

Influencia de la densidad de siembra en soja sobre el rendimiento y sus componentes¹

C. REMUSSI, H. SAUMELL y H. GUTIÉRREZ²

(Recibido : 21 de febrero, 1971)

RESUMEN

El ensayo sobre un diseño experimental de parcelas sub-divididas se llevó a cabo durante los años 1968/69 y 1969/70, utilizando dos variedades de soja semitardías, tres distancias entre surcos y tres distancias entre plantas. Se determinó la influencia de las distintas densidades sobre la población final de plantas y sobre el rendimiento. En el año 1970/71 se realizó otro ensayo similar incluyendo el cultivar semi precoz Shelby.

En 20 plantas tomadas al azar de cada parcela se efectuaron las determinaciones de: número de ramificaciones, número de frutos con 1, 2 y 3 semillas, número y peso de semillas en ellos contenidos y número de frutos vanos y dehiscentes. Se comprobó que a medida que aumenta la densidad de siembra mayor es la diferencia entre el número de semillas sembradas y de plantas cosechadas. A menor densidad aumenta el número de ramificaciones, de frutos, de semillas y de peso de semillas por planta. Sin embargo todos estos incrementos no se traducen en un aumento correlativo de rendimiento por unidad de superficie, ya que las variedades utilizadas compensaron el menor número de plantas por unidad de superficie con una mayor producción de semillas por planta. Las densidades tuvieron muy poco efecto sobre el peso de 1000 semillas, altura de planta y la producción de frutos vanos y dehiscentes. Los rendimientos se incrementaron en el cultivar semi-precoz Shelby al aumentar la densidad de siembra.

SUMMARY

The influence of different seed densities, on the final plant population and its yield was studied using two cultivars (Halesoy 71 and Jackson) of mid-late soybean at three different distances between rows and between plants. Determinations were made on the number of ramifications, fruit with 1, 2 and 3 seeds, number and weight of their seeds and number of empty and dehiscent fruits on 20 plants gathered at random from each plot. It was shown that as density increases the differences between number of seeds sown and plants reaped are larger and that at lower densities the number of ramifications, fruit, seed, and the weight of seeds per plant those differences increase. However those all increments in yield per unit of surface as the cultivars used counterbalanced the smaller number of plants per unit of surface with a larger seed production per plants. The different densities have very small effect on the weight of 1000 seeds, on the height or the production of empty or dehiscent fruits. This findings were also shown with a mid-early cultivar (Shelby).

¹ Trabajo realizado en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires, parcialmente subsidiado por C.A.F.P.T.A. (Comisión Administradora del Fondo de Promoción de la Tecnología Agropecuaria). El resultado de los experimentos de los años 1968/69 y 1969/70 se presentó en la VIIIª Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, 22-28 Nov. 1970, Bogotá, Colombia.

² Profesor titular, Profesor adjunto y Ayudante técnico, respectivamente, Departamento de Agricultura, orientación Cultivos Industriales, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires.

INTRODUCCION

Aunque en nuestro país el cultivo de la soja no ha alcanzado todavía gran importancia económica, sus posibilidades futuras son altamente promisorias. Por esa razón desde hace varios años se realizan trabajos experimentales tendientes a dilucidar aspectos sobre el comportamiento de esta especie en las condiciones agroecológicas de nuestro medio. Una de las cuestiones importantes es determinar la influencia que tiene sobre los rendimientos la variación de la densidad de siembra, interesando además conocer como se modifican los caracteres de la planta sometida a distinto espaciamiento. De este conocimiento surgirá la distancia entre líneas y entre plantas dentro de la línea con la que se logrará mayores rendimientos. Si bien los trabajos de experimentación relacionados con este tema son relativamente numerosos, las conclusiones no son definitivas en cuanto al efecto que sobre el rendimiento produce el mayor o menor acercamiento de las plantas, sea debido al distanciamiento de los surcos o a la separación de las plantas sobre los mismos. No escapa a estas diferencias encontradas la consideración de múltiples factores que interaccionan, tales como cultivares utilizados, épocas de siembra, disponibilidades térmicas e hídricas, tipo de suelo, abonaduras, manejo de cultivo, etc.

El efecto del número de plantas por unidad de superficie sobre el rendimiento fue estudiado por WIGGANS (1939), HARTWIG (1957) y CAVINESS (1966), llegando a la conclusión que dentro de ciertos límites, tiene poco o ningún efecto sobre la cantidad de producto cosechado.

Sin embargo, otros experimentadores que realizaron ensayos sobre la influencia de la separación de las plantas en el surco y entre surcos obtienen resultados variables según los factores intervinientes (PROBST, 1945; SMITH, 1959; GRIFFIN y FRUTOS, 1968; COLVILLE, 1970; PIQUÍN, 1970).

