

**EFFECTO DEL SUBSOLADOR Y LOS FERTILIZANTES EN EL
CULTIVO DEL MAIZ EN UN SUELO DE LA ESTANZUELA**

WALTER COUTO



MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY

BOLETIN TECNICO No. 17

JULIO 1974

**EFFECTO DEL SUBSOLADOR Y LOS FERTILIZANTES EN EL
CULTIVO DEL MAIZ EN UN SUELO DE LA ESTANZUELA**

WALTER COUTO



**MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
LA ESTANZUELA — COLONIA — URUGUAY**

EFECTO DEL SÚBSOLADOR Y LOS FERTILIZANTES EN EL CULTIVO DEL MAIZ EN UN SUELO DE "LA ESTANZUELA"*

Walter Couto**

RESUMEN ANALITICO

Se estudió el efecto, sobre los rendimientos del maíz, de la aplicación de fertilizantes y del subsolador, en un suelo de Praderas Pardas desarrollado sobre Libertad, con un horizonte B_t muy compacto, en 1966-67-68.

El efecto de la subsolación aumentó los rendimientos del 25 al 52 0/o según los años, y se manifestó tanto en el cultivo realizado el mismo año de la subsolación como en el segundo año de cultivo después del tratamiento.

El efecto de los fertilizantes se manifestó en general independientemente de la subsolación, aunque los rendimientos fueron más altos cuando se subsoló y se aplicó superfosfato más urea. La forma de colocación de los fertilizantes fue significativamente mejor en bandas en todos los casos, en diferentes condiciones climáticas, a excepción de cuando se aplicaron en forma excesivamente superficial.

SYNOPSIS

The effect on corn yield of the applying of fertilizer and subsoiling in a "Pradera Parda" soil with a very compact B_t horizon, developed on geological parent material "Libertad", was studied in 1966-67-68.

The effect of subsoiling increased the yield from 25 to 52 0/o according to the year and the increase was noted in the crop sown the same year of subsoiling as well as in the crop sown one year after the treatment.

The effect of fertilizing was in general independent of subsoiling, although the yields were higher with subsoiling and applying of superphosphate plus urea. The yield was significantly higher in every case when the fertilizer was applied in bands, with different climatic conditions, with the exception of very superficially fertilizing.

* Recibido para su publicación en noviembre de 1970.

** Técnico del Programa de Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger"

INTRODUCCION

El maíz es un cultivo de importancia desde el punto de vista del área sembrada, en algunas zonas de Uruguay. En la Zona No. 10 del Mapa de Uso y Manejo de los Suelos del Uruguay (4), el maíz ocupa el 50 % del área cultivable en esa zona en el departamento de Canelones, ocupando el segundo lugar en área sembrada por cultivos en San José y considerándose en Colonia como cultivo principal después del trigo, junto al girasol (4). Según este mismo estudio, los suelos predominantes en esa Zona pertenecen a los grandes grupos Pradera Parda y Grumosoles desarrollados sobre Libertad, ampliamente representados en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" y su área de influencia.

Las experiencias realizadas hasta la fecha han puesto de manifiesto que si bien se constatan respuestas de este cultivo al agregado de algunos fertilizantes, el agua disponible para las plantas es uno de los factores limitantes más importantes desde el punto de vista de los rendimientos (13).

Observaciones realizadas en el Programa de Agroclimatología del Centro*, demuestran que en suelos Pardos de Pradera, desarrollados sobre Libertad, el agua disponible para las plantas alcanza valores críticos en algunos años. Esto ocurre frecuentemente en los meses de enero y febrero en los horizontes superiores del perfil del suelo, observándose que se alcanza en éstos el Porcentaje de Marchitamiento Permanente, aunque los horizontes más profundos conservan agua disponible. La profundidad que pueden alcanzar las raíces del cultivo es un factor muy importante en estas condiciones, estando limitada en muchos casos por la compactación y escasa aereación del suelo.

Según Hénin (10) y Demolon (7) el aporte superficial de fertilizantes favorece la producción de raíces superficiales y hace a las plantas más sensibles a la seca. Wiersma (15), propone que el aporte de nitratos puede ser desfavorable en condiciones de escasa humedad en el suelo debido a un menor desarrollo radicular con respecto a la parte aérea, mientras que otros investigadores sostienen que en suelos químicamente fértiles o que han recibido fertilizantes, la necesidad de agua para producir una misma cantidad de materia seca, es menor en esas condiciones Larson (11), Hanks y Tanner (9).

