



**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





EL MANEJO DEL CULTIVO DE MAÍZ TEMPRANO EN DISTINTAS REGIONES PRODUCTIVAS: EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y SU VARIABILIDAD.

Micheloud J.^{1,2}; Martini G.¹; Pedraza F.¹; Satorre, E.^{1,2}.

¹ Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (CREA). Sarmiento 1236, CABA, Buenos Aires, Argentina.

² Facultad de Agronomía, Cátedra de Cerealicultura. Av. San Martín 4453, CABA, Buenos Aires, Argentina.

michelou@agro.uba.ar

EARLY-SOWN MAIZE IN VARIOUS REGIONS OF ARGENTINA: EVALUATING YIELD AND ITS VARIABILITY.

Abstract

Early maize is produced under a wide range of conditions in Argentina. The variability of yields obtained is usually explained by differences in the environmental conditions explored by the crops. However, large differences in crop management may determine not only the yield but its variability in the regions where the crop is sown. To determine how different crop management carried out by the farmers is, we analyse aspects such as sowing date, crop density and nitrogen, phosphorous and sulphur fertilization rates using a large on-field data base of producers from CREA (www.crea.org.ar). Yields and crop management from 9203 fields in an area between 26° and 38° South latitude and 58° and 65° West longitude were gathered for three years and analysed. Data were organized in three macro-regions for agroecological similarities. The mean and maximum fertilizer rates used varied among the studied regions. Moreover, crop yield positive responses to fertilizer application varied depending on the region analysed. Similarly, factors such as planting date and planting density had a different impact on yield for each region. The analysis showed that crop management differed among regions and that these differences must be considered when new technologies or hybrids are released to farmers.

Keywords

Maize crop structure, maize fertilization, yield

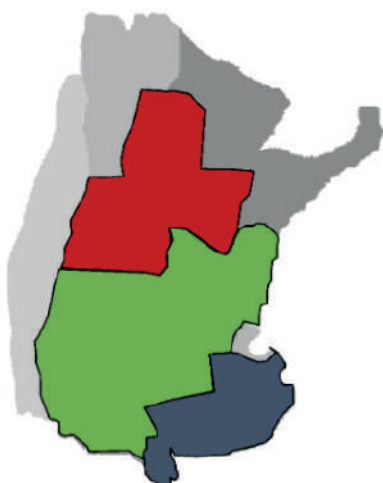


Introducción

La producción de maíz se extiende sobre una amplia región de Argentina desde el norte del país, hasta el sur de Buenos Aires y La Pampa, explorando un amplio rango de condiciones ambientales. Las diferencias ambientales en el área productiva han sido bien descritas en varios trabajos (ej. Hall et al., 1992). Consecuentemente, es esperable que se observen amplias variaciones en el manejo de los cultivos bajo distintas condiciones. Sin embargo, las posibles diferencias entre las principales variables que definen la estructura y nutrición del cultivo sólo han sido parcialmente descritas en trabajos técnicos, pero no han sido comparadas entre sí (ver en Satorre, 1996, 2002 y 2008; Sibaja et al., 2014). Por ello, el objetivo de este trabajo fue describir comparativamente variaciones en el manejo reciente del cultivo de maíz temprano o de primera en regiones contrastantes y cuantificar como estas variaciones pueden afectar el rendimiento y su variabilidad. Para ello, se usaron datos obtenidos en lotes de producción a campo de productores CREA entre las campañas 2018 - 2020.

Metodología

Se utilizó una base de datos de lotes de producción de maíz de miembros CREA (www.crea.org.ar). La base, denominada DAT CREA (Datos Agrícolas Trazados CREA) contiene información provista por los productores en sus condiciones reales de producción. La base contenía información de manejo, ambiente del lote y resultados de producción de 9203 lotes de maíz de siembra temprana o de primera informados a lo largo de tres campañas (2018/2019 a 2020/2021) reuniendo cerca de 600 mil has del cultivo. Para el análisis, se descartaron lotes con riego y con influencia de napa, lotes no cosechados por adversidades extremas y lotes que informaban adversidades bióticas y abióticas. Estos pudieron haber generado un impacto importante en el rendimiento obtenido y no eran representativos del resultado esperado en las condiciones normales de producción en secano frecuentes en el área maicera Argentina. Los datos se agruparon en tres grandes macroregiones (Figura 1): (i) Norte, incluyendo las regiones CREA Chaco Santiagueño, Norte de Santa Fe y Córdoba Norte, (ii) Centro, incluyendo las regiones CREA Litoral Sur, Santa Fe Centro, Sur de Santa Fe, Centro, Norte de Buenos Aires, Oeste, Oeste Arenoso y Semiárida; y (iii) Sur, que incluyó las regiones CREA Sudeste, Mar y Sierras y Sudoeste. Según la variable analizada y región, se analizaron diferente cantidad de casos (lotes; ver Cuadro en Figura 1).



