta la limitante del número potencial de granos que es capaz de fijar el maíz por espiga, esto podría ser parcialmente compensado por la presencia de segundas espigas aportada por la prolificidad o el aporte de macollos. La capacidad compensatoria de cada híbrido en este aspecto puede modificar la respuesta en términos de rendimiento a la disponibilidad de recursos. Frente a densidades por encima del óptimo se ha reportado que incrementos en la densidad de siembra aceleran la senescencia foliar durante el llenado de granos. Dicha senescencia podría verse acelerada ante bajas disponibilidades de N.

En los primeros estados de desarrollo, el maíz absorbe el nitrógeno (N) de forma lenta, un 10% de la absorción total del nutriente se realiza hasta el estado de 6 a 8 hojas (Licht y Al-Kaisi, 2005). Desde octava hoja hasta llenado de granos seguirá aumentando la absorción de N (Ciampitti y Vyn, 2012), siendo máxima la tasa de absorción en la etapa cercana a la floración (Mohkum et al., 2011). Durante la etapa de floración no debe faltar este elemento, ya que en este estado de desarrollo se determina el número de granos por unidad de superficie (D'andrea et al., 2008). La dosis de N aplicada influye directamente en la biomasa, en el rendimiento y sus componentes (Akmal et al., 2010). Deficiencias de este elemento causan una disminución en el área foliar, acelerando la senescencia foliar y reduciendo el periodo de fotosíntesis (Masclaux-Daubresse et al., 2010).

Para realizar recomendaciones de fertilización con N para el maíz, se puede determinar el N foliar de manera rápida y no destructiva (Zhang et al., 2008) mediante el uso de clorofilómetros (SPAD) que miden el contenido relativo de clorofila en la hoja a través de un índice de verdor (IV), basado en una relación de transmitancia/ absorbancia (Rorie et al., 2011). El IV se pueden relacionar directamente con el rendimiento, sin embargo, tanto la relación como la capacidad predictiva dependen del estado de desarrollo del cultivo. En estados tempranos de desarrollo (V4-V6, Ritchie y Hanway, 1982) ocurre la mayor tasa diaria de aumento en el IV, respecto de los otros estados de desarrollo. Este incremento en el IV continua hasta alcanzar un máximo en R1 momento a partir del cual se mantiene, y es por ello que la tasa del incremento disminuye (Figueroa Bustos et al., 2016). Estos rápidos incrementos en los valores de IV indicarían un rápido aumento de la clorofila y por ende una rápida absorción del N (Paliwai et al., 2001). En floración los valores de IV alcanzan su máximo, y en el



llenado de granos tienden a disminuir, ya que comienza la removilización del N hacia el grano (Subedi y Ma, 2005).

En el presente trabajo se analizó el comportamiento de tres híbridos de maíz con diferente prolificidad, sembrados en distintas densidades, a la aplicación de diferentes dosis de N en forma de urea (46-0-0). Para el análisis del comportamiento del rendimiento se consideró al IV como el principal indicador de disponibilidad de N.

## Hipótesis

- Ante similar disponibilidad de N, híbridos de maíz sembrados a mayor densidad presentaran reducciones en los valores de IV durante floración.
- Las variaciones en IV son provocadas en mayor medida por cambios en la densidad de plantas que por modificaciones en la disponibilidad de N.
- Los cambios en los valores de IV en siembras en baja densidad solo se manifiestan en estadios postfloración del cultivo de maíz.

## Materiales y Métodos

El ensayo se sembró en la Unidad Integrada Balcarce (Ruta 226 km 73,5), sobre un Argiudol Petrocálcico. La siembra se realizó el 31 de octubre del 2019 bajo la modalidad de siembra directa y a una distancia entre surcos de 52 cm. La unidad experimental constó de cuatro surcos de ancho por de 6 metros de longitud.

