

# Densidad de plantas en maíz: Ajuste por ambiente

Fernando Ross<sup>1</sup>

## Introducción

Entre los cultivos extensivos de mayor difusión en la pampa húmeda, el maíz es conocido por su sensibilidad ante factores de estrés. Cualquiera sea el causante que limite el crecimiento el cultivo condicionará fuertemente su productividad, siendo crítico el periodo centrado en la floración (Andrade y Sadras, 2000). En la zona de influencia de la Chacra Experimental de Barrow en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires, el área con mayor difusión del cultivo se encuentra al este-noreste de la ciudad de Tres Arroyos, en dirección hacia el este y la costa. Esta sub-región contiene un alto porcentaje de suelos con limitaciones menores y recibe el mayor régimen de precipitación de la región. Según evaluaciones zonales, esta área exhibe la mayor superficie sembrada con maíz (Forján y Manso, 2011). Sin embargo, una minoría de productores extiende la frontera del cultivo y lo realiza en zonas consideradas marginales. En contraste con la región maicera, la principal limitación de las zonas marginales son su menor régimen hídrico y la presencia de tosca a profundidad variable que limita la profundidad útil del perfil del suelo. El horizonte calcáreo reduce la capacidad de almacenaje de agua y condiciona al cultivo a lluvias oportunas durante su ciclo. Generalmente, esta limitación se traduce en una reducción del rendimiento de los cultivos (Calviño y Sadras, 1999; Ross et al., 2012; Leonardi, 2012).

La experiencia de los productores muestra que los mapas de rendimiento de maíz en suelos con tosca exhiben menor productividad y mayor variabilidad respecto a la zona con aptitud maicera. En secano, la tecnología adecuada por sitio o ambiente está supeditada a la condición meteorológica del año. No obstante, comparando años con diferencias sustanciales en las lluvias, los ambientes conservan su identidad (Doerge, 1999). La forma racional de realizar manejo sitio específico (MSE) es explicando el comportamiento espacial de cada cultivo. Con este fin se diseñó un ensayo asociado a microparcels en los distintos ambientes que nos permitan identificar que le ocurrió al crecimiento y desarrollo del cultivo y a los componentes del rendimiento por ambiente. El objetivo de este trabajo fue evaluar la densidad de siembra y su interacción con la calidad del ambiente sobre la productividad del cultivo de maíz.

## Materiales y métodos

En las campañas agrícolas 2009/10 y 2010/11 se realizaron cuatro experimentos, dos por año. Los mismos

se distribuyeron en la zona conocida como “El Carretero” (EC), serie Ochandio (Hapludol típico), sin tosca y con limitaciones menores; y en la cercanía de la ciudad de Tres Arroyos (TA), serie Tres Arroyos (Paleudol petrocálcico), con relieve ondulado y tosca a distintas profundidades.

El experimento consistió en evaluar tres densidades de siembra por localidad, dispuestas en franjas atravesando el lote en el sentido de mayor variabilidad. La caracterización de la variabilidad se realizó con mapas de rendimiento o de tosca, seleccionando cortes (o límite teórico de ambiente) de modo de establecer tres ambientes contrastantes donde se ubicaron las tres densidades en franjas en forma aleatoria. La cosecha del ensayo se realizó con monitor de rendimiento. Para minimizar los errores mecánicos, los datos obtenidos del monitor fueron cotejados con el peso medido en la monotolva luego de la cosecha de cada franja.

La medición de la profundidad del horizonte calcáreo se realizó con una varilla metálica graduada (pinche), georreferenciando cada muestreo con GPS. Se utilizó un muestreo en grilla con mediciones cada 15 m.

Al no disponer de mapas previos, en EC se utilizaron los datos de rendimiento del mismo cultivo para construir el mapa de ambiente, sin considerar los datos de las franjas de ensayo. En cambio, en TA se utilizaron los datos de profundidad de tosca para obtener los mapas vectoriales de ambiente. El índice de productividad originado desde los datos de rendimiento se calculó como el porcentual referido al promedio del lote (%) y en el caso de tosca se expresó como profundidad efectiva del suelo (cm). Los datos espaciales se asociaron mediante la extensión GeoProcessing del programa ArcView 3.2, para su posterior evaluación. El análisis estadístico de los datos vinculados en el espacio se realizó con el paquete estadístico SAS, según un modelo de efectos mixtos (Proc Mixed), donde se explica el rendimiento a partir de la densidad de siembra, la variable de sitio, y su interacción. Para exhibir la tendencia de los datos se trazaron regresiones con los promedios de la variable de sitio y de la densidad.

