

1 Pautas de manejo para altos rendimientos en la Secuencia MaízPrecoz/Soja: ¿Hay una 2 densidad óptima para todos los cultivares de soja? 3

4 ENRICO, Juan Martín¹; MARTIGNONE, Ricardo Antonio²

5 ¹INTA.Centro Regional Santa Fe. Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, 2206 Oliveros, Argentina.

6 ²Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, CIUNR, UN Rosario, 2125 Zavalla, Argentina.

7 Palabras clave: maíz, soja tardía, densidad de siembra, rendimiento, estructura de cultivo.

8 En un trabajo de revisión, Caviglia y Andrade (2010) indican que el incremento de la población mundial exige
9 un aumento en la producción de alimentos y otros bienes esenciales. Por otro lado, la agricultura en la Región
10 Pampeana ha provocado una disminución en el contenido de la materia orgánica del suelo (Irizar, 2011). Por lo
11 que es evidente la necesidad de implementar sistemas productivos que obtengan la mayor productividad de los
12 recursos disponibles sin deteriorar el suelo. Uno de los caminos para lograr estos objetivos es la intensificación
13 agropecuaria que consiste en aumentar la producción y productividad en las zonas actualmente en producción
14 a través de un uso más intensivo de los recursos ambientales disponibles, agua y radiación solar entre otros
15 factores durante la mayor parte del año y no de una parte del mismo. Con cultivos únicos, aún bien manejados,
16 hay pocas alternativas para aumentar la captura y uso de los recursos. Los incrementos estarán fuertemente
17 asociados con mayores niveles de intensificación, realizando cultivos con mayor frecuencia. Caviglia *et al*
18 (2004) determinó que en el sudeste de la región pampeana la intensificación agrícola con cultivos dobles en
19 sucesión es una alternativa para aumentar la productividad general y la relación producto-recurso. Este
20 proceso de intensificación debe ser ambientalmente sustentable para evitar que se agrave la degradación de
21 los sistemas productivos actuales y en lo posible procurar su recuperación. Miranda *et al* (2010) determinó la
22 factibilidad agronómica de la sucesión de Maíz/Soja de segunda en Rojas (norte de Prov. de Buenos Aires) y
23 utilizando el modelo AMG estimó su mayor aporte a mediano/largo plazo (38 años) sobre la evolución del
24 carbono orgánico del suelo (COS), mientras que el monocultivo de soja tenía una pérdida de 4,21 Mg ha⁻¹ de
25 COS en los primeros 0,20 m de suelo. La incorporación de gramíneas aporta más carbono al sistema y mejora
26 el ambiente edáfico.

27
28 En Rafaela, Villar y Cencig, (2011a y 2011b) concluyeron que la mayoría de las secuencias de soja con otros
29 cultivos estivales mejoraron los valores del equivalente del uso de la tierra con respecto a los monocultivos y
30 mejoraron la productividad de la tierra. En la secuencia de cultivos hubo mayor intercepción de radiación solar
31 respecto de los monocultivos y sería posible mejorar los rendimientos de soja, en fechas tardías,
32 implementando estrategias para mejorar la captura de la radiación y del agua.

33
34 El componente del rendimiento más asociado a la producción de semillas del cultivo de soja es el número de
35 semillas/m² que llega a la cosecha. Éste valor depende de factores ambientales bióticos y climáticos que
36 regulan el llenado de las semillas y fundamentalmente del número de frutos/m² que se establecen en las
37 plantas y del número de semillas/fruto. Este último carácter está genéticamente determinado y presenta escasa
38 variación bajo condiciones óptimas de manejo de los cultivos (Board y Harville, 1998). En las siembras tardías,
39 debido al rápido acortamiento de los días y las mayores temperaturas en las primeras etapas del cultivo, hay
40 una menor duración de la etapa vegetativa, por ende un menor número de nudos/planta, que determina un
41 menor índice de área foliar y menor acumulación de materia seca. También se acorta el llenado de los granos
42 debido a los días cortos; hay menor acumulación diaria de materia seca durante la etapa reproductiva por
43 menor temperatura y la radiación solar incidente y mayor riesgo de heladas tempranas que interrumpen el
44 llenado del grano. La variabilidad genética y el manejo del cultivo permitirían reducir el impacto negativo de las
45 siembras tardías sobre el rendimiento (Martignone *et al*, 2011; Bacigaluppo *et al*, 2011).

46
47 El **objetivo general** del trabajo es determinar las mejores prácticas de manejo en la secuencia del doble cultivo
48 estival (DCE) maíz precoz-soja que permitan alcanzar altas producciones en ambos cultivos.

- 49 • **Maíz:** el **objetivo específico** fue evaluar híbridos comerciales de maíz con madurez relativa adecuada a la
50 secuencia, principalmente en la capacidad de establecer cobertura temprana, la generación de rendimiento
51 y la humedad de grano a cosecha.

- 52 • **Soja:** el **objetivo específico 1** fue evaluar el comportamiento y conocer las características morfo-fisiológicas
 53 de cultivares de soja en la secuencia DCE. El **objetivo específico 2**, fue analizar la producción de n° de
 54 frutos/m² en un amplio rango de número de nudos/m² generados por distintas densidades de plantas en
 55 cultivares que fijaron diferentes n° de frutos/m² ante similares n° de nudos/m².