El diseño experimental se realizó en bloques completos aleatorizados con arreglo en parcelas subdivididas, con tres repeticiones. La parcela principal fue considerada el genotipo: H1 (ACA 470 VT3P), H2 (473 VT3P) y H3 (481 VT3P). Las subparcelas fueron las densidades de 40000 (D1), 50000 (D2), 70000 (D3) y 90000 (D4) plantas por hectárea y las dosis de N: 0 (N0), 46kg (N1), 92kg (N2) y 138kg (N3) de N/ha aplicados en forma de urea, más un testigo sin el aplicado de N.

Se realizó un muestreo de suelo previo a la siembra (Tabla 1) para caracterizar el sitio experimental. El N disponible para el cultivo en el tratamiento testigo se calculó como la suma del N mineral a la siembra en forma de nitrato (Kenney y Nelson, 1982), más el aportado por el proceso de mineralización estimado a partir del nitrógeno anaeróbico incubado (Waring y Bremner, 1964).

<b>Profundidad</b> <b>cm</b>	<b>N-Nitrato</b>	<b>Nan</b>	<b>P- Bray</b>
	<b>----- g kg<sup>-1</sup>-----</b>		
<b>0-20</b>	8,62	61,1	53,27
<b>20-40</b>	2,87		
<b>40-60</b>	2,24		

Tabla 1: Variables edáficas del sitio experimental (Nitrógeno (N) en forma de nitrato, N anaeróbico (Nan) y fósforo extractable (P-Bray).



Se utilizó la información meteorológica registrada por la estación meteorológica de la EEA INTA Balcarce. La mediana de precipitaciones para el periodo Octubre-Abril en el año en estudio fue de 620 mm, siendo 138 mm superior al promedio de los datos históricos de la serie 1980-2016 (482 mm). Durante la fase vegetativa del cultivo, no se determinaron síntomas de déficit hídrico, pero se registraron alrededor de 35 mm menos que el promedio histórico y el balance hídrico fue negativo (Figura 1). En el período crítico (alrededor del 25 de Enero) las lluvias fueron inferiores a la media histórica, especialmente durante la segunda década, mientras que el mes de febrero se registró cerca de 80 mm por encima de la media. De este modo, la segunda mitad del período crítico presentó una mejora en la condición hídrica del cultivo y de la recarga del perfil.

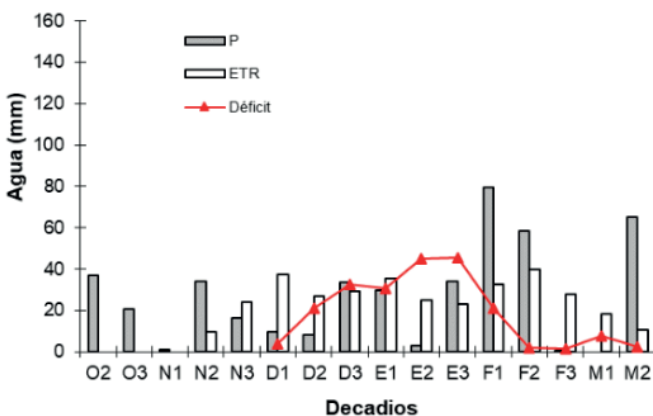


Figura 1: Balance de agua decádico para el cultivo de maíz durante la campaña 19-20 en Balcarce. Las barras grises representan las precipitaciones, las barras blancas la evapotranspiración real y en rojo se ilustra el déficit hídrico.

Para determinar el IV se empleó el medidor de clorofila Minolta SPAD 502. Las lecturas se realizaron en una hoja por planta en 20 plantas por parcela. Se tomaron mediciones en los estadios de 10 hojas expandidas (V<sub>10</sub>), en floración femenina (R<sub>1</sub>) y en grano pastoso (R<sub>4</sub>).