Norte	593
Centro	7211
Sur	1399

Figura 1. Identificación de las zonas analizadas. El Cuadro indica el número de (casos) incluidos en cada zona.



Resultados

Rendimiento

La macro-región Centro (porción central del área productiva) fue la de mayor productividad media (9320 kg/ha) seguida por la macro-región sur (8771 kg/ha). La macro-región Norte tuvo el menor rendimiento medio alcanzado (7634 kg/ha). Paralelamente en la macro-región Centro se obtuvieron los mayores rendimientos máximos (Figura 2), con rendimientos superiores en casi 2000 kg/ha a los obtenidos en el percentil 95 de las otras regiones. Los rendimientos mínimos (percentil 25, Figura 2) fueron similares entre las macro-regiones Centro y Sur, pero mayores a los rendimientos mínimos de la macro-región Norte. La macro-región sur fue la de menor variabilidad de rendimientos (Figura 2). Estas diferencias de productividad entre regiones podrían atribuirse en parte a las diferentes condiciones agroecológicas y al manejo o ambiente tecnológico que explora el cultivo en cada una de las regiones analizadas.

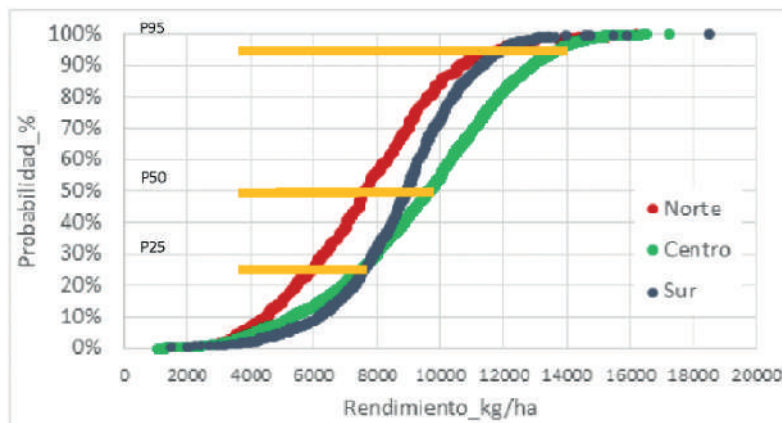


Figura 2. Distribución de frecuencia acumulada de los rendimientos de maíz en tres macro-regiones productivas de Argentina a lo largo de tres campañas. Las líneas horizontales indican los percentiles de la distribución considerados aquí como umbrales de ambientes de baja (P25), media (P50) y muy alta productividad (P95).

Fertilización

La dosis promedio de fertilizante de los principales nutrientes utilizados por los productores fue mayor en la macro-región Centro y menor en la macro-región Norte (Cuadro 1). La macro-región Sur mostró niveles de aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) intermedios a los de aquellas regiones (Cuadro 1).

Nutriente	Norte	Centro	Sur
Nitrógeno	65	95	83
Fósforo	13	22	20
Azufre	4	9	8

Cuadro 1. Dosis (kg/ha) media de tres nutrientes (N, P y S) aplicados en forma de fertilizante en tres macro-regiones productivas de Argentina. Las dosis se expresan en kg/ha de elemento, N, P o S.