56
 57 **MATERIALES Y MÉTODOS**

58
 59 Los experimentos se condujeron en la E.E.A. Oliveros INTA (32°33'S) bajo condiciones de secano, en el marco
 60 de un sistema de intensificación agrícola, en DCE: maíz hiperprecoz (siembra temprana) –soja (siembra tardía).
 61 El tipo de suelo fue un Argiudol típico, serie Maciel. Se evaluaron dos campañas agrícolas (2013/14 y 2014/15).

62
 63 En la primera campaña, 2013/14, se sembraron 3 híbridos de maíz y el diseño experimental fue de bloques al
 64 azar con 2 repeticiones de 1750 m² cada una. En la campaña 2014/15 se sembró un híbrido con dos
 65 densidades de siembra: 80 y 90 mil plantas/ha y el diseño experimental fue de bloques al azar con 3
 66 repeticiones de 2400 m² cada una. En ambas campañas el distanciamiento entre surcos fue de 0,52 m. El
 67 cultivo de maíz se fertilizó a la siembra con 90 y 100 Kg/ha de Superfosfato Triple de Ca (46% de P₂O₅ y 20%
 68 de CaO) y con 113 y 120 kg/ha de Urea (46% N) en estadio V3-4, en las campañas 2013/14 y 2014/15,
 69 respectivamente. La dosis de fertilización nitrogenada se realizó según el umbral de Nitrógeno disponible
 70 determinado por Pautasso y Gieco (2010) para maíz precoz. Se cosecho con trilladora mecánica.

71
 72 En la Tabla 1 se detallan los híbridos de maíz y su madurez relativa (MR) evaluados en el DCE, se presentan las
 73 fechas de siembra, emergencia (FS/Em) y cosecha (FC), rendimiento (Rto) corregido a humedad comercial,
 74 humedad del grano a cosecha (Hdad %), densidad de plantas a cosecha y rendimiento máximo alcanzado por
 75 un híbrido de ciclo completo (Rto CC) para las campañas 2013/14 y 2014/15.

76
 77 **Tabla 1: Fecha de siembra y emergencia, de cosecha, rendimiento y densidad a cosecha de**
 78 **los híbridos de maíz en cada experimento del DCE para las campañas 2013-14 y 2014-15.**

Campaña	Híbrido	MR	FS/Em	FC	Rto (Kg ha ⁻¹)	Hdad (%)	Densidad (Plantas ha ⁻¹)	Rto CC ¹ (Kg ha ⁻¹)
2013-14	38W22	90	08-10 / 15-10	21-1	6.616 ± 1143	22,1	70.266 ± 8630	11.265
	KM 1301	93			7.386 ± 256	23,9	69.033 ± 2466	
	Illinois 550	102			8.731 ± 345	30,9	75.197 ± 1233	
2014-15	Illinois 550	102	12-09 / 23-9	23-1	8.919 ± 660	27,5	79.807 ± 2543	13.087
					10.162 ± 328 *		89.743 ± 2623	

- 80
 81 1. Máximo rendimiento de maíz ciclo completo y en secano en Oliveros :
 82 • 2013-14, siembra el 29-10-2013, Híbrido ACA 468 MG RR2
 83 • 2014-15, siembra el 18-09-2014, e Híbrido Syn 969 TG/TG

84
 85 En cada campaña y para ambos cultivos, se estimó la evolución diaria del agua útil en el perfil de suelo
 86 explorado por la raíces del cultivo, con el software Bahícu 1.01. Tanto el cultivo de maíz como el de soja no
 87 presentaron deficiencias hídricas en ninguna de las dos campañas evaluadas.
 88 La siembra de los cultivares de soja se realizaron en el primer año el 22/01/2014, con emergencia de las
 89 plántulas el 30/01, y en el segundo año el 26/01/2015 con emergencia el 01/02. Los cultivares evaluados
 90 fueron: Tj 2249; SP 4X99; DM 4214; DM 4612; DM 4913; FN 4.50; LDC 4.2; A 4910 RG (GM IV); NS 5258 y RA
 91 550 (GM V). El espaciamiento entre hileras fue de 0,26 m, sembrándose en forma perpendicular a los surcos
 92 de maíz y en sentido Norte-Sur. El diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones. El tamaño
 93 de la parcela fue de 94 m²

94 En ambos años se programó una densidad de siembra de 58 plantas/m². En la campaña 2013/14 se
 95 reconocieron visualmente dos cultivares (DM 4214 y SP 4x99) con diferencias marcadas en la estructura de
 96 cultivo desarrollada en sectores de baja densidad de plantas. En consecuencia, se identificaron y muestrearon
 97 dentro de cada parcela sectores con baja, intermedia y alta densidad de plantas. En la campaña 2014/15 se
 98 determinó el Índice de Área Foliar (IAF) al inicio del llenado de las semillas (R5) y se registró el porcentaje de
 99 radiación solar incidente interceptada (%RFAi) desde prefloración hasta máximo volumen de las semillas (R6).

100
 101 Durante el ciclo de ambos cultivos se realizaron los controles fitosanitarios para control de malezas, plagas y
 102 enfermedades cuando fueron necesarios.