## Resultados y discusión

La distribución de las precipitaciones resultó determinante en la diferencia entre campañas para el cultivo de maíz. Durante la campaña agrícola 2009/10, las precipitaciones importantes se concentraron en el mes de febrero, siendo tardías para el cultivo que floreció a mediados de enero. En cambio, durante la campaña 2010/11, las precipitaciones se concentraron

<sup>1</sup> Chacra Experimental Integrada MAA-INTA. Barrow. Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: fross@correo.inta.gov.ar

**Tabla 1. Precipitaciones mensuales (PP) para las sub-zonas ensayadas y temperatura media mensual mínima y máxima (T°) para Barrow (Tres Arroyos).**

2009/10		May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
PP, mm	El Carretero	47	42	56	5	29	32	83	72	71	250	95
	Tres Arroyos	42	47	38	4	36	45	70	62	50	241	80
T°, °C	Mínima	5.5	2.3	0.6	4.8	2.7	6.8	8.7	12.0	14.8	13.5	12.5
	Máxima	18.5	13.7	12.7	18.5	16.0	20.9	24.7	27.2	31.4	26.5	24.7
2010/11		May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
PP, mm	El Carretero	37	32	83	15	38	52	91	48	160	58	119
	Tres Arroyos	42	20	73	6	51	70	139	23	126	36	50
T°, °C	Mínima	5.2	2.2	1.7	1.1	4.5	7.0	9.7	12.7	15.3	12.6	12.1
	Máxima	17.6	13.6	11.2	15.0	17.5	20.4	22.5	29.8	29.0	27.4	26.5

**Tabla 2. Rendimiento promedio y coeficiente de variación para las dos localidades ensayadas, en ambas campañas, según densidad de plantas a cosecha.**

Localidad	Campaña	Densidad a cosecha pl m <sup>-2</sup>	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>	Coeficiente de Variación, CV %
Tres Arroyos	2009/10	3.9	3216	78.2
		5.9	2697	102.6
		7.4	1862	142.3
	2010/11	3.8	7722	29.9
		5.4	8221	33.4
		7.2	8455	34.2
El Carretero	2009/10	5.1	10 039	26.3
		6.7	10 436	22.7
		8.7	10 094	32.9
	2010/11	5.0	12 394	7.5
		7.2	13 012	5.2
		9.2	13 592	6.0

en enero favoreciendo el cuaje de los granos en ambas localidades. Asociado a las precipitaciones en el mes, la temperatura media máxima del mes de enero resultó elevada en la campaña 2009/10, con varios días de más de 37 °C que agudizaron el déficit hídrico y perjudicaron la polinización (**Tabla 1**).

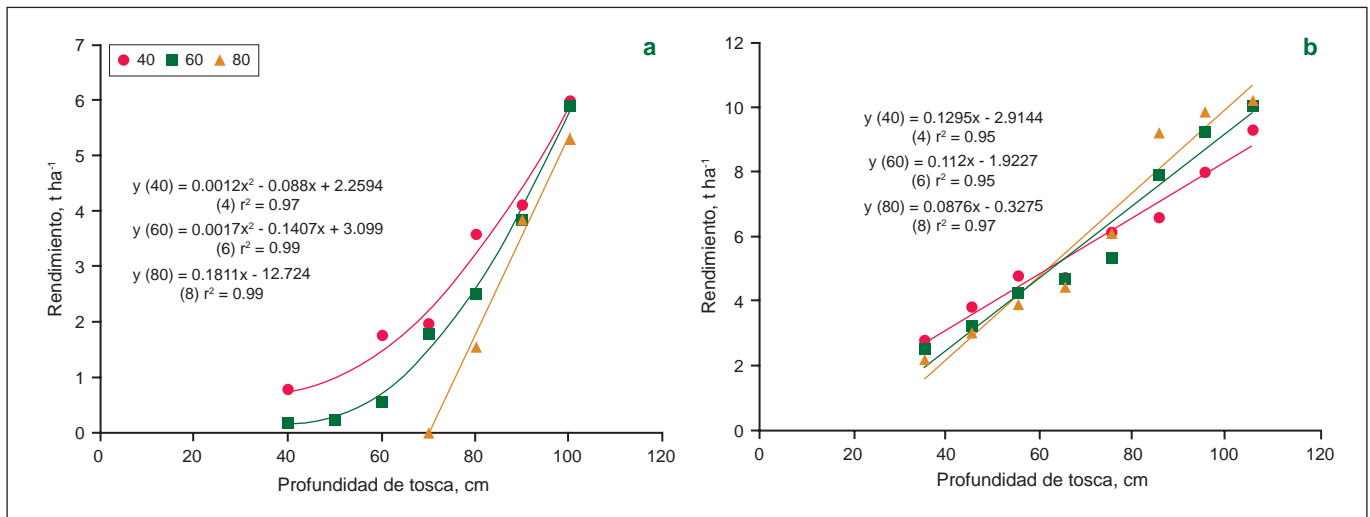
Los promedios de rendimiento difirieron entre años y localidades (**Tabla 2**). En la localidad de TA, los promedios de rendimiento por año resultaron muy diferentes. Durante la campaña 2009/10, la productividad fue muy limitada dada la escasez de precipitaciones en enero. En cambio, la variación de rendimiento entre años para la localidad de EC no fue tan marcada. Estos resultados coinciden con la calidad de los ambientes evaluados y con el contraste de precipitaciones durante el periodo crítico del cultivo en cada año de siembra. Además, acorde a la variabilidad de ambientes en cada localidad, las variaciones de rendimiento resultaron superiores en TA a las encontradas en EC (**Tabla 2**).