Se determinó el número de espigas por planta, el número de granos por espiga y la producción de materia seca (MS) en cuatro plantas representativas de los surcos centrales de las parcelas, llevando a estufa y pesando. Finalmente se cosecharon los 2 surcos centrales utilizando una cosechadora de parcelas Wintersteiger, obteniéndose el valor de rendimiento por parcela y el porcentaje de humedad de la muestra.

Todas las variables bajo estudio fueron analizadas utilizando el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2008). Se llevó a cabo un análisis de Varianza y se utilizó el test de Mínima Diferencia Significativa (LSD de Fisher) de comparación de medias, con un nivel de significancia  $P < 0.05$ . Se establecieron relaciones entre las variables analizadas a través de correlaciones y se describieron asociaciones a través de regresiones.

## Resultados y discusión

En el rendimiento se observó un efecto de la dosis de N ( $p \leq 0.0001$ ) y de la interacción híbrido por densidad ( $p \leq 0.0001$ ), sin interacción entre la dosis de N y las demás variables. Dosis más elevadas alcanzaron mejores rendimientos (Figura 2). El H1 sembrado a 50000 pl/ha fue el que presentó el mayor rendimiento. El H2 alcanzó su mayor rendimiento con 70000 pl/ha, mientras que H3 fue el híbrido que menos rendimiento tuvo y alcanzó su máximo rendimiento con 40000pl/ha (Figura 3).

Independientemente del híbrido, la productividad disminuyó al aumentar la densidad. Este resultado coincide con experiencias previas donde se determinó que cambios en la densidad de plantas



afectaron la cantidad de recursos disponibles por planta (Andrade *et al.*, 1999; Vega y Andrade, 2000).

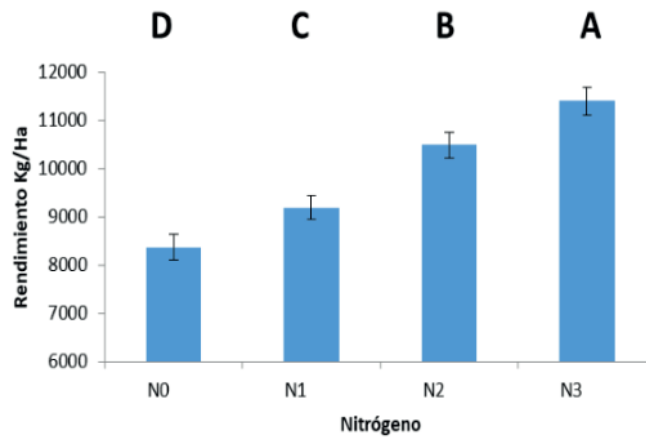


Figura 2: Rendimiento en kilogramos por hectárea obtenidos para cada dosificación nitrogenada (N0, N1, N2 y N3). Las barras muestran el promedio de las tres repeticiones y los tres híbridos evaluados con su correspondiente error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha= 0,05$ ).

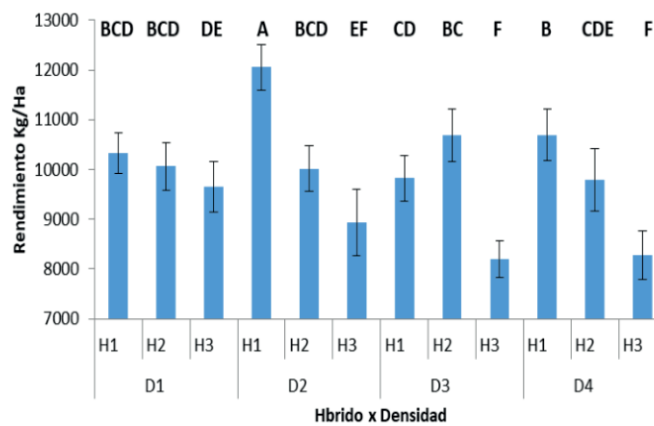


Figura 3: Rendimiento en kilogramos por hectárea obtenidos por cada híbrido (H1, H2 y H3) sembrado a distintas densidades (D1, D2, D3 y D4). Las barras muestran el promedio de las tres repeticiones y cuatro dosis evaluadas con su correspondiente error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha= 0,05$ ).