La densidad, sea por el diferente distanciamiento de las líneas o por la separación de las plantas en el surco fueron objeto de estudios para relacionarlos con la altura del cultivo o el vuelco (LEFFEL y BARBER, 1961; WEBER, SHIBLES y BYTH, 1966) en tanto que FRANS (1959), LEHMAN LAMBERT (1960) y HARTWIG (1963) las relacionaron con la duración del período vegetativo de los cultivares, obteniendo los mejores resultados en los precoces con siembras en líneas a menor distancia.

Finalmente, pueden mencionarse como antecedentes interesantes la influencia de la distinta densidad según la época de siembra (GRAVES y MC CUTCHEN, 1966) y el índice de área foliar (WEBER, SHIBLES y BYTH, 1966; CROM, 1970). En este último trabajo se analiza el índice de área foliar de las plantas del ensayo 1969/70, determinando que para igual número de plantas el cultivar Jackson tuvo mayor L.A.I. que Halesoy 71, lo que concuerda con su mayor rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo durante los años 1968/69, 1969/70 y 1970/71 en el campo anexo a la Cátedra de Cultivos Industriales de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires (latitud $34^{\circ} 35'$, longitud $58^{\circ} 29' W$ y 25 m de altura).

En los dos primeros años se utilizaron los cultivares de soja (*Glycine max* (L) Merrill) Halesoy 71 y Jackson, del grupo VI y VII respectivamente, de la clasificación norteamericana y del grupo de las semitardías en la clasificación que realizaron para la Argentina, PASCALE-REMUSSE y MARZO (1965). Estos cultivares sembrados en noviembre cumplen su ciclo en Buenos Aires en aproximadamente 160 días.

El diseño empleado fue el de parcelas sub-divididas donde los cultivares fueron las parcelas principales, las distancias entre surcos (30, 60 y 90 cm) fueron las sub-parcelas y la distancia entre plantas dentro de la línea (5, 10 y 20 cm) las sub-subparcelas. Se emplearon 4 repeticiones. SOLA (1966).

El tamaño de las parcelas fue de 6 m de largo por 3,60 m de ancho y estaban constituidas por 12 surcos a 30 cm o 6 a 60 cm, o 4 a 90 cm, según la variable distancia entre surcos.

La siembra se realizó a chorrillo y entre los 12 y 15 días del nacimiento se procedió al raleo dejando las plantas a las distancias preestablecidas de 5, 10 ó 20 cm.

El ensayo del año 1970/71 se realizó con un diseño de block al azar con los cultivares Shelby (semiprecoz) y Jackson (semitardía).

Durante el período vegetativo se tomaron los datos fenológicos respectivos y se hicieron las labores culturales y controles fitosanitarios correspondientes. Se cosecharon 6 surcos centrales en las parcelas a 30 cm, 3 en las parcelas a 60 cm y 2 en las

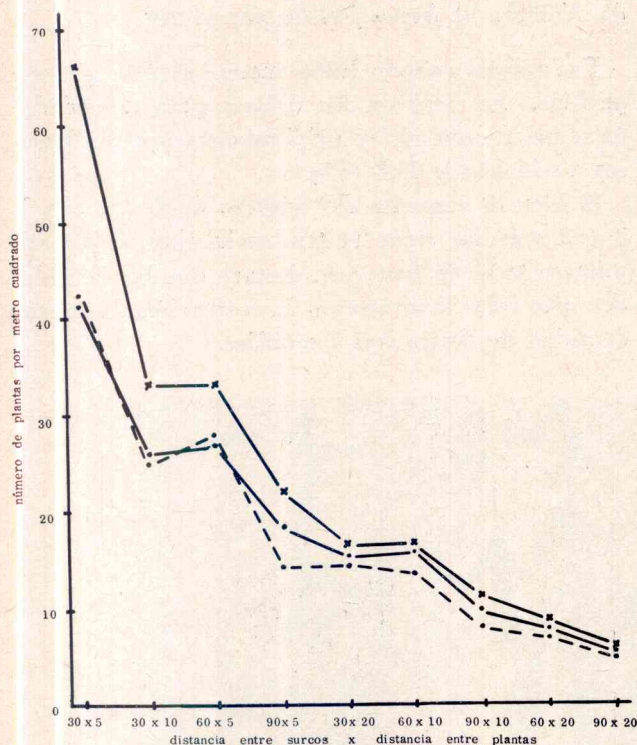


Fig. 1. — Densidad teórica a siembra por densidad real a cosecha, promedio 20 plantas, 4 repeticiones y 2 años. x—x densidad teórica, . — . densidad real Jackson y . — . densidad real Halesoy 71.

parcelas a 90 cm, eliminando en todas 25 cm de cabecera (superficie cosechada de cada una 9,90 m²).

Se separaron en cada parcela al azar 20 plantas y sobre ellas se efectuaron las siguientes determinaciones: altura de planta, número de ramificaciones, número de frutos con 1, 2 ó 3 semillas y número y peso de las semillas en ellos contenidos y número de frutos vanos y dehiscentes.