Las diferencias de rendimiento entre regiones aparecen asociadas diferencialmente al uso de fertilizantes en cada región. Así, el impacto del incremento en las dosis de nutrientes fue mayor en la macro-región Centro y menor en la macro-región Norte. La región Sur mostró respuestas intermedias (Figura 3). En la macro-región Centro el rendimiento medio de maíz y su mediana se incrementan en



todo el rango de dosis de nitrógeno y fósforo utilizado y, ante el agregado de azufre (Figura 3). Asimismo, la variabilidad de rendimientos disminuye a medida que se incrementa la dosis de nutrientes en la macro-región Centro (Figura 3d, e y f). En la macro-región Sur el comportamiento fue similar, pero los incrementos observados con el agregado de dosis mayores de nutrientes fueron de menor magnitud (Figura 3 g, h e i). Contrariamente, en la macro-región Norte, las variaciones de rendimiento promedio de maíz y su mediana con el incremento de la dosis utilizada de los nutrientes fue bajo (Figura 3 a, b y c). Es destacable que los rendimientos mínimos y máximos, extremos de las barras en las cajas de la Figura 3, mostraron la menor variabilidad con las mayores dosis de fósforo en todas las macro-regiones.

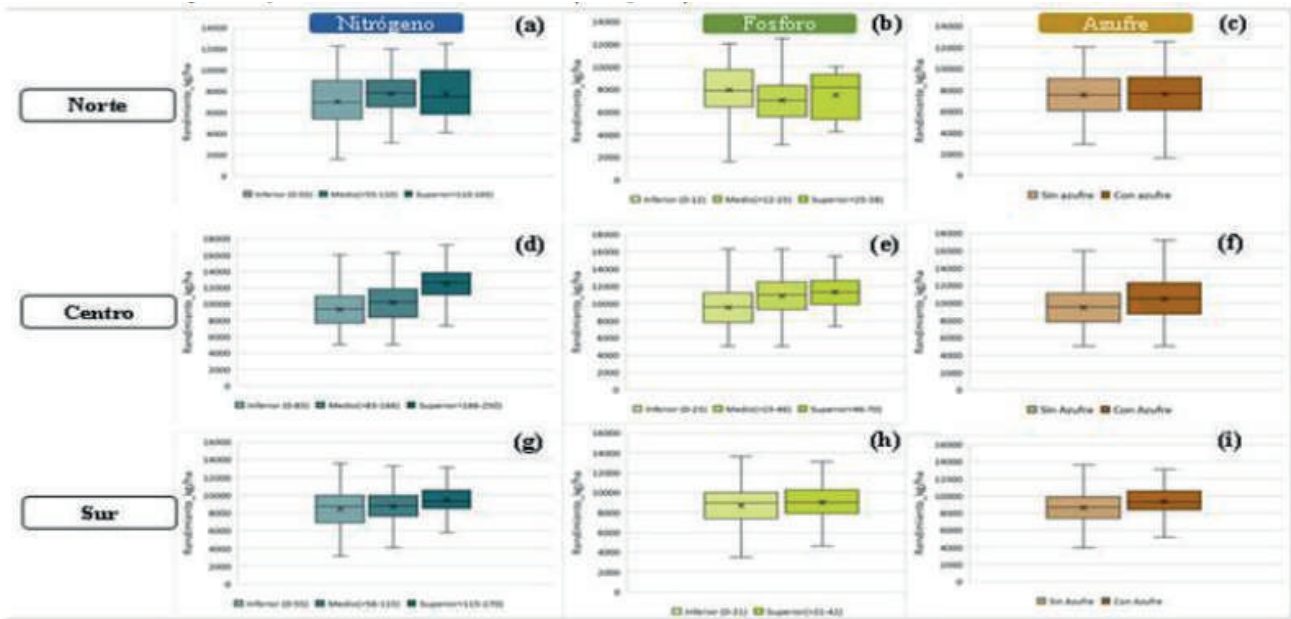


Figura 3. Rendimiento de maíz según rango de dosis de nutriente utilizada, en las macro-regiones Norte, Centro y Sur. Las cajas incluyen el 50% de los resultados obtenidos, los puntos interiores indican el promedio y la raya horizontal la mediana de la distribución. Los rangos utilizados se expresan en dosis de nutrientes (kg/ha) utilizada en cada caso.