103
 104 En madurez fisiológica (R7) se determinó sobre una superficie de 1 m² el peso seco de la parte aérea del
 105 cultivo, separándose la parte vegetativa y reproductiva. Se determinaron el número de nudos totales/m²;
 106 número de nudos con frutos/m²; número de frutos y de semillas por m²; el peso seco de semillas (g/m²), el
 107 tamaño de las semillas (PU) peso de 1 grano (mg). La cosecha se realizó con cosechadora experimental de
 108 parcelas. Para expresar el rendimiento y el peso unitario de las semillas, los pesos se corrigieron al 13,5% de
 109 humedad.

110 Los datos se procesaron con el análisis de la variancia, de regresión y de correlación y los promedios se
 111 compararon con test LSD, utilizando el software Info-Gen (Balzarini *et al.*, 2007). Se compararon los cultivares y
 112 las densidades dentro de cada campaña como promedios apareados, estableciéndose la Diferencia Mínima
 113 Significativa (DMS) al nivel de $p = 0,10$.

114

115 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

116 **Maíz:** En la campaña 2013-14 donde se evaluaron tres híbridos precoces, se observaron diferencias
 117 significativas entre el híbrido con mayor rendimiento y el de menor rendimiento según test LSD ($p < 0.10$).
 118 Resultados similares encontró Miranda *et al.* (2010), donde el híbrido de menor MR fue el de menor
 119 rendimiento. En la campaña 2014-15 y a raíz de los resultados obtenidos en la campaña 2013-14, se sembró
 120 solo el híbrido I-550 MG. El incremento de la densidad de siembra determinó un incremento del rendimiento
 121 significativo ($p=0.10$) del 11% respecto a la densidad de siembra de un híbrido de CC (80.000 pl/ha). En ambas
 122 campañas el rendimiento del I-550 MG fue un 33% inferior al máximo rendimiento alcanzado por un híbrido de
 123 ciclo completo (MR≈120-125) en un ensayo comparativo de rendimientos sembrado en época temprana y en el
 124 mismo lote donde se evaluó el DCE.

125

126 **Soja: Rendimiento, componentes del rendimiento y características morfofisiológicas.**

127 Las condiciones climáticas durante el ciclo de los cultivos de soja se citaron en el artículo de Martignone *et al.*,
 128 (2015) y se caracterizaron por valores en disminución en temperatura media, fotoperíodo y radiación solar
 129 diaria a medida que avanzó el ciclo de los cultivos, propios de la estación de crecimiento. En la campaña
 130 2014/15 hubo mayor temperatura media y mayor radiación solar incidente diaria.

131 Dada la fecha de siembra, uno de las mayores limitantes para el ciclo de los cultivos estivales es la fecha de la
 132 primera helada que para la localidad de Oliveros la fecha con un 20% de probabilidad corresponde al 12 de
 133 mayo. En la Tabla 2 se observa que todos los cultivares alcanzaron la madurez fisiológica en esa fecha o
 134 antes, excepto NS 5258 que alcanzó el estadio R7 dos días después en el primer año. En el segundo año hubo
 135 un acortamiento de las etapas fenológicas, con mayor intensidad en los períodos R1-R5 y R5-R7. Este
 136 acortamiento de las etapas reproductivas fue debido a la mayor temperatura media (mayor insolación por
 137 menores lluvias) en el segundo año. A pesar de las diferencias entre los GM, la duración del ciclo de los
 138 cultivos tuvo poca variación y no estuvo asociada al GM. Las diferencias entre cv encontradas se debieron a la
 139 distinta sensibilidad a la temperatura y al fotoperíodo que poseen los genotipos en todas las etapas del
 140 desarrollo y que es independiente del GM (Martignone *et al.*, 2006).

141 **Tabla 2: Duración de los períodos emergencia (VE)- comienzo de floración (R1); R1- comienzo** 142 **de llenado de las semillas (R5) y R5- R7 y fecha de R7 en las campañas 2013/14 y 2014/15.**

Campaña 2013/14

Campaña 2014/15

Cultivar	GM	Fenología			Fecha de R7	Fenología			Fecha de R7
		VE-R1	R1-R5	R5-R7		VE-R1	R1-R5	R5-R7	
Tj 2249	IV L	28	29	43	10-05-14	29	25	34	30-04-15
SP 4X99	IV L	29	31	36	06-05-14	29	25	31	27-04-15
NS 5258	V C	32	32	40	14-05-14	33	21	31	27-04-15
DM 4214	IV C	28	23	42	03-05-14	27	23	33	25-04-15
DM 4612	IV M	29	28	39	06-05-14	27	23	34	26-04-15
DM 4913	IV L	31	28	40	09-05-14	33	21	33	29-04-15
FN 4.50	IV M	30	33	39	12-05-14	28	26	32	28-04-15
LDC 4.2	IV C	28	30	37	05-05-14	27	23	32	24-04-15
RA 550	V C	29	25	38	02-05-14	26	26	33	27-04-15
A 4910 RG	IV L	33	32	37	12-05-14	33	21	31	27-04-15