En el remanente de cada parcela se hizo recuento de plantas y peso de semilla trillada, datos que sumados a los obtenidos en las 20 plantas, permitió determinar la cantidad de plantas y rendimiento total por parcela. Posteriormente se estableció el peso de 1.000 semillas.

Al analizar el segundo año de ensayos se comprobó que los resultados eran sensiblemente iguales a los del primero, por lo cual, las conclusiones están elaboradas para el promedio de las dos campañas agrícolas.

Los valores consignados "por planta" corresponden al análisis y promedio de las 20 plantas representativas de cada parcela que se separaron al azar en el momento de la cosecha.

Los rendimientos por parcela se analizaron estadísticamente por el método de la variancia.

Las fechas de siembra fueron el 20/11/68, 29/11/69 y 18/11/70. Los ensayos se realizaron en el mismo campo, caracterizado como de suelo franco pH neutro y buena fertilidad. Las malezas fueron controladas con dos carpidas efectuadas con cultivador manual y azada.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Años 1968/69 y 1969/70 (Cultivares semitardíos)

a) Densidad teórica y densidad a cosecha

Entre los 12 y 15 días después del nacimiento, las parcelas se ralearon a las distancias entre plantas determinadas y a la cosecha se efectuó nuevo recuento, notándose una pérdida muy importante en las densidades altas con relación a las más espaciadas por efecto sobre todo de la distinta competencia. Así a la densidad 30 × 5 llegaron a cosecha sólo el 60 % de las plantas, mientras que a 90 × 20 llegaron alrededor del 80 % (Fig. 1).

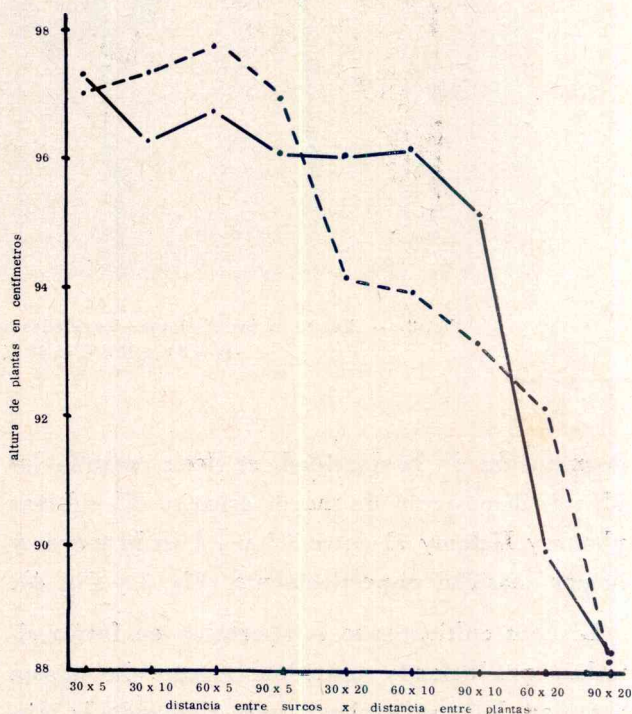


Fig. 2. — Altura a plena floración, promedio de 20 plantas, 4 repeticiones y 2 años. . — . Jackson y . — . Halesoy 71

b) *Altura de las plantas*

Se tomó a plena floración y fue mayor en las plantas de las parcelas sembradas a mayor densidad. La altura alcanzada por los dos cultivares ensayados en los dos primeros años fue similar, llegando la diferencia a sólo 10 cm en las densidades extremas para un mismo cultivar (Fig. 2).

c) *Número de ramificaciones por planta*

La cantidad de ramificaciones aumentó con la

d) *Número de frutos fértiles por planta*

Fue mayor cuando hubo menos plantas por superficie. En Jackson los valores para densidades extremas fueron 30,7 y 139,5 mientras que en Halesoy varió 17,4 y 85,8 (Fig. 5).

Si bien el aumento del número de frutos con 1, 2 y 3 semillas sigue la tendencia observada para número total de frutos, se destaca que las densidades más ralas favorecieron la formación de mayor cantidad de frutos con 3 semillas.