Fecha de siembra

Hubo diferencias en los rendimientos de maíz con variaciones en la fecha de siembra en todas las macro-regiones; aunque el impacto de esas variaciones difirió entre ellas. En la macro-región Norte el rendimiento resultó mayor con el retraso en la fecha de siembra entre el 1 de agosto y el 20 de noviembre. De manera semejante, este comportamiento fue acompañado por la variación de los límites inferiores y superiores del rendimiento, estimados por los cuartiles inferior y superior de la distribución de frecuencia acumulada (Figura 4). La mejora en el rendimiento del cultivo de maíz temprano al demorar la fecha de siembra se debería en parte a que el período crítico para la determinación del rendimiento del ciclo del cultivo se ubica en un período de alto nivel de precipitaciones y menores demandas, durante los meses de verano. Por otra parte, las siembras tempranas, en cambio, serían más dependientes de la recarga del perfil durante el invierno, período en que las precipitaciones son muy escasas en la mayor parte del área productiva (Figura 5a). De este modo, las siembras muy tempranas expondrían los cultivos a condiciones que incrementan la variabilidad del rendimiento y reducen su valor promedio. Otros factores tales como las altas temperaturas durante el verano, en combinación con una baja disponibilidad de agua, también condicionarían fuertemente los rendimientos logrados con el cultivo de maíz temprano, y es una de las causas principales por las que en esta región adquiere mayor relevancia la siembra de maíz tardío



entre los meses de diciembre y enero (se hace notar que la superficie de la macro-región Norte en siembras tempranas fue, en el total de tres campañas, 33054 has y en siembras tardías: 408270 has.

En la macro-región Centro la siembra de maíz temprano se inicia alrededor del 10 de agosto y se mantuvo hasta mediados de noviembre. Dentro de ese período, las siembras de la última decena de septiembre y primera decena de octubre se mostraron como las que mayor rendimiento promedio y estabilidad de rendimiento logran y donde el rendimiento potencial fue máximo y los pisos de rendimiento fueron elevados (Figura 4). Las siembras realizadas dentro de esa ventana de 20 días ubican el período crítico en el mes de diciembre, en general con buenas condiciones de balance hídrico, minimizando el riesgo de déficit hídrico debido a la alta probabilidad de recarga de agua del suelo generada por las precipitaciones de primavera (Figura 5b). Además, el momento de ese período crítico se anticiparía a la mayor demanda que generan las altas temperaturas de enero. Pero, por otra parte, las siembras más tempranas en esta región expondrían al cultivo a temperaturas más bajas durante la implantación extendiendo el período entre siembra y emergencia e incrementarían el riesgo de daño de heladas tardías en las fases iniciales del ciclo del cultivo.

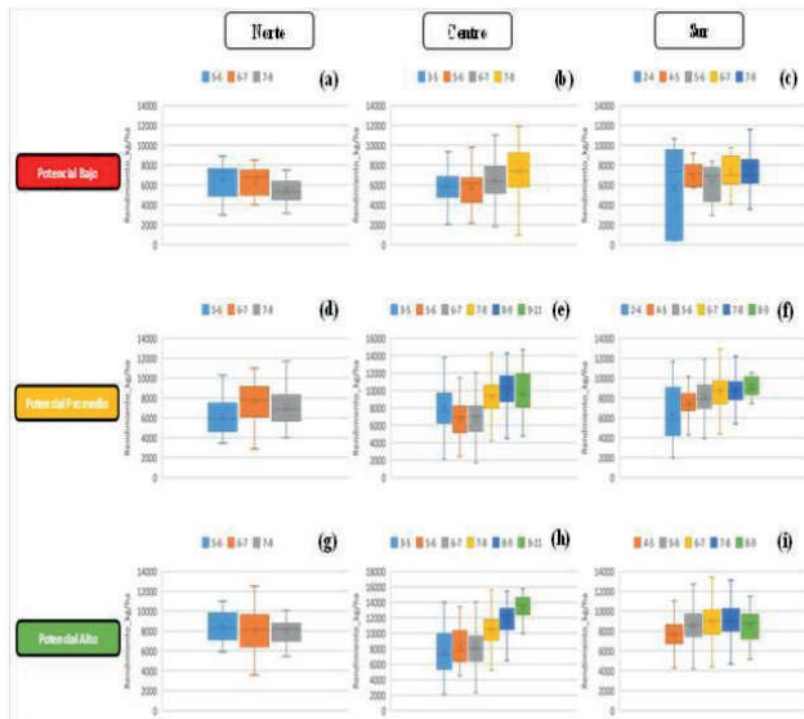


Figura 4. Rendimiento de maíz según decanato de siembra, en las macroregiones Norte, Centro y Sur. Las cajas incluyen el 50% de los resultados obtenidos, los puntos interiores indican el promedio y la raya horizontal la mediana de la distribución.