En general, caídas en la tasa de crecimiento por planta pueden reflejarse en mermas de rendimiento debido a una densidad supraóptima (Vega y Andrade, 2000). Esto se vio en la densidad óptima de cada híbrido: en el H3 fue la densidad más baja, en el H1 fue la D2 y en el H2 la D3. De este modo, el H2 fue el que manifestó mayor respuesta en rendimiento ante aumentos en la densidad. Esta respuesta puede ser consecuencia de la escasa capacidad de compensación por la generación de segundas espigas que presentó este genotipo en comparación con el resto (datos no mostrados). Así, además de la dotación de recursos, la densidad óptima depende de la capacidad compensatoria del híbrido (Sarlangue *et al.*, 2007).

En contraste a lo sucedido con densidad, los cambios en la dosis de N aplicada influyeron de forma directamente proporcional sobre el rendimiento como en evidencias previas (Akmal *et al.*, 2010). En experimentos en condiciones potenciales, utilizando una densidad de plantas equivalente al tratamiento D3 se alcanzaron rendimientos superiores a los observados en los 3 híbridos evaluados (Manso, 2021). De este modo, las condiciones hídricas durante el período crítico limitaron los rendimientos obtenidos. A igual disponibilidad de N, los híbridos lanzados recientemente presentan



una mejora en los rendimientos debido a una marcada mejora en la eficiencia de uso de N (Mueller y Vyn, 2016).

En las mediciones de IV en el estado V<sub>10</sub> se observó un efecto significativo de la interacción híbrido x densidad ( $p \leq 0,0197$ ). En este estado, no se encontró efecto significativo de la dosis de N ( $p = 0,1132$ ) sobre el IV. Las parcelas de baja densidad alcanzaron en general valores más altos de IV (Figura 4). En densidades medias los híbridos se ordenaron en el sentido de los tratamientos, H1 presentó en general el mayor IV mientras que H3 el menor, sin embargo en las densidades extremas el H3 tendió a tener lecturas mayores que los demás.

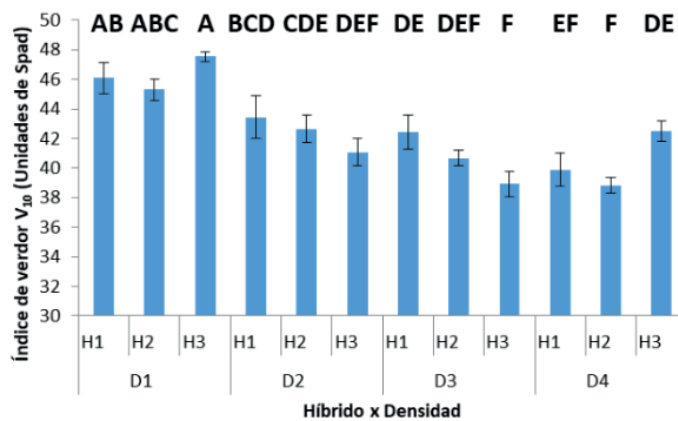


Figura 4: Índice de verdor en el estado V<sub>10</sub> para los tres híbridos (H1, H2 y H3) sembrados a distintas densidades (D1, D2, D3 y D4). Las barras muestran el promedio de las tres repeticiones y cuatro dosis evaluadas con su correspondiente error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha = 0,05$ ).

En V<sub>10</sub> resultó más notable la variabilidad de IV ocasionada por la densidad de siembra que por la fertilización nitrogenada. Como ya se mencionó con anterioridad, en los primeros estados de desarrollo, el maíz absorbe el Nitrógeno (N) de forma lenta (Licht y Al-Kaisi, 2005). Desde la octava hoja hasta el llenado de granos seguirá aumentando la absorción de N (Ciampitti y Vyn, 2012), siendo máxima la tasa de absorción en la etapa cercana a la floración (Mohkum et al., 2011). De este modo, la competencia provocada por el aumento en la densidad presentó un efecto significativo sobre este indicador de la disponibilidad nitrogenada.