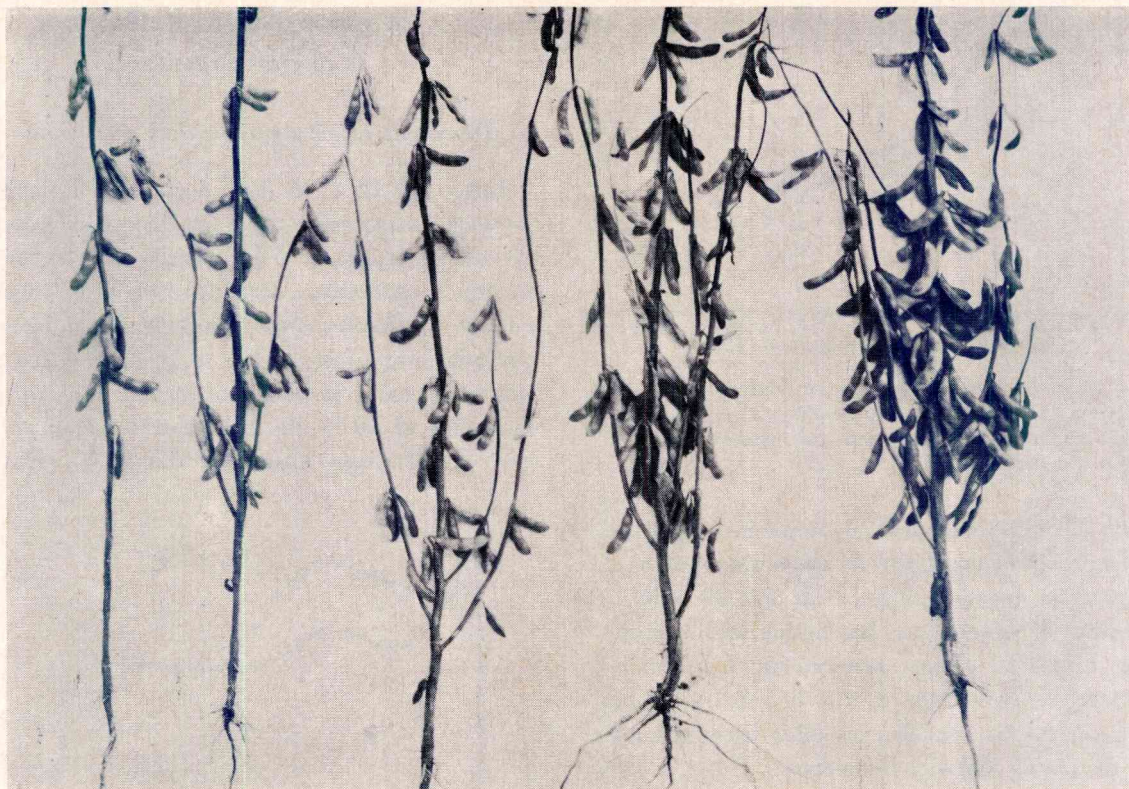


Fig. 3. — Efecto de las distintas densidades sobre el número de ramificaciones y frutos. A = 30×5 ; B = 30×10 ; C = 60×5 ; D = 60×10 ; E = 90×20

disminución de la densidad, es decir, cuando las plantas dispusieron de mayor espacio. El cultivar planta y Halesoy 71 entre 3,5 y 7,3 en la mayor y menor densidad respectivamente (Fig. 3 y Fig. 4).

Los dos cultivares se comportaron en forma similar, produciendo aproximadamente la misma cantidad de ramificaciones pero siguiendo la misma tendencia de aumento a medida que fue mayor el espacio de que dispusieron.

e) *Número de semillas por planta*

La cantidad de semillas por planta aumentó también con la disminución de la densidad. Las cifras para densidades extremas fueron 32,2 y 186,4 en Halesoy 71 y 54,0 y 257,9 en Jackson (Fig. 6).

f) *Peso de semilla por planta*

El rendimiento por planta varió con la densidad. A mayor densidad el rendimiento fue menor como consecuencia del menor número de ramificaciones.

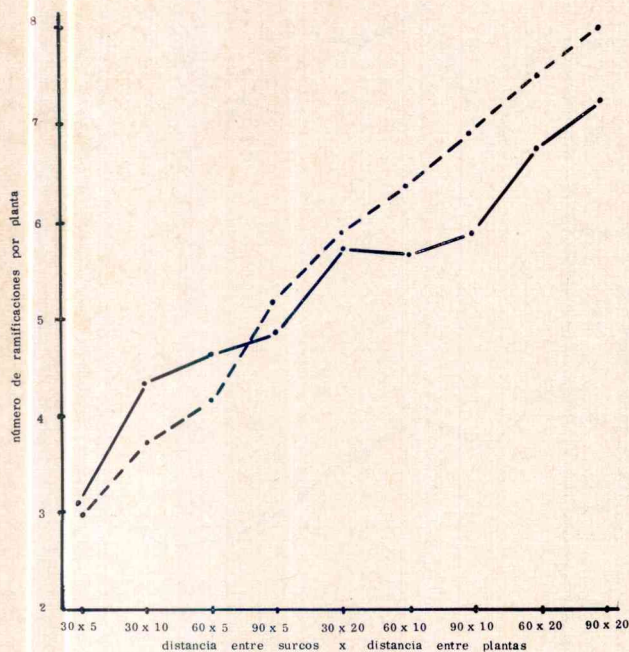


Fig. 4. — Número de ramificaciones por planta, promedio de 20 plantas, 4 repeticiones y 2 años. . — . Jackson y . — . Halesoy 71.