Demolon (7) señala que un suelo o subsuelo compacto no se opone al desarrollo radicular si es permeable y aereado. Barley y Greacen (1) señalan la interrelación entre la resistencia mecánica y el suministro de oxígeno a las raíces de

las plantas. Otros investigadores observaron que en ausencia de resistencia mecánica el crecimiento radicular no se detiene hasta concentraciones de oxígeno tan bajas como 1 % (Gill y Miller, 8).

El presente experimento se llevó a cabo con el propósito de estudiar el efecto de algunos de estos factores sobre la producción de maíz en un suelo caracterizado por la presencia de un horizonte B_t compacto, donde las raíces se desarrollan escasamente en las condiciones corrientes de cultivo. El suelo considerado en el presente trabajo es representativo de algunos suelos dominantes en gran parte de la zona agrícola de los departamentos de Colonia, San José y Canelones.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en uno de los suelos predominantes en el Centro de Investigaciones Agrícolas y en el área perteneciente al Gran Grupo de Praderas Pardas, desarrollado sobre Libertad. El suelo se caracteriza, de acuerdo con la descripción realizada por De León y López Taborda (6) por la presencia de un horizonte superficial pardo muy oscuro, de textura franco limosa a franco-arcillo-limosa, de 15 a 20 cm de profundidad, seguido por un horizonte pardo grisáceo oscuro, arcillo-limoso, hasta los 75 cm de profundidad, apareciendo a veces moteados rojizos. Presenta horizonte de carbonato de calcio a 1 m de profundidad aproximadamente.

Las observaciones realizadas en los dos sitios donde se ubicaron los experimentos permiten señalar un horizonte B_t muy compacto, con estructura en bloques, con película de arcilla, y la presencia muy escasa de raíces, de débil desarrollo.

El material madre es rico en concreciones y carbonato de calcio disperso, estando constituido por un limo arcilloso que incluye normalmente arena gruesa, gravilla y excepcionalmente cantos dispersos, sin estratificación (Bossi, 3).

El ensayo consistió en un arreglo factorial de tratamientos de fertilización, forma de aplicación de los fertilizantes y subsolación. Los tratamientos de fertilización consistieron en la aplicación de superfosfato a razón de 300 Kg/Há y superfosfato más urea, a razón de 300 Kg/Há y 87 Kg/Há respectivamente, representando aplicaciones de 40 y 60 Kg/Há de N y P₂O₅. Se incluyó además un tratamiento testigo, sin fertilizantes.

La aplicación de los fertilizantes se hizo en bandas al costado y por debajo de las semillas en uno de los tratamientos de forma de aplicación, y al voleo, enterrándolo con el arado, en el otro tratamiento.

* CORSI, W. La Estanzuela, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", 1970. Comunicación personal.

El tratamiento de subsolación, cuando fue aplicado, se realizó por pasadas paralelas a un metro de distancia aproximadamente hasta una profundidad de 70 cm, un mes antes de la siembra, estando el suelo bastante seco. La siembra se realizó entre fines de octubre a mediados de noviembre según los años, con maíz híbrido "Petel", en hileras separadas 1 m entre sí.

Los tratamientos de subsolación se dispusieron en parcelas mayores en cuatro bloques completos al azar y los tratamientos de fertilización en subparcelas. Los tratamientos de forma de colocación de los fertilizantes se dispusieron en sub-bloques en el ensayo instalado en 1966 y en sub-subparcelas en los demás ensayos.

Los ensayos se realizaron en dos sitios contiguos de un mismo suelo, en 1966, 1967 y 1968. En cada sitio se instaló el experimento por dos años, sin repetir el tratamiento de subsolación. Se dispuso así, de dos años de observaciones para estudiar el efecto de subsolación durante el primer año de cultivo y de dos años más para estudiar el efecto durante el segundo año de cultivo.

Las sub-subparcelas consistieron en cuatro filas de maíz a 1 m de distancia y 20 m de largo. Se cosecharon las dos hileras centrales, contándose además el número de plantas útiles, en el momento de la cosecha.