En las mediciones de IV en R<sub>1</sub>, se observó efecto significativo de la densidad ( $p \leq 0,0001$ ), del N ( $p \leq 0,0001$ ) y del híbrido ( $p \leq 0,0017$ ). En general el H1 tendió a tener los mayores valores de IV, mientras que el H3 los menores. Esto puede estar asociado a lo reportado por Parco et al., (2020) quienes propusieron que híbridos más prolíficos presentaban una mayor eficiencia fisiológica en el uso del nitrógeno. Los cambios en la densidad y en la dosificación nitrogenada provocaron cambios sobre los indicadores de disponibilidad nitrogenada de una magnitud similar, aunque sentido inverso (Figura 5). La falta de recursos provocada por el tratamiento testigo y por la alta densidad produjo valores de IV más bajos, de acuerdo con lo observado por Boomsma et al. (2009).



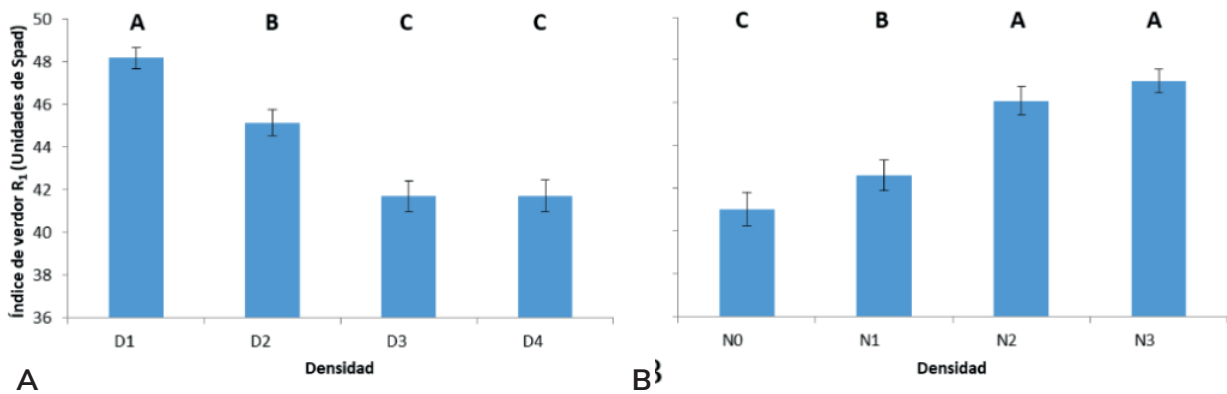


Figura 5: Índice de verdor en el estado R<sub>1</sub> A: para las cuatro densidades (D1, D2, D3 y D4) y B: las distintas dosificaciones de nitrógeno (N0, N1, N2 y N3). Las barras muestran el promedio de las tres repeticiones e híbridos con su correspondiente error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $\alpha=0,05$ ).

Densidades bajas y altas dosificaciones nitrogenadas no presentaron grandes variaciones en los indicadores de nutrición nitrogenada a través del tiempo (Figura 6). A partir de este estudio, también se pudo cuantificar que la densidad produjo variaciones en IV de similar o mayor magnitud a las dosis hacia el final del ciclo del cultivo. El efecto de la densidad de plantas y la disponibilidad de nitrógeno sobre el IV se comportó de manera aditiva en R<sub>4</sub>. En la densidad más baja los cambios en la disponibilidad nitrogenada se vuelven notorios en la medida que el cultivo avanza el desarrollo, en particular en R<sub>4</sub>. Este último resultado podría deberse a que la curva de absorción de N tiene un componente importante de absorción postfloración.