En la macro-región Sur, la siembra se inicia a mediados de septiembre y continúa hasta mediados de noviembre. El rendimiento promedio máximo se logra con las siembras que se ubican entre el 20 de septiembre y el 10 de octubre (Figura 4). A medida que se demora la fecha de siembra después del 10 de octubre, el rendimiento medio tiende a disminuir, y además se incrementa su variabilidad siendo menores, y mayor la frecuencia, de los rendimientos más bajos; es decir, en fechas tardías se redujo el piso de rendimiento: las siembras de mediados de noviembre son las de menor rendimiento y mayor variabilidad. Esto se debería en parte a que ubican el período crítico del cultivo durante el mes de enero, en condiciones de alta demanda atmosférica y relativamente menores lluvias, lo cual expone los cultivos a mayor probabilidad de experimentar déficit hídrico. A pesar de que las



precipitaciones en la macro-región Sur se incrementan hacia el final del verano, estas no llegan a contribuir a mayores rendimientos en el cultivo. Por otra parte, la elevada exposición del cultivo de maíz al daño de heladas tardías y tempranas condiciona el rendimiento y variabilidad en la mayor parte de esta macro-región.

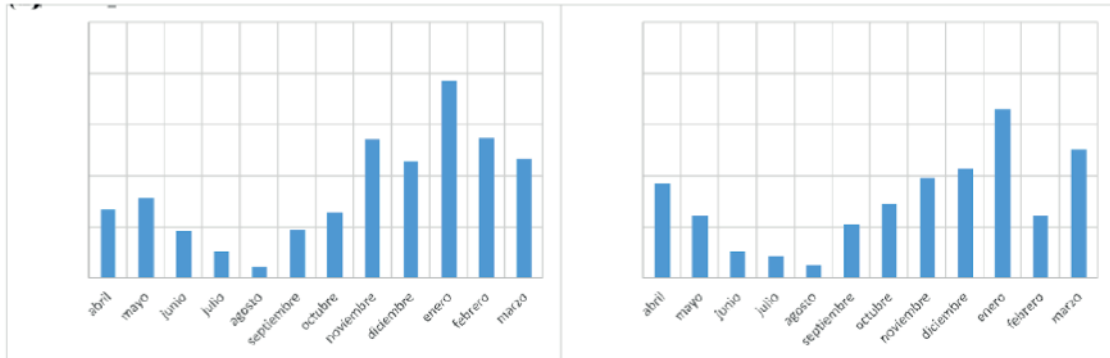


Figura 5. Precipitaciones mensuales promedio de 3 años y sitios de la macroregión (a) Norte, y (b) Centro.

Densidad

El impacto generado por variaciones en la densidad de siembra, y el rango de densidad utilizado, se modificó entre macroregiones, y con el potencial del ambiente dentro de cada macroregión (Figura 6). El potencial del ambiente surge de una clasificación subjetiva en tres categorías (Bajo, Medio y Alto) realizada por técnicos y asesores de cada macroregión.