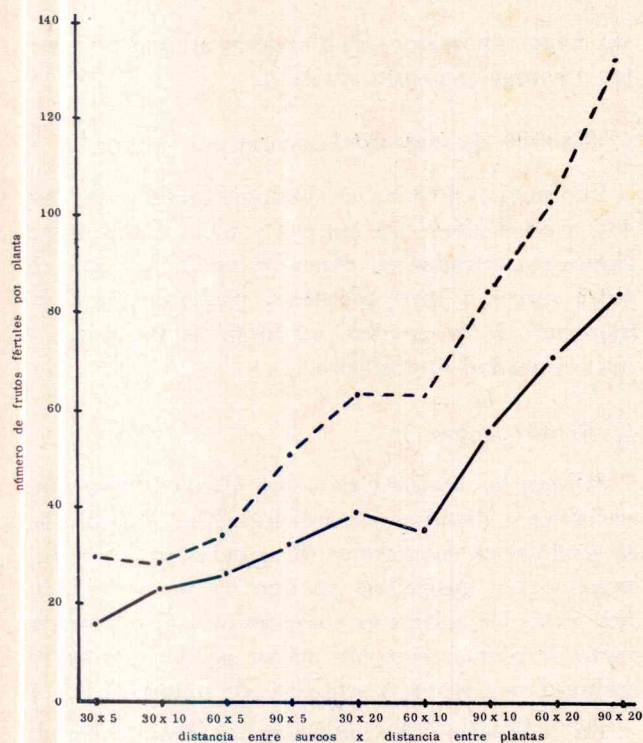


Fig. 5. — Número de frutos fértiles por planta, promedio de 20 plantas, 4 repeticiones y 2 años. . — . Jackson y . — . Halesoy 71.

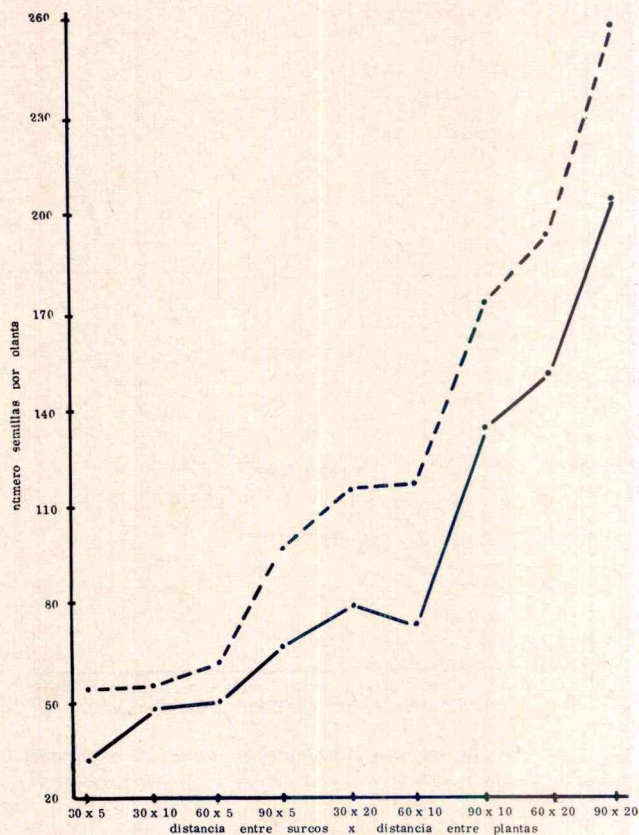


Fig. 6. — Número de semillas por planta, promedio de 20 plantas, 4 repeticiones y 2 años. . — . Jackson y . — . Halesoy 71

menor número de frutos, menor número de semillas y menor peso de éstas (Fig. 7). Los valores para Jackson variaron entre 5,1 gramos y 47,6 y para Halesoy 71 entre 4,0 y 32 comparando las densidades extremas.

g) Peso de 1.000 semillas

No existe tendencia alguna en relación a las densidades ensayadas (Fig. 8). El peso unitario de las semillas no dependió, por lo tanto, del mayor o menor espacio disponible por cada planta.

h) Número de frutos vanos por planta

Variaron desde 3,3 a 12,3 por planta en Halesoy 71 y desde 1,7 a 11,6 en Jackson comparando las menores densidades con las mayores, señalando la misma proporción de aumento que el número total de frutos fértiles. Por lo tanto, la existencia de frutos vanos no dependió ni se modificó como consecuencia de las distintas densidades ensayadas. Su formación puede imputarse, entonces a otras cau-