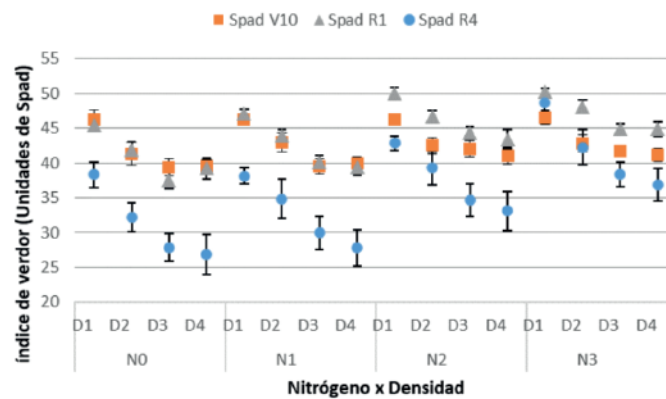


Figura 6: Valores de índice de verdor en los estados V<sub>10</sub>, R<sub>1</sub> y R<sub>4</sub> en función de las cuatro densidades (D1, D2, D3 y D4) y las distintas dosificaciones de nitrógeno (N0, N1, N2 y N3). Los marcadores muestran el promedio de las nueve repeticiones con su correspondiente error estándar.

En síntesis, altas densidades en el tratamiento testigo presentaron las menores lecturas de IV las cuales se incrementaron de similar medida al fertilizar o ante reducciones en la densidad del testigo. La densidad entre tratamientos extremos fue de alrededor del doble, mientras que la dosis de nitrógeno se triplicó entre N1 y N3. Así, para el correcto diagnóstico de la nutrición nitrogenada es importante considerar que la medición del índice de verdor permitirá diferenciar el estado nitrogenado del cultivo ante distintas disponibilidades de nitrógeno siempre y cuando comparemos dentro de una misma densidad.



## Conclusiones

No se encontró evidencia como para rechazar la primera hipótesis que plantea que ante similar disponibilidad de N, híbridos de maíz sembrados a mayor densidad presentaran reducciones en los valores de IV durante floración. Los rangos de densidad explorados afectaron las lecturas de IV, reduciéndolo a medida que se aumentó la densidad.

Se encontró evidencia como para rechazar la segunda hipótesis que plantea que las variaciones en IV son provocadas en mayor medida por cambios en la densidad de plantas que por modificaciones en la disponibilidad de N. Los cambios en IV provocados por aumentos en la densidad o disminuciones en la disponibilidad nitrogenada se comportaron de manera aditiva en estados avanzados del cultivo.

Se encontró evidencia como para rechazar la tercera hipótesis que plantea que los cambios en los valores de IV en siembras en baja densidad solo se manifiestan en estadios postfloración del cultivo de maíz. Si bien en la medida que avanza el desarrollo del cultivo las diferencias en IV se vuelven más notables, se observaron cambios importantes en el IV en R<sub>1</sub> ante cambios en la dosis de N.