El ensayo recibió un tratamiento similar a los cultivos comerciales, habiendo recibido una pasada de cultivador rotativo y una carpida, sin aporcaduras.

Los rendimientos, medidos en kilogramos de maíz en grano por parcela, se analizaron separadamente para cada ensayo. Se realizó un análisis de varianza para cada ensayo, separándose las sumas de cuadrados correspondientes a los tres factores considerados y sus interacciones. En todos los casos se consideró el número de plantas cosechadas por parcela como covariable, ajustándose las sumas de cuadrados por regresión sobre número de plantas.

A los efectos de realizar el análisis combinado de los cuatro ensayos realizados durante los tres años que duró el experimento, se consideraron las parcelas mayores y subparcelas, que contenían los tratamientos correspondientes a subsolador y fertilizantes. Los tratamientos de forma de colocación de fertilizantes, contenidos en sub-subparcelas en los ensayos realizados en 1967 y 1968 y en sub-bloques en el ensayo instalado en 1966, se consideraron separadamente para cada ensayo.

Previamente al análisis combinado de todas las observaciones se probó la hipótesis de homogeneidad de los errores de parcelas mayores y subparcelas, de acuerdo a la prueba de Bartlett, no rechazándose la hipótesis de homogeneidad. Del mismo modo, se probó la hipótesis de igualdad de los coeficientes de regresión sobre número de plantas en los cuatro ensayos, de acuerdo a la prueba descrita por Li (12).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las sumas de cuadrados correspondientes al análisis de covarianza y los valores de F calculados, correspondientes al ensayo 66 - 1, realizado en 1966, se presentan en el Cuadro No. 1.

Cuadro No. 1 - Resumen del análisis de covarianza de los rendimientos de maíz en grano, correspondientes al ensayo 66 - 1 (1er. año).

Fuente de variación	G.L.	Cuadrado medio**	F
Subsolador	1	0,02	< 1
Error (A)	2	0,47	
Colocación	1	2,39	< 1
Error (B)	2	3,15	
Subsolador x Colocación	1	1,18	9,83
Error (A x B)	2	0,12	
Fertilizantes	2	5,65	20,92*
Fertilizantes x Subsolador	2	0,28	1,03
Fertilizantes x Colocación	2	0,53	1,96
Fert. x Sub. x Col.	2	2,66	9,86*
Error (A x B x C)	23	0,27	

* Significativo ($P \leq 0.05$)

** Sumas de cuadrados calculadas con rendimientos expresados en Kg/parcela y ajustadas por número de plantas por parcela ($\bar{x} = 26.755$ plantas/Há).

Los valores correspondientes a los demás experimentos, diseñados en parcelas subdivididas, se presentan en el Cuadro No. 2.

Cuadro No. 2 — Resumen de los análisis de covarianza de los rendimientos de maíz en grano de tres ensayos.*

Fuente de variación	G.L.	Ens. 67-2 (1er. año)		Ens. 67-1 (2do. año)		Ens. 68-2 (2do. año)	
		C.M.	F	C.M.	F	C.M.	F
Subsolador	1	28.34	72.14*	0.48	< 1	2.86	8.80
Error (A)	3	0.39		2.06		0.33	
Fertilizantes	2	0.34	< 1	4.01	12.61*	8.28	11.31*
Fert. x Sub.	2	0.22	< 1	0.36	1.12	0.75	1.02
Error (B)	11	0.59		0.32		0.73	
Colocación	1	2.61	12.02*	0.87	6.38*	8.03	8.36*
Col. x Sub.	1	0.58	2.67	4.41	32.27*	0.40	< 1
Col. x Fert.	2	0.55	2.54	0.31	2.24	0.01	< 1
Col. x Fert. x Sub.	2	0.11	< 1	0.46	3.35	0.27	< 1
Error (AxBxC)	17	0.22		0.14		0.96	

* Cuadrados medios calculados con rendimientos expresados en Kg/parcela y ajustados por número de plantas por parcela. (Ens. 67-2, $\bar{x} = 22.750$; Ens. 67-1, $\bar{x} = 20.385$; Ens. 68-2, $\bar{x} = 19.550$ plantas/Há.)

* Significativo ($P \leq 0.05$).