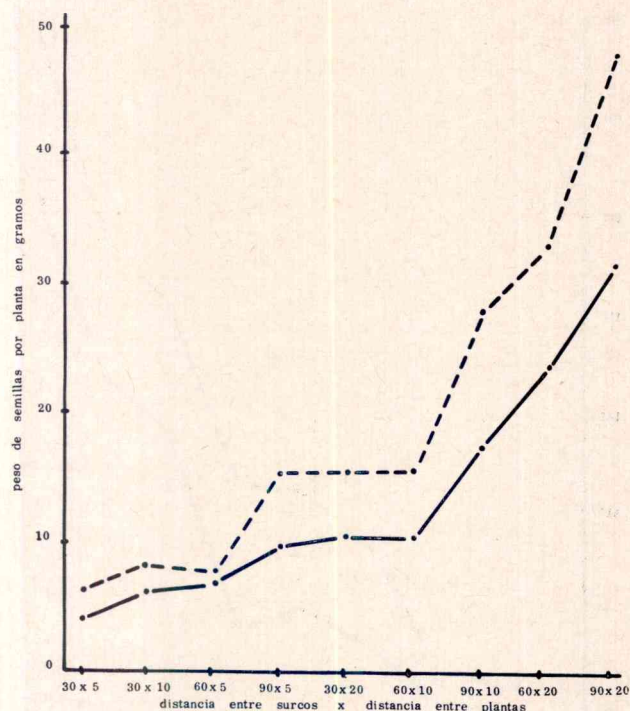


Fig. 7. — Peso de semillas por planta, promedio de 20 plantas, 4 repeticiones y 2 años. — — . Jackson y — . Halesoy 71

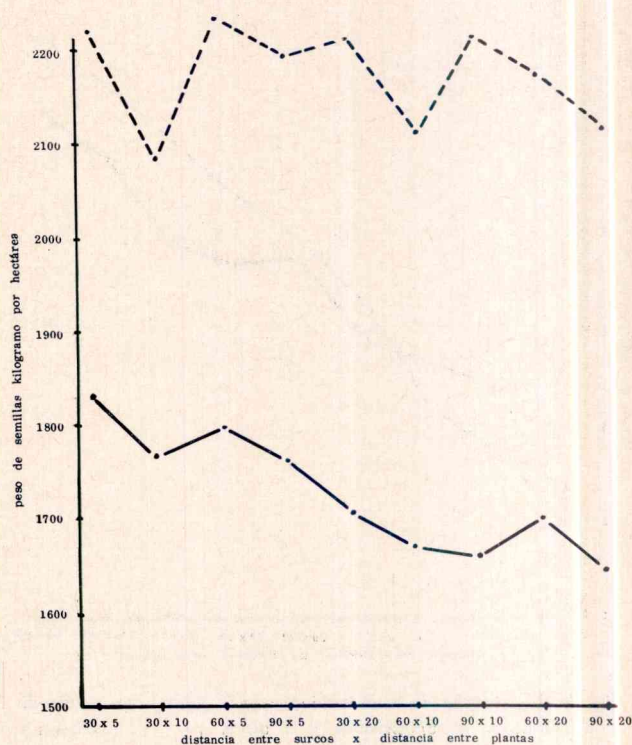


Fig. 9. — Rendimiento de semilla por hectárea, promedio de 2 años. — — . Jackson y — . Halesoy 71

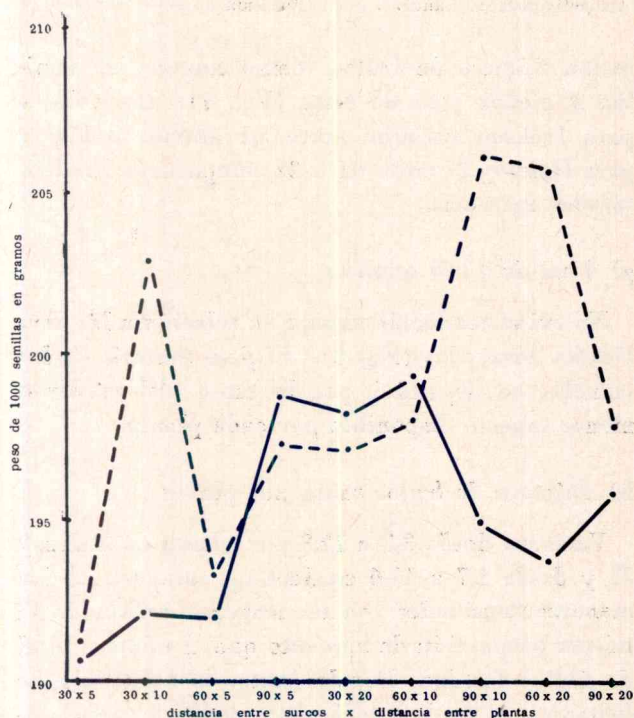


Fig. 8 — Peso de 1000 semillas, promedio de 20 plantas, 4 repeticiones y 2 años. — — . Jackson y — . Halesoy 71

sas como condiciones ambientales, ataque de insectos o comportamiento varietal.

i) Número de frutos dehiscentes por planta

Fue muy reducido; en Jackson osciló entre 3 y 4 % y en Halesoy 71 entre 2 y 5 %. Las fluctuaciones encontradas no dependieron de la distancia entre surcos o entre plantas y probablemente del momento de la cosecha, madurez de las vainas o baja humedad atmosférica.

j) Rendimientos

Si bien los rendimientos por planta fueron muy variables a distintas densidades (Fig. 7), ellos no se tradujeron en grandes diferencias en los rendimientos por superficie ya que en las densidades más ralas los cultivares compensaron el menor número de plantas con una mayor producción de ramificaciones, frutos y semillas por planta (Fig. 1).