## Referencias bibliográficas

- Akmal, M.; Rehman, H.; Farhatullah; Asim, M.; Akbar. 2010. Response of maize varieties to nitrogen application for leaf area profile, crop growth, yield and yield components. *Pakistán Journal Botanical* 42: 1941-1947.
- Andrade, F.H.; Cirilo, A.; Uhart, S.; Otegui, M.E. 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz. La barrosa* (ed). Dekalbpres. INTA, FCA UNMP. 290 p.
- Andrade, F.H.; Vega, C.; Uhart, S.; Cirilo, A.; Cantarero, M.; Valentinuz, O. 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Sci.* 39:453-459.
- Boomsma, C.R.; Santini, J.B.; Tollenaar, M.; Vyn, T.J. 2009. Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: an analysis and review. *Agron. J.* 101: 1426-1452.
- Ciampitti, I.; Vyn, T. 2012. Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. *Field Crops Research* 133: 48-67.
- D'Andrea, K.; Otegui, M.; Cirilo, A. 2008. Kernel number determination differs among maize hybrids in response to nitrogen. *Field Crops Research* 105: 228-239.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2008. InfoStat, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Egli, D.B. 2015. Is there a role for sink size in understanding maize-population-yield relationships? *Crop Sci.* 55:2453-2462. doi:10.2135/cropsci2015.04.0227
- Faostat. 2020. Maíz Producción. [En línea] <<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>> [consulta: 3 de Abril de 2020].
- Figueroa Bustos, V.; Baginsky, C.; Silva, P. 2016. *Evaluación del ISN como mejorador de la capacidad predictiva del SPAD*. Editorial Academica Española. ISBN: 978-3639637854. 136p.
- Kenney, D.R.; Nelson, D.W. 1982. Nitrogen-inorganic forms. En: Page, A.L., Miller, R.H., Kenney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, 2nd Edition. ASA-SSSA, Madison, WI, pp. 643-698.
- Licht, M.; Al-Kaisi, M. 2005. Corn Response, Nitrogen Uptake, and Water Use in Strip-Tillage Compared with No-Tillage and Chisel Plow. *Agronomy Journal* 97: 705-710.
- Manso, L. 2021. Ensayos comparativos de rendimiento de Maíz en Tres Arroyos. Campaña 2019-20. [En línea] <<https://inta.gob.ar/documentos/ensayos-comparativos-de-rendimiento-de-maiz-en-tres-arroyos-campana-2019-20>> [consulta: 7 de noviembre de 2021].
- Masclaux-Daubresse C.; Daniel-Vedele, F.; Dechorgnat, J.; Chardon F.; Gaufichon L.; Suzuki, A. 2010. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. *Annals of Botany* 105: 1141-1157.
- Mohkum, H.; Ahmad, A.; Wajid, A.; Akhter, J. 2011. Maize response to time and rate of nitrogen application. *Journal Botanical Pakistán* 43: 1935-1942.
- Mueller, S.M., Vyn, T.J. 2016. Maize plant resilience to N stress and post-silking N capacity changes over time: a review. *Front. Plant Sci.* 7, 53.



- Paliwai, R.; Granados, G.; Lafitte, H.; Violic, A. 2001. El Maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. 376p. Ed. Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación. Italia.
- Parco, M.; Ciampitti, I.A.; D'andrea, K.E.; Maddonni, G.A. 2020. Prolificacy and nitrogen internal efficiency in maize crops. *Field Crops Res.* 256, 107912.
- Ritchie, W.; Hanway, J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University: Ames, Iowa. Special Report N°48. 21p.
- Rorie, R.; Purcell, L.; Muzaffari, M.; Karcher, D.; King, A.; Marsh, M.; Longer, D. 2011. Association of —Greenness in corn with yield and leaf nitrogen concentration. *Agronomy Journal* 103: 529-535.
- Sarlangue, T.; Andrade, F.H.; Calviño, P.; Purcell, L. 2007. Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density. *Agron. Journal*.99:984-991.
- Subedi, K.; Ma, B. 2005. Nitrogen Uptake and Partitioning in Stay-Green and Leafy Maize Hybrids. *Crop Science Society of America* 45: 740-747.
- Vega C.R.; Andrade, F.H. 2000. Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. In: "Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja". F.H. Andrade y V.O. Sadras (Eds.), INTA-UIB. Capítulo 4, páginas 97-133.
- Waring, S.A.; Bremner, J.M. 1964. Ammonium production in soil under water logged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature* 201: 951-952.
- Zhang, J.; Blackmer, A.; Ellsworth, J.; Koehler, K. 2008. Sensitivity of chlorophyll meters for diagnosing nitrogen deficiencies of corn in production agriculture. *Agron. Journal* 100: 543-550.