143 En la Tabla 3 se muestran los rendimientos ajustados al 13,5 % de humedad y sus dos principales
 144 componentes: el número de semillas por m² y su peso unitario. Hubo una significativa correlación entre el n°
 145 de semillas por m² y el rendimiento de los cultivares: $r = 0,93$ ($p < 0,0001$). No hubo relación significativa entre los
 146 rendimientos y el tamaño de las semillas ($r = 0,06$). En la Tabla 2 se puede observar que, en general, los
 147 cultivares con mayor n° de semillas/m² tuvieron los mayores rendimientos y que el tamaño de las semillas
 148 permitió alcanzar altos rendimientos si el n° de semillas/m² no fue demasiado bajo. En el primer año, los
 149 cultivares NS 5258; FN 4.50 y A 4910 RG y en el segundo año los cultivares TJ 2249; DM 4913; FN 4.50 y A
 150 4910 RG, que tuvieron el mayor número de semillas/m² fueron los que tuvieron mayor longitud del período VE –
 151 R5, que es cuando se determina el tamaño de las plantas y se establecen los frutos y las semillas. En el
 152 segundo año NS 5258 acertó su período reproductivo en 20 días. El tamaño de las semillas es una
 153 característica propia de cada cultivar y que además puede ser modificada por la duración y la tasa de llenado
 154 de las mismas durante R5-R7. El rendimiento promedio de los cultivares fue mayor en el segundo año, con
 155 valores de 3140 kg/ha en comparación con 2963 kg/ha de la primer campaña ($p = 0,0023$). Esta diferencia fue
 156 atribuida al mayor número de semillas/m² en el segundo año, 2097, respecto de 1952 semillas/m² de la primer
 157 campaña ($p = 0,0004$). Por el contrario, el tamaño de las semillas fue mayor en el primer año ($p < 0,01$; 152,6 vs
 158 149,8).

159 En general, el mayor número de semillas/m² se relacionó con el número de frutos/m² ($R^2 = 0,45$, $p < 0,0001$). Sin
 160 embargo, se puede apreciar que algunos cultivares con mayor número de frutos/m² no produjeron el mayor
 161 número de semillas/m², como por ejemplo DM 4214 en el primer año y NS 5258 y DM 4214 en el segundo año.
 162 (Tablas 4 y 5). Esto fue debido a las diferencias en el número de semillas por fruto, carácter que es propio de
 163 cada cultivar y de características ambientales. Así, un cultivar con alta potencialidad de fijar frutos pierde
 164 eficiencia al tener pocas semillas/fruto.

165 **Tabla 3: Rendimiento (corregido al 13,5% de humedad; kg/ha), N° de semillas por m² y tamaño**
 166 **de las semillas (peso de 1000 semillas; g) de las campañas 2013/14 y 2014/15.**

CV	Campaña 2013/14			Campaña 2014/15		
	Peso semillas	N° semillas	Tamaño semillas	Peso semillas	N° semillas	Tamaño semillas
Tj 2249	<u>3477</u>	2182,6	<u>159,4</u>	<u>3435</u>	<u>2229,9</u>	154,0
SP 4X99	2915	1850,3	157,7	2944	1943,2	151,6
NS 5258	<u>3357</u>	<u>2524,3</u>	132,9	2840	2068,8	137,4
DM 4214	2445	1584,0	154,3	3149	2084,9	151,1
DM 4612	2204	1389,9	<u>158,6</u>	<u>3369</u>	2120,1	<u>158,8</u>

DM 4913	3339	2107,0	158,4	3348	2305,9	145,4
FN 4.50	3258	2246,3	145,0	3136	2219,2	141,4
LDC 4.2	2435	1664,9	146,3	2687	1794,9	149,7
RA 550	2724	1690,9	161,2	3225	2053,6	157,0
A 4910 RG	3481	2283,3	152,5	3270	2152,5	151,9
DMS(p<0.10)	357	278,5	3,4	220	157,8	4,6

- Las cifras resaltadas en negrita y subrayadas corresponden a los valores más altos y sin diferencias significativas entre ellos para cada parámetro.

Haciendo un análisis global, en cada año, el mayor número de frutos/m² estuvo asociado con el número de nudos/m² (R²= 0,45, p=0,0001; Tablas 4 y 5). El mayor número de frutos/m² (p=0,0001) de la campaña 2014/15 (1193,0) respecto de 2013/14 (1028,7) se debió al mayor número de frutos/nudo (0,95 vs 0,76; respectivamente, p=0,001) y esto podría estar relacionado a la mayor radiación solar recibida durante períodos críticos para la determinación del número de semillas durante el ciclo de los cultivos (Quijano *et al.* 1999), y a la mayor temperatura media durante el período reproductivo.

El n° de plantas/m² en R7 fue 39,5 ± 3,4 y de 46,8 ± 3,6 plantas/m² en la campaña 2013/14 y 2014/15, respectivamente. No hubo gran variabilidad en la densidad de plantas entre cultivares dentro de cada año, sin embargo hubo cultivares que tuvieron diferente capacidad de generar nudos. NS 5258, FN 4.50 y LDC 4.2 en el primer año y DM 4214 y A 4910 RG en el segundo tuvieron los mayores valores de número de nudos/planta (Tablas 4 y 5). El menor número de nudos/planta en el segundo año se debió, por una parte a la mayor densidad de plantas y por otra, a la menor duración del período VE-R5 (Tabla 2), que evidencia la diferente capacidad de ramificar.

Tabla 4. Componentes del rendimiento: Número de frutos/m²; número promedio de semillas/fruto; número de nudos/m²; número promedio de frutos/nudo y número promedio de nudos por planta en R7 en la campaña 2013/14.