Únicamente en el ensayo 67-2 se detectó efecto significativo del subsolador, aunque como se indica más adelante, las medias correspondientes a los tratamientos con subsolación o sin subsolación sugieren un fuerte efecto de ese factor. Posiblemente los pocos grados de libertad disponibles para el error en los análisis de varianza, al nivel de parcelas mayores, no han permitido detectar ese efecto en cada ensayo separadamente.

Los demás factores, fertilizantes y formas de colocación, han tenido un fuerte efecto de acuerdo a las pruebas de F. Las únicas interacciones significativas detectadas han sido Subsolador x Colocación en el ensayo 67-1 y Subsolador x Fertilizantes x Colocación en el ensayo 66-1.

El análisis combinado de los cuatro ensayos, al nivel de sub-parcelas, permitió el estudio más preciso del efecto de los tres factores considerados en el experimento, así como las variaciones observadas en los resultados de diferentes años. En el Cuadro No. 3 se presenta el análisis de covarianza combinado.

Cuadro No. 3 — Análisis de covarianza de los cuatro ensayos combinados

Fuente de Variación	Sumas de cuadrados				Sumas de cuadrados ajustadas por regresión**			
	G.L.	YY	XY	XX	G.L.	S.C.	C.M.	F
Bloques en ensayos	12	146,22	799,42	6.059				
1er. año vs 2do. año	1	5,66	315,20	17.538	1	4,68	4,68	7,48*
1966 vs 1967 / 1er. año	1	1,08	-83,00	6.321	1	9,98	9,68	15,93*
1967 vs 1968 / 2do. año	1	126,73	-170,05	228	1	135,85	135,85	216,93*
Subsolador	1	76,31	208,66	571	1	51,07	51,07	81,56*
Sub. x 1ro. vs 2do. año	1	11,58	206,58	3.684	1	2,54	2,54	4,06
Sub. x años / 1ro. y 2do. año	2	24,40	-29,64	371	2	29,81	18,80	30,02*
Error (A)	12	16,19	145,16	3.059	11	6,89	0,63	
Testigo vs Fertilizantes	1	1,28	-10,50	86	1	2,71	2,71	1
P vs NP	1	28,61	138,98	675	1	14,41	14,41	5,08*
Fert. x 1ro. y 2do. año	2	12,31	-8,56	42	2	13,39	6,69	2,36
Fert. x años / 1ro. y 2do. año	4	14,19	27,68	132	4	11,47	2,87	1,01
Fert. x Sub.	2	2,87	13,65	67	2	1,55	0,82	1
Fert. x Sub. x 1ro. y 2do. año	2	0,70	4,94	63	2	0,23	0,12	1
Fert. x Sub. x años / 1ro. y 2do. año	4	0,38	-5,48	92	4	1,28	0,64	1
Error (B)	48	174,01	727,48	12.996	47	133,29	2,84	
Total	95	642,54	2.280,52	51.984				

* Significativo ($P \leq 0.05$)

** Sumas de cuadrados calculadas con rendimientos en Kg/parcela ajustadas por número de plantas por parcela ($\bar{x} = 22.325$ plantas/Há.)

Efectos en el 1o. y 2o. año de cultivo después de la subsolación.

Las pruebas de F en el análisis de varianza combinado ponen de manifiesto diferencias significativas entre las medias de los rendimientos obtenidos el primero y segundo año de cultivo después de la subsolación. Los rendimientos fueron más altos en el segundo año, para el promedio de los dos experimentos realizados en cada ciclo. (Cuadro No. 4).

Cuadro No. 4 – Rendimientos de maíz en grano, el primero y segundo año después de la subsolación (Kg / Há). *

	1er. año		2do. año		
	Sin Subsolar	Subsolado	Sin Subsolar	Subsolado	
1966	1.002	977	1967	850	1.065
1967	990	1.502	1968	1.383	1.755
Prom.	996	1.250	Prom.	1.117	1.410

* Promedios ajustados para igual número de plantas ($\bar{x} = 22.325$ pl/Há)