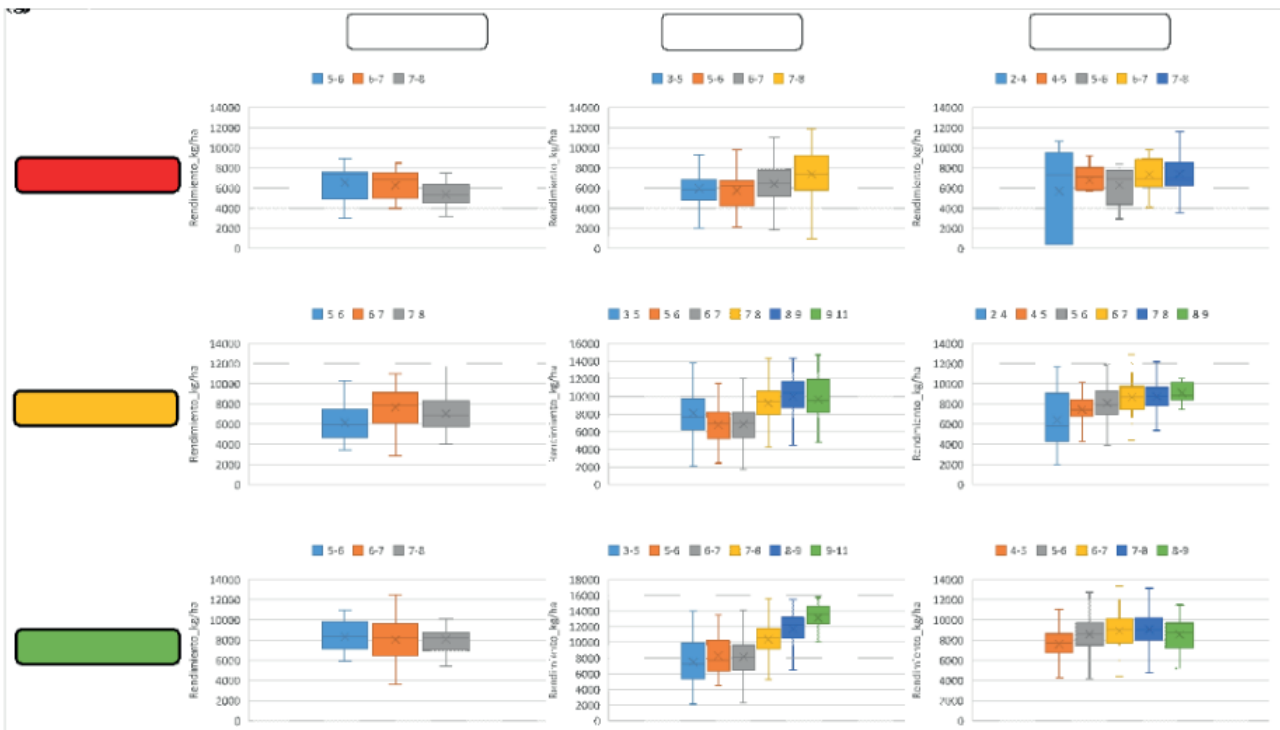


Figura 6. Rendimiento de maíz según rango de densidad utilizada y calidad del ambiente, en las macroregiones Norte, Centro y Sur. Las cajas incluyen el 50% de los resultados obtenidos, los puntos interiores indican el promedio y la raya horizontal la mediana de la distribución.



En la macro-región Norte, los productores utilizan una densidad de siembra que va desde 5 hasta 8 semillas por metro cuadrado. En ambientes de bajo potencial, los mejores resultados en rendimiento se logran con las menores densidades utilizadas, (5- 6 semillas por metro cuadrado), reduciéndose fuertemente los rendimientos promedio de maíz al superar las 7 semillas sembradas por metro cuadrado (Figura 6a). En ambientes de potencial medio, los rendimientos medios logrados se maximizan en las densidades intermedias (6-7 semillas por metro cuadrado; Figura 6d). A diferencia de lo que ocurre en los ambientes de bajo potencial, en los ambientes de mayor potencial, el rendimiento promedio y su mediana se mantienen elevados hasta densidades de 8 semillas sembradas por metro cuadrado (Figura 6g). Es posible observar que, (i) en los ambientes de menor potencial, los rendimientos se maximizan en las densidades menores; (ii) en los ambientes de potencial medio, los rendimientos encuentran su óptimo en densidades intermedias, y (iii) en los ambientes de mayor potencial, los rendimientos se mantienen elevados en todo el rango de densidades, sin caídas de rendimiento en las mayores densidades utilizadas.

En la macro-región Centro, los productores utilizan un rango de densidades mucho más amplio que en la macro-región norte, ya que se siembran desde 3 hasta 11 semillas por metro cuadrado. Las densidades utilizadas se modifican según el tipo de ambiente. En ambientes de potencial bajo, se utilizan entre 3 y hasta 8 semillas por metro cuadrado, y si bien los rendimientos se incrementan en todo el rango, también se incrementa su variabilidad. Esto sugeriría un mayor riesgo de bajos rendimientos al incrementar la densidad en estos ambientes (Figura 6b). En ambientes de potencial medio, si bien se siembran desde 3 hasta 11 semillas por metro cuadrado, los mejores resultados se logran con las densidades entre 8 y 9 semillas por metro cuadrado; en estas densidades el rendimiento promedio es máximo y, además, los pisos de rendimiento y techos (altos) rendimientos también son los mayores (Figura 6e). En los ambientes de mayor potencial, los rendimientos se incrementan en todo el rango de densidades utilizadas hasta las 11 semillas por metro cuadrado (Figura 6h). Estos ambientes también se muestran como los de menor variabilidad de rendimientos, y esto seguramente está relacionado a que la utilización de tecnología es mayor.