En el Cuadro 1 se consignan los distintos rendimientos de los cultivares para cada una de las densidades y en el Cuadro 2 el análisis de la variancia para los rendimientos parcelarios. El análisis es-

tadístico dio diferencias altamente significativas para variedades y para distancia entre plantas. La distancia entre surcos no tuvo influencia sobre el rendimiento por unidad de superficie (Cuadro 1 y 2).

CUADRO 1. — Rendimientos en kilogramos por hectárea promedio de 2 años (1968/69 y 1969/70)

Distancia entre surcos	Variedad	Distancia plantas en la línea		
		5 cm	10 cm	20 cm
30	Halesoy 71	1.832	1.766	1.706
	Jackson	2.220	2.082	2.210
60	Halesoy 71	1.792	1.670	1.698
	Jackson	2.225	2.102	2.164
90	Halesoy 71	1.762	1.658	1.652
	Jackson	2.186	2.210	1.106

Tomando el promedio de los dos primeros años la distancia de 5 cm entre plantas fue la que acusó mejores rendimientos por unidad de superficie.

La densidad tiene efecto sobre el rendimiento cuando el porte y el ciclo del cultivar ensayado no aprovecha íntegramente el espacio disponible; Jack-

son y Halesoy 71 se adecuaron perfectamente a todas las densidades utilizadas en el ensayo, aumentando su producción individual al decrecer el número de plantas por metro cuadrado y logrando así rendimientos similares. Quizás, la producción de semilla por unidad de superficie podría haber variado considerablemente si se hubieran empleado cultivares de escaso porte o de ciclo corto, o se hubiera atrasado notablemente la siembra, aumentando los rendimientos en estos casos con mayores densidades.

2. Año 1970/71

(Cultivares semitardío y semiprecoz)

Con el fin de comprobar el comportamiento a la variación de la densidad de una variedad de ciclo más corto se realizó en el año 1970/71 un tercer año de ensayo en block al azar con los cultivares Shelby (semiprecoz) y Jackson (semitardío). Los resultados confirmaron que los de ciclo corto (Shelby) rinden más cuando se siembran más densamente. En cambio el cultivar semitardío (Jackson) se adaptó al menor número de plantas por superficie emitiendo más ramificaciones, frutos y semillas.

CUADRO 2. — Análisis de la variancia para los rendimientos parcelarios de 2 años (1968/69 y 1969/70)

Causas de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Significancia
Repeticiones.....	3	528.416	176.138	10,68	×
Variedades.....	1	3.145.868	3.145.868	120,9	× ×
Residual (a).....	3	49.438	16.479	—	—
Parcelas principales.....	7	3.723.722	531.960	—	—
Distancia surcos.....	2	62.374	31.187	0,47	.
Distancia surco × variedad.....	2	53.966	26.983	0,40	.
Residual (b).....	12	799.593	66.632	—	—
Sub-parcelas principales.....	23	4.639.655	201.724	—	—
Distancia plantas.....	2	199.880	99.940	5,24	× ×
Distancia plantas × variedad.....	2	40.582	20.291	1.06	.
Distancia surco × distancia planta....	4	52.553	13.138	0,69	.
Dist. surco × dist. planta × variedad	4	60.972	15.243	0,80	.
Residual (c).....	36	685.827	19.050	—	—
Total.....	71	5.679.469	—	—	—

Los rendimientos obtenidos durante el año 1970/71 se consignan en el Cuadro 3.

En el análisis de variancia para el cultivar Shelby el valor F para tratamiento dio 12,62 (altamente significativo), y para el cultivar Jackson 0,75 (no significativo).

CUADRO 3. — Rendimiento en kilogramos por hectárea
(Año 1970-71)

Variedad	35-4	35-10	70-5	70 10
Shelby	2.170	2.009	1.988	1.546
Jackson	2.236	2.303	2.054	2.176

Otro aspecto a considerar cuando se trata del problema de la densidad de siembra es la lucha contra la malezas. Cuando la distancia entre surcos es muy estrecha, tal como 30 ó 40 cm se hace imprescindible el uso de un buen herbicida de pre-emergencia aplicado a la superficie total del terreno. Ello elevará el costo del tratamiento, que en este caso no podrá aplicarse en bandas. Los mayores costos del tratamiento y de la semilla a emplear por hectárea deben ser compensados con elevadas diferencias de rendimientos, por lo que debe tenerse especial cuidado principalmente en la elección de la variedad y en los otros aspectos que hemos considerado.

En EE.UU. hasta el año 1965, los distanciamientos entre surcos y entre plantas en el surco en los cultivos de soja, estaban determinados por el uso de las sembradoras y cultivadoras convencionales de maíz; actualmente existe una acentuada tendencia a acortar el ancho de los surcos en aquellos casos en que el peligro de vuelco no sea excesivo. El empleo de reguladores de crecimiento está destinado a evitar ese riesgo.