El comportamiento sitio-específico del cultivo fue significativo en ambas localidades y en ambos años (**Tabla 3**). Además, en cada experimento resultó significativo el efecto de la densidad, y esta variable tuvo un comportamiento diferencial según el índice de ambiente.

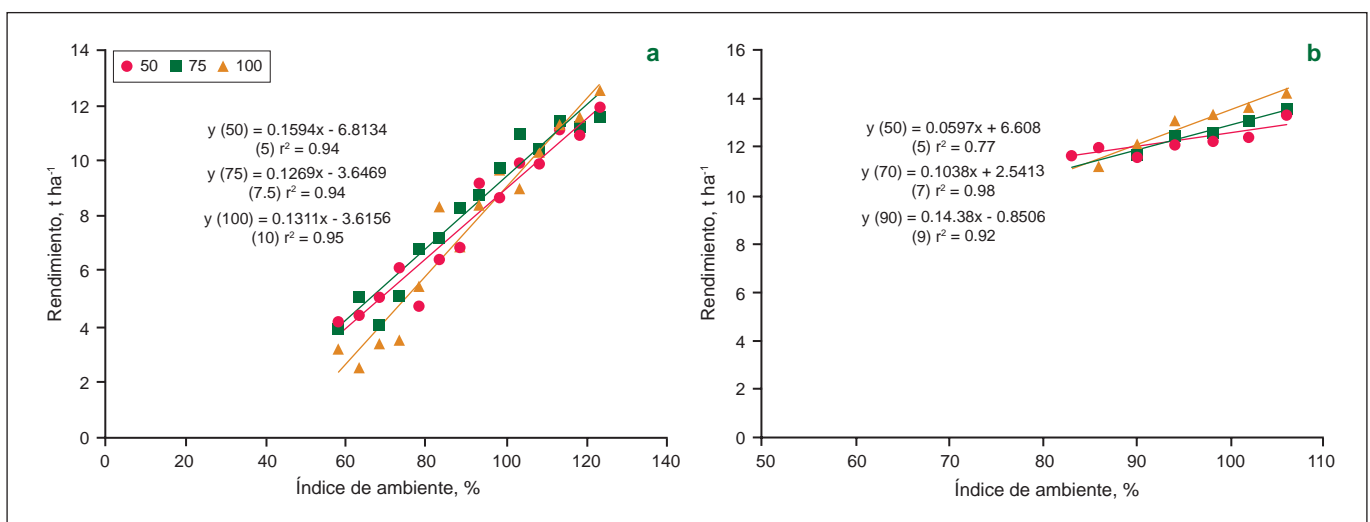
En TA para la campaña 2009/10, las condiciones de crecimiento determinaron una interacción entre la densidad y la variable de sitio diferente a la observada en los demás experimentos. La mayor densidad de siembra presentó menor rendimiento en todos los ambientes y el rendimiento se hizo nulo cuando la tosca se encontró a menos de 70 cm de profundidad (**Figura 1a**). En cambio, las mejores condiciones de enero de la campaña siguiente, determinaron una mayor productividad para todas las profundidades, manteniendo la interacción con densidad de siembra (**Figura 1b**). Con poco perfil de suelo, el cultivo de maíz se comportó mejor a baja densidad, y con mayor

**Tabla 3. Nivel de significancia sobre el rendimiento de las variables índice de ambiente (IA) y densidad de siembra (Ds) para cada localidad, en cada año de estudio. El índice de ambiente corresponde a la variable de sitio evaluada en cada localidad.**

	TA 2009/10	EC 2009/10	TA 2010/11	EC 2010/11
IA	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Densidad	<0.0001	0.0673	0.0263	0.0001
IA*Ds	0.0019	0.0127	<0.0001	0.0164



**Figura 1. Rendimiento en función de la profundidad de tosca, para tres densidades de plantas a cosecha (miles plantas ha⁻¹) en TA, campañas 2009/10 (a; n=575) y 2010/11 (b; n=851).**



**Figura 2. Rendimiento en función del índice de ambiente, para tres densidades de plantas a cosecha (miles plantas ha⁻¹) en EC, campañas 2009/10 (a; n=851), y 2010/11 (b; n=1037).**

profundidad efectiva las densidades mayores tuvieron mayor rendimiento (**Figura 1b**).