En la macro-región Sur, se utilizan niveles de densidad que van desde las 2 hasta las 9 semillas por metro cuadrado, aunque con variaciones entre los ambientes. En ambientes de bajo potencial, se utilizan entre 2 y 8 semillas por metro cuadrado, donde las menores densidades están asociadas a suelos someros por alguna restricción física, tales como la presencia de tosca. En estos ambientes, el uso de densidades que van de 4 a 8 semillas por metro cuadrado mostró rendimientos promedio relativamente estables. Con bajas densidades, entre las 2 y las 4 semillas por metro cuadrado, la variabilidad del rendimiento es muy elevada. Esto seguramente esté asociado a que estas densidades se utilizan en los ambientes de suelos someros con alto riesgo (Figura 6c). En los ambientes de potencial promedio, los rendimientos se maximizan a partir de las 6 semillas por metro cuadrado, sin caída del rendimiento promedio hasta las 9 semillas por metro cuadrado (Figura 6f). En los ambientes clasificados como de mayor potencial, no se utilizan densidades inferiores a las 4 semillas por metro cuadrado. Los rendimientos se incrementan hasta las 8 semillas por metro cuadrado, y se observa una leve caída en el rendimiento por encima de ese nivel de densidad (Figura 6i), aunque este resultado podría estar influenciado por la menor cantidad de casos disponibles.



Comentarios finales

El análisis realizado a partir de rendimientos de lotes de producción puso en evidencia tanto las diferencias de manejo a campo del cultivo en las macro-regiones estudiadas como las diferencias en rendimiento y su variabilidad. La nutrición del cultivo de maíz temprano apareció como un factor de manejo relevante para el logro de altos rendimientos. Sin embargo, debido a diferencias agroecológicas y a la incidencia de factores locales y/o tecnológicos, el aporte de cada uno de los nutrientes analizados al rendimiento resultó distinto y de diferente magnitud entre las macro-regiones analizadas.

El impacto de la fecha de siembra es diferente entre las macroregiones, siendo mayor en el norte y centro del país, y menor en el sur. En todas las regiones se pudo identificar un rango de fechas de siembra óptimo, que permite maximizar los rendimientos y minimizar su variabilidad.

La densidad de siembra es modificada por los productores según la calidad del ambiente donde van a sembrar. En términos generales, la densidad se incrementa en los ambientes de mayor potencial, y se baja en los ambientes de menor potencial. El rendimiento en general se incrementa hasta las máximas densidades de semillas utilizadas en los mejores ambientes, y encuentran un óptimo en ambientes de calidad intermedia, que tiende a ubicarse en densidades inferiores a la máxima utilizada en cada macroregión. En condiciones de fuertes limitaciones como los peores ambientes en el norte del país, o los ambientes someros en el sur, se incrementa la variabilidad de rendimientos, reflejando esto el mayor riesgo propio de estos ambientes.

Apoyo financiero

Este trabajo fue realizado en el marco del convenio CREA-PROFERTIL-MAICERO 2021-2024, con apoyo financiero de PROFERTIL S.A



Referencias bibliográficas

Hall, A.J.; Rebella, C.M.; Ghera, C.M.; Culot, J. Ph., 1992. Field-crop systems of the

Pampas, in: Pearson C.J. (Ed.), Field crop ecosystems series: Ecosystems of the world. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 413-450.

Satorre, E.H. – Coordinador, 1996. Maíz. Cuaderno de Actualización Técnica No 57, AACREA; 138 pp.

Satorre, E.H. – Coordinador, 2002. Maíz. Cuaderno de Actualización Técnica N° 65, AACREA; 168 pp.

Satorre, E.H. Coordinador, 2008. Producción de Maíz. 132pg. AACREA, Arg. (ISBN 978-987-1513-00-0)

Sibaja, G.; Satorre, E.H.; Suárez, M., 2014. Maíz. Técnicas probadas para una producción rentable. AACREA, Arg. 96 pp (ISBN 978-987-1513-13-0).