CV	Nº Frutos/m ²	Nº semillas/fruto	Nº nudos/m ²	Nº Frutos/nudo	Nº nudos/planta
Tj 2249	1072,4	2,04	1210,2	0,88	33,4
SP 4X99	826,0	2,24	1185,2	0,70	28,8
NS 5258	1225,3	2,06	1710,7	0,72	40,3
DM 4214	1117,6	1,42	1341,9	0,83	35,6
DM 4612	875,6	1,59	1348,3	0,65	33,5
DM 4913	1003,5	2,1	1166,5	0,86	31,8
FN 4.50	1115,7	2,02	1569,7	0,71	40,1
LDC 4.2	1065,4	1,57	1349,6	0,79	42,6
RA 550	864,1	1,96	1332,7	0,65	33,5
A 4910 RG	1120,8	2,04	1473,7	0,76	35,4
DMS (p < 0.10)	142,9	0,12	162,7	0,07	4,5

- Las cifras resaltadas en negrita y subrayadas corresponden a los valores más altos y sin diferencias significativas entre ellos para cada parámetro.

Tabla 5. Componentes del rendimiento: Número de frutos/m²; número promedio de semillas/fruto; número de nudos/m²; número promedio de frutos/nudo y número promedio de nudos por planta en R7 en la campaña 2014/15.

CV	Nº Frutos/m ²	Nº semillas/fruto	Nº nudos/m ²	Nº Frutos/nudo	Nº nudos/planta
Tj 2249	<u>1230,5</u>	1,81	1182,5	<u>1,04</u>	23,0
SP 4X99	1113,8	1,74	<u>1278,6</u>	0,87	25,3
NS 5258	<u>1245,6</u>	1,66	<u>1376,0</u>	0,91	27,0
DM 4214	<u>1267,7</u>	1,64	<u>1380,8</u>	0,92	<u>31,5</u>
DM 4612	1096,2	<u>1,94</u>	1136,0	<u>0,97</u>	27,9
DM 4913	1189,1	<u>1,94</u>	1190,2	<u>1,00</u>	27,7
FN 4.50	<u>1259,3</u>	1,76	1215,5	<u>1,04</u>	27,0
LDC 4.2	1084,1	1,66	1203,1	0,90	26,4
RA 550	1166,4	1,76	<u>1375,0</u>	0,86	27,8
A 4910 RG	<u>1277,3</u>	1,69	<u>1316,9</u>	<u>0,97</u>	<u>30,7</u>
DMS (p < 0.10)	84,5	0,11	130,2	0,08	2,6

- Las cifras resaltadas en negrita y subrayadas corresponden a los valores más altos y sin diferencias significativas entre ellos para cada parámetro.

195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230

Se realizó un análisis de regresión por el método stepwise agrupando las dos campañas y se ingresó como posibles variables predictoras del número de semillas/m²: número de frutos/m²; número de semillas/fruto; número de nudos/m²; número de frutos/nudo y número de nudos/planta. El modelo estadístico que resultó evidenció que el número de frutos/m²; el número de nudos/m²; el número de frutos/nudo y el número de semillas/fruto fueron los componentes más asociados al número de semillas/m², que explica en mayor proporción la variación de los rendimientos. El modelo que explicó el 99 % de la variabilidad (R² = 0,99) fue:

$$\text{Nº semillas/m}^2 = - 885,04 + 2,38 * \text{materia seca total R7/m}^2 + 0,65 * \text{nº frutos/m}^2 + 13,16 * \text{días VE-R5.}$$

Efecto de la densidad de plantas.

El cultivar SP 4X99 presento un rango de plantas/m² entre 25,6 y 57,7 y DM 4214 entre 22,4 y 49,7 plantas/m² en la campaña 2013/14. En el segundo año, el rango de densidades obtenidas fue de entre 35,6 y 60,6 plantas/m² para SP 4X99, mientras que para DM 4214 el rango de densidades fue de 31,7 a 52,9 plantas/m². Contrastando densidades equivalentes dentro de cada campaña (sin diferencias en el número de plantas/m², Tabla 6), se determinó que no existieron diferencias entre cultivares en el número de nudos de tallos principales por planta, sin embargo las plantas de DM 4214 tuvieron mayor capacidad de producir nudos en sus ramificaciones en todas las densidades y campañas. Por lo tanto, las diferencias entre cultivares no fue debido a diferencias de la densidad de plantas, sino que es una característica del cultivar. Sólo se determinaron diferencias significativas entre densidades en la campaña 2014/15 donde con la menor densidad de plantas hubo mayor número de nudos de ramificaciones/planta en ambos cultivares.

Las diferencias en el número de plantas/m² y en la capacidad de diferenciar nudos de ramificaciones, determinaron que el número de nudos/m² tuviera la misma tendencia, es decir aumentó con la densidad de plantas y en DM 4214 fue mayor que en SP 4X99 (Tabla 6).

Para DM 4214 en ambas campañas y para SP 4X99 en la 1° campaña, el mayor número de nudos/m² se correspondió con mayor número de frutos/m², número de semillas/m² y mayor rendimiento. En el segundo año, SP 4X99 observó diferencias solo en el número de nudos/m² y de número de frutos/m², sin diferencias en el número de semillas/m² y rendimiento (Tabla 6).