CONCLUSIONES

Para los cultivares Jackson y Halesoy 71, en las condiciones en que se realizó el experimento, se verificó que:

1) A medida que aumenta la densidad de siembra, la diferencia entre la densidad teórica sembrada y la densidad real a la cosecha es mayor.

2) Las características generales de la planta se modifican por efecto del distinto espaciamiento. A menor densidad aumentan el número de ramificaciones, de frutos, de semillas y el peso de semilla por planta. Si bien el número de ramificaciones por planta fue muy similar para los cultivares ensayados, todas las otras características mencionadas se acentuaron en el cultivar Jackson, lo cual se tradujo en un mayor rendimiento en relación con el cultivar Halesoy 71.

3) Las densidades utilizadas no tuvieron mayor efecto en la producción particular de frutos con 1, 2 y 3 semillas, como asimismo en relación a la cantidad de frutos vanos, dehiscentes y peso de 1.000 semillas. A mayor densidad las plantas adquirieron mayor altura pero estas diferencias no sobrepasaron los 10 cm entre las densidades extremas.

4) Todos los incrementos consignados en 2) como consecuencia de una menor densidad, no se traducen en un aumento correlativo de rendimiento por unidad de superficie, dado que los cultivares utilizados compensaron el menor número de plantas por unidad de superficie con una mayor producción de semillas por planta. Esto no sucedió cuando se utilizó el cultivar semiprecoz Shelby el cual incrementó significativamente sus rendimientos a medida que aumentó la densidad. La distancia entre plantas influyó en forma mucho más acentuada que la distancia entre surcos sobre el rendimiento por unidad de superficie.

5) Los resultados finales demuestran que empleando en la zona de influencia del ensayo, cultivares del tipo semitardía en época normal de siembra, no se obtendrían mayores ventajas cambiando la densidad de 70 cm entre surcos y 5 cm entre plantas que es la aconsejara y utilizada en nuestro país.

BIBLIOGRAFIA

- CARTER, J. L. and HARTWIG, E. E. 1963. *The management of soybeans*, En : A. G. Norman ed. New York, Acad. Press, p. 162-226.
- CAVINES, C. E. 1966. *Spacing studies with Lee soy bean*. Bull. Ark. agric. Exp. Stn. 713, 19 p.
- COLVILLE, W. L. 1970. *The best row width depends on variety*. Soybean Dig. 30 (5) : 44.
- CROM, A. N. 1970. *Variación del área foliar en soja por efectos del espaciamiento entre hileras y plantas*. Fac. Agron. Vet., 35 p. (trabajo de intensificación no publicado) Univ. B. Aires.

- FRANS, R. E. 1959. *Efect on soybean yields of herbicide and narrow row-with combinations*. Rep. Ser. Ark. agric. Exp. Stn 84, 19 p.
- GRAVES, CH. R. and MC- CUTCHEN, T. 1966. *Yields of soybean at different row spacing*. Tennessee Farm T Home Science Progress Report n° 57, p. 15.
- HARTIWG, E. E. 1957. *Row width and rates of plating in the southern states*. Soybean Dig. 17 (15): 13.16.
- LEFFEL, R. C. and BARBER, G. W. JR. 1961. *Row width and seeding rates in soybean*. Bull. Md agric. Exp. Stn 470, 18 p.
- LEHMAN, W. F. and LAMBERT, J. W. 1960. *Effects of spacing of soybean plants between and within rows on field and its components*. Agron. J. 52 : 84-86.
- PASCALE, A. J., REMUSSI, C. y MARZO, L. 1963. *Reacción de distintas variedades de soja a los factores bioclimáticos de Buenos Aires*. Revta. Fac. Agr. Vet. Univ. B. Aires 15 (3) : 29-54.
- PIQUIN, A. *Distanciamiento entre surcos y entre plantas*. II Reunión Técnica Nacional de Soja IDIA n° 275. Nov. 1970, p, 54.
- PROBST, A. H. 1945. *Influence of spacing on yield and others characters in soybean*. J. Am. Soc. Agron. 37 : 549-554.
- ROSAS, G. y FRUTOS, E. 1968. *Soja : estudio de densidad de plantas en Pergamino*. Informaciones sobre Grasas y Aceites 6 (1) : 8-14.
- SMITH, R. L. 1959. *Soybean production in western Florida*. Proc. Soil. Crop. Soc. Fla. 19 : 226-231.
- SOLA, E. F. T. 1966. *Guía práctica para la planificación, análisis e interpretación de los diseños experimentales más comunes*. Est. Agrop. Paraná, Entre Ríos, 144 p. (Serie Didáctica n° 1).
- WEBER, C. R., SCHIBLES, R. M. and BYTH, D. E. 1966. *Efect of plant population and row spacing on soybean development and production*. Agron. J. 58 : 99-102.
- WIGGANS, R. G. 1939. *The influence of space and arrangement of the production of soybean plants*. J. Am. Soc. Agron. 31 : 314-321.