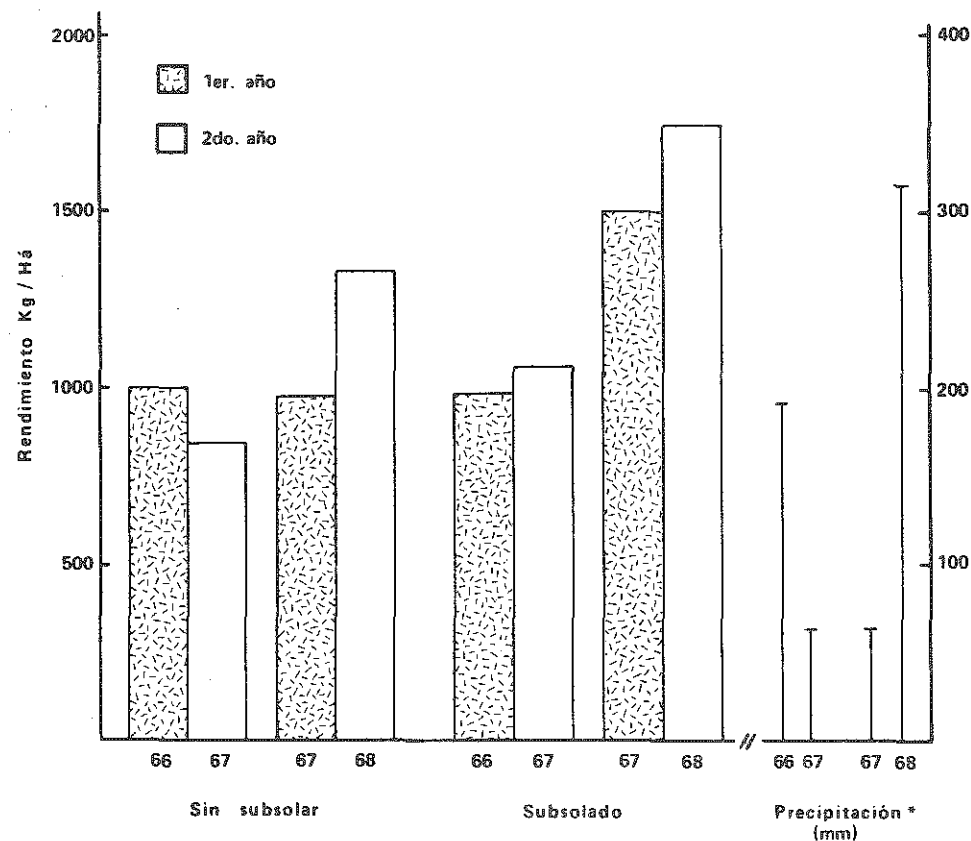
La observación de los rendimientos correspondientes a distintos años dentro de cada ciclo (Cuadro No. 4) evidencian altos valores correspondientes al año 1968, en el que se realizó un solo experimento, correspondiente al segundo ciclo de cultivo. Los rendimientos observados ese año, como consecuencia de las altas precipitaciones registradas en diciembre, explican los mayores rendimientos correspondientes al segundo ciclo de cultivo.

Se detectó además un marcado efecto de año dentro de cada ciclo, lo que se observa muy claramente en el Cuadro No. 4, para los valores correspondientes a los años 1967 y 1968 dentro del segundo ciclo de cultivo. Para el primer ciclo de cultivo después de la subsolación, las diferencias no son tan amplias.

Efecto del subsolador

El efecto del subsolador fue muy significativo, como puede apreciarse en el análisis de covarianza (Cuadro No. 3). Las pruebas de F señalan ese efecto, así como una marcada interacción de este factor con años dentro de cada ciclo. De acuerdo a esto, el efecto de la subsolación sería distinto en los diferentes años. La observación de los datos del Cuadro No. 4 indican que únicamente esto ocurrió en el primer ensayo, realizado en 1966, donde no se observa efecto del subsolador. En los demás experimentos, realizados en 1967 y 1968 el efecto del subsolador fue muy marcado, produciendo incrementos de rendimientos del orden del 25 al 52 % respecto al tratamiento sin subsolación, en los diferentes años.

En la Figura se observan los rendimientos obtenidos en diferentes años, con y sin tratamiento de subsolación. Los valores correspondientes a las precipitaciones ocurridas durante los meses de diciembre y enero en los tres períodos de cultivo considerados, explica claramente las diferencias de rendimiento entre el primero y segundo año de