Tabla 6: Número de plantas/m², número de nudos del tallo principal/planta, número de nudos de ramificaciones/planta, número de nudos/m², número de frutos/m², número de semillas/m², rendimiento (g/m²) y peso unitario de la semilla (mg), ajustados al 13,5 % de humedad en los

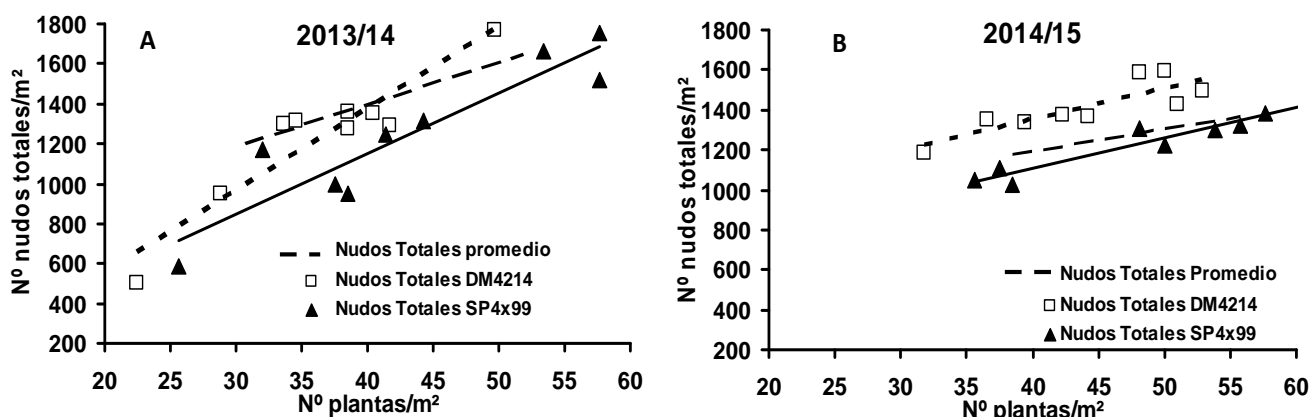
231 **cultivares SP 4X99 y DM4214 en las campañas 2013/14 y 2014/15 en las parcelas con dos**
 232 **densidades de plantas.**
 233

Campaña	Cultivar	Nº plantas/m ²		Nº nudos TP/pl		Nº nudos Ram/pl		Nº nudos/m ²		Nº frutos/m ²		Nº semillas/m ²		Rendimiento		PUSem	
2013/14	SP4X99	32,1	a A	14,1	a A	14,0	a A	903,4	a A	684,1	a A	1448,3	a A	2276,8	a A	157,2	a A
		41,0	b A	15,9	a A	12,9	a A	1185,2	b A	826,0	b A	1850,3	b A	2914,5	b A	157,5	a A
	DM 4214	37,8	a A	15,1	a A	20,5	a B	1341,9	a B	1117,6	a B	1584,0	a A	2444,8	a A	154,1	a A
		43,3	b A	15,1	a A	18,1	a B	1445,7	b B	1236,7	b B	2442,2	b B	3769,4	b B	154,2	a A
2014/15	SP4X99	37,2	a A	15,3	a A	13,3	b A	1059,6	a A	1046,8	a A	1872,8	a A	2789,7	a A	149,0	a A
		50,6	b A	14,8	a A	10,5	a A	1278,6	b A	1113,8	b A	1943,2	a A	2943,8	a A	151,6	a A
	DM 4214	37,5	a A	15,0	a A	20,0	b B	1299,4	a B	1221,6	a B	2127,6	a B	3217,5	a B	151,2	a A
		50,3	b A	14,6	a A	16,5	a B	1559,4	b B	1322,3	b B	2287,0	b B	3419,2	b B	149,5	a A

- Dentro de cada campaña y cultivar, comparando densidades, valores seguidos de igual letra minúscula no difieren entre sí según $p = 0,10$.
- Dentro de cada campaña y densidad similar, comparando cultivares, valores seguidos de igual letra mayúsculas no difieren entre sí según $p = 0,10$.

234
 235
 236
 237
 238
 239
 240 En la campaña 2014/15 el cultivar DM 4214 tuvo un mayor ÍAF que SP 4X99 en R5 (4,0 vs 3,5; $p = 0,007$).
 241 Simultáneamente, se realizó el seguimiento del % RFA desde un estadio de prefloración hasta R6 y no se
 242 observaron diferencias significativas entre estos cultivares excepto a los 33 días donde DM 4214 tuvo mayores
 243 valores ($p = 0,06$). El hecho que ambos cultivares, con diferencias en el IAF en R5 pero con similar % RFAi,
 244 indica que existieron diferencias en las estructuras de los canopeos, donde SP 4X99 tuvo una estructura
 245 más planófila que DM4214. Esta mayor penetración de luz dentro del canopeo determinaría un mayor número
 246 de frutos/nudo en DM4214 que SP 4X99 en la campaña 2013/14 (0,83 vs 0,70; Tabla 4). En la campaña 2014-
 247 15 no existió diferencia entre cultivares (Tabla 5). Los valores más altos en la campaña 2014/15 respecto de la
 248 2013/14 se debió a que en la última campaña hubo mayor insolación diaria (Martignone *et al.*, 2015) que
 249 produjo mayor penetración de RFA en el canopeo. Quijano (2015) informó que la llegada de una mayor
 250 proporción de radiación fotosintéticamente activa en los estratos inferiores estimula el establecimiento de
 251 estructuras reproductivas en soja.