En EC durante el año seco (2009/10), a bajo índice de ambiente, la densidad menor logró un mejor desempeño, mientras que con altos índices de ambiente los mayores rendimientos se alcanzaron con la mayor densidad (**Figura 2a**). En cambio, para la siguiente campaña, la alta densidad no presentó un menor rendimiento a bajos índices de ambiente y si logró un rendimiento muy superior a alto índice de ambiente (**Figura 2b**). En este caso, la amplitud del índice de ambiente resulto escasa

asociado a buenas precipitaciones que determinaron una menor variabilidad en los rendimientos (**Figura 2b** y **Tabla 2**). Además, para esa localidad, en ambas campañas mas del 65% de los datos de rendimiento superaron el índice de ambiente promedio (100%), es decir son campos parejos con alta proporción de superficie de rendimiento bueno y estable, contrario a lo que ocurre en TA donde el gradiente de ambientes es continuo y altamente proporcional. No obstante, esta es una variable específica de cada lote en particular.

El comportamiento de la densidad de siembra a través

de los diferentes casos evaluados resultó sugestivo. Si observamos las figuras, el nivel de rendimiento del cultivo en el cual las densidades no difieren, varió según cada caso. En TA durante la campaña 2010/11 no hubo diferencias entre densidades en el rango de rendimiento de 5 a 6 t ha<sup>-1</sup> (ver variable dependiente), para EC 2009/10 esta situación se encontró en un rango de 8-10 t ha<sup>-1</sup> y, para la campaña 2010/11, el rango fue 11-12 t ha<sup>-1</sup>. Es decir, a medida que se incrementó el rendimiento promedio alcanzado por el cultivo (**Tabla 2**), sea por mejor calidad de suelo o por mayores precipitaciones, el nivel de rendimiento en que las densidades se igualaron también se incrementó (**Figuras 1 y 2**). Es interesante evaluar el comportamiento del cultivo en seco, podemos interpretar que mejores condiciones de crecimiento para el cultivo determinaron un mejor comportamiento de planta individual para capturar y utilizar los recursos, estableciendo un mayor potencial de compensación reproductivo y/o vegetativo.

### Conclusión

Las diferencias en calidad de ambiente del cultivo resultaron notorias provocando fuertes saltos de productividad. En TA, el rendimiento se relacionó altamente con la profundidad de tosca, y en EC, con el índice de ambiente. No obstante, la densidad de plantas podría ser una herramienta de manejo muy interesante, que determina la posibilidad de realizar el cultivo en zonas marginales utilizando manejo sitio-específico con ajuste por ambiente.

### Agradecimientos

A los productores y técnicos pertenecientes al grupo local de intercambio en agricultura de precisión

(GRADEP), a Guillermo Pugliese técnico local de Bunge y al productor Sr. Favini, por sus colaboraciones, tiempo y dedicación.

### Bibliografía

- Andrade, F.H., y V.O. Sadras. 2000. Bases para el manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. Editorial Médica Panamericana S. A. Capítulo 3. pp. 61-96.
- Doerge, T.A. 1999. Management zone concept. SSMG-2. Information Agriculture Conference, Steward Center, Purdue, IN.
- Calviño, P.A., y V.O. Sadras. 1999. Interannual variation in soybean yield: interaction among rainfall, soil depth and crop management. *Field Crops Research* 63:237-246.
- Forján, H., y M.L. Manso. 2011. Estimación del área sembrada durante la Campaña 2010/11. Carpeta de actualización técnica de la Chacra Experimental Integrada de Barrow. p 7-9. CEI MAA-INTA Barrow. Tres Arroyos, Buenos Aires.
- Leonardi, M. 2012. Comportamiento sitio-específico de la soja en el centro sur bonaerense. Tesis para obtener el título de grado en el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Buenos Aires.
- Ross, F., y J. Massigoge. 2012. Interacción fertilización nitrogenada y ambiente en cebada cervicera cv. Scarlett: I Rendimiento. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AAC-SLCS. Mar del Plata, Argentina. 16 al 20 de abril de 2012. \*