252
 253 Al analizar el nº de nudos totales/m² de los cultivares SP 4X99 y DM 4214 en relación al total de cultivares
 254 evaluados (éstos en forma de recta de regresión), en función de la densidad de plantas, se puede apreciar que
 255 el número de nudos/m² aumentó con el incremento de la densidad en ambos cultivares. En ambos años, y en
 256 todas las densidades, DM4214 produjo mayor número de nudos/m² que SP 4X99 (Figuras 1A y 1B), indicando
 257 diferencias en ese sentido en el número de nudos/planta, debido al mayor número de nudos de ramificaciones
 258 (Tablas 4 y 5). Hay que tener en cuenta que las diferencias en las respuestas entre campañas se debieron a los
 259 efectos ambientales antes mencionados.
 260

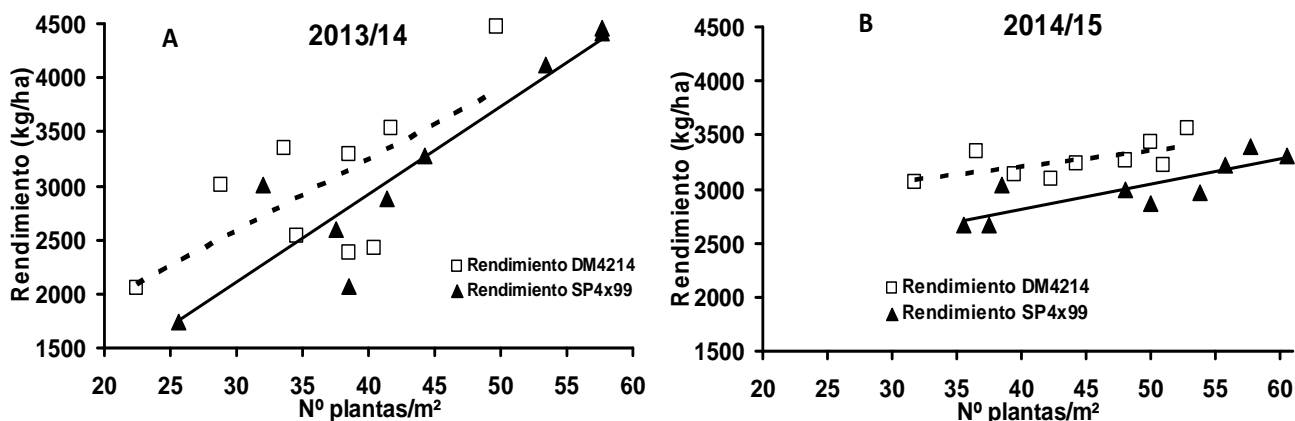


261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278

Figura 1: Relación entre el número de plantas/m² y el número de nudos totales/m² de los cultivares SP 4X99 y DM 4214 en la campaña 2013/14 (A) y 2014/15 (B) en relación al total de cultivares evaluados. Rectas de regresión para campaña 2013/14: $Y(\text{DM } 4214) = 41,3 x - 270,3$; $R^2 = 0,88$ e $Y(\text{SP } 4X99) = 30,4 x - 64,2$; $R^2 = 0,85$. Rectas de regresión para campaña 2014/15: $Y(\text{DM } 4214) = 15,4 x + 736,4$; $R^2 = 0,71$ e $Y(\text{SP } 4X99) = 15,4 x + 494,5$; $R^2 = 0,92$

El número de frutos/m² aumentó con el mayor número de nudos/m² en ambos años. El cultivar SP 4X99 tuvo mayores incrementos en el número de frutos/m² al aumentar la densidad de plantas respecto a DM4214, ya que su menor potencial de ramificación es compensado por el aumento de la densidad y por ende se incrementó el número de nudos/m². Las diferencias entre los dos cultivares fue mayor en el año 2013/14 que en el 2014/15, debido a las variaciones en el número de frutos/nudo (Tablas 4 y 5).

En ambas campañas se encontraron relaciones lineales y significativas entre el rendimiento de ambos cultivares y la densidad de plantas (Figuras 2A y 2B). Para cualquier densidad analizada y en ambas campañas el cultivar DM 4214 presentó rendimientos superiores a SP 4x99 y solamente se determinaron valores similares con alta densidad de SP 4X99.



279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

Figura 2: Relación entre el número de nº de plantas/m² y el rendimiento de los cultivares SP 4X99 y DM 4214 en la campaña 2013/14 (A) y 2014/15 (B). Rectas de regresión para campaña 2013/14: $Y(DM\ 4214) = 66,2 x + 592,6$; $R^2 = 0,48$ e $Y(SP\ 4X99) = 80,9 x - 315,3$; $R^2 = 0,85$. Rectas de regresión para campaña 2014/15: $Y(DM\ 4214) = 14,6 x + 2617,6$; $R^2 = 0,41$ e $Y(SP\ 4X99) = 23,0 x + 1897,0$; $R^2 = 0,68$

Estos resultados generan la necesidad de conocer la estructura del cultivo y su capacidad de ramificación y producción de frutos por nudo y semillas por frutos para hacer un correcto ajuste de la densidad de siembra y más cuando es en siembras tan tardías y que presentan dificultades de implantación como es el abundante rastrojo que puede dejar un cultivo como el maíz. La capacidad de ramificar es una característica propia de cada genotipo en un ambiente determinado, en este caso, siembras tardías. Además, la penetración de la luz fotosintéticamente activa, dentro de la que están longitudes de onda fotomorgénicas, producen cambios en la capacidad de desarrollar ramificaciones y retrasar la senescencia foliar en estratos inferiores del canopeo. En consecuencia, la capacidad de fijar y retener frutos está relacionado con las características ambientales en las que crecen los cultivares. Además del efecto de aporte de asimilados a las estructuras reproductivas en crecimiento, está el efecto cualitativo de longitudes de onda que pueden modificar el número de frutos/nudo, principalmente, en los nudos inferiores.

Conclusiones:

En estos experimentos de DCE, el cultivo de maíz se lo concibió como un cultivo para cosecha de grano aunque su objetivo bien puede ser el de su utilización para silo de planta entera o de grano húmedo para la producción de carne y/o leche, éstas alternativas permitirían anticipar la recolección del cereal (fines de diciembre a principios de enero) con lo cual se podría adelantar sensiblemente la siembra del cultivo de soja en la secuencia y aspirar a rendimientos potenciales superiores (Mercauet *al.*,2004). Para alcanzar los mayores rendimientos en fechas tardías es importante tener en cuenta ciertos aspectos básicos a la hora de definir la mejor estrategia de producción:

- 307 1. Cultivares que alcancen R7 antes del 12 de mayo, pero asimismo con la mayor duración Emergencia-
308 R5.
309
- 310 2. Cultivares con estructura del canopeo que más eficientemente aproveche la RFA, ya sea a través de
311 densidades óptimas de plantas y/o de características genéticas (mayor ramificación). El número de
312 nudos de ramificaciones está fuertemente asociado al número de frutos/m² (Quijano, 2015). Una
313 estrategia adicional sería aumentar el número de semillas/fruto a los efectos de maximizar el número
314 se semillas/m² y así el rendimiento
315

316 Este trabajo fue financiado por proyecto INTA PNCyO 1127032.

317 AGRADECIMIENTOS: Al personal auxiliar que colaboró en la realización de estos ensayos, en particular a los ayudantes
318 Leandro Martarello, Omar Medina, Ramón Ynfante y Carlos Correro.

319

320

321

Bibliografía:

- 322 Bacigaluppo, S.; Enrico, J. M.; Martignone, R.A. y Bodrero, M.L. 2011. Cultivos Estivales, Para Mejorar la
323 Producción 46:53-56.
- 324 Balzarini, M.; Bruno, C. y Arroyo, A. 2007. Análisis de ensayos agrícolas multiambientales. Facultad de
325 Ciencias Agropecuarias, U.N. de Córdoba. 141 pp.
- 326 Board, J.E., Harville, B.G. 1998. Crop Sci. 38:763-771.
- 327 Caviglia, O.P.; Sadras, V.O.; Andrade, H., 2004. Field Crops Research, 87:117-129.
- 328 Caviglia, O.P y Andrade, F.H. 2010 The Americas J. Plant Sci. and Biotech. 3 (Special Issue 1), 1-8.
- 329 Gardner, F.P., Pearce, R.B. y Mitchell, R.L. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Ames,
330 Iowa, USA. 327 pp.
- 331 Irizar, A.B. 2011. Tesis MSc. EPG-FAUBA. Argentina. 123 pp.
- 332 Martignone, R.; Romagnoli, M.; Rosbaco, I. Y Tuttolomondo, G.; 2006 Mesas Científico-Técnicas - 3º Congreso
333 de Soja del Mercosur Rosario 27-30 de junio de 2006. Resumen expandido publicado en Actas pág. 47-50.
- 334 Martignone, R.A.; Bacigaluppo, S.; Enrico, J.M. y Bodrero, M.L. 2011. Cultivos Estivales Para Mejorar la
335 Producción 46:49-52
- 336 Martignone, R.A.; Enrico, J.M.; Andriani, J.M. y Sanmarti, N. 2015. Cultivos Estivales Para Mejorar la
337 Producción 54:137-144.
- 338 Miranda et al., 2010. En: Res. XXVIII RAFV, La Plata (Bs As). 21-24/Set/2010.
- 339 Miranda, W.R.; Andriulo, A.; Cirilo, A.G.; Otegui, M.E., 2012. XIX Congreso Latinoamericano de Ciencias del
340 Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.
- 341 Mercau, J.L; J. Dardanelli, J. Andriani, D. Collino y J. Belligoi, 2004. Para mejorar la producción 27, 122-129.
342 INTA Oliveros.
- 343 Pautasso J.M. y Gioco I., 2010. Actualización Técnica Nº 2 – MAÍZ, GIRASOL Y SORGO 2010 Estación
344 Experimenta Agropecuaria Paraná. ISSN 1853 – 0060.
- 345 Quijano, A. 2015. Tesis doctoral en Ciencias Agropecuarias, Universidad de Buenos Aires. 139 pp.
- 346 Villar, J.L y Cencig, G. 2011a CD Mercosoja 2011. Rosario, septiembre de 2011.
- 347 Villar, J.L. y Cencig, G. 2011b. CD Mercosoja 2011. Rosario, septiembre de 2011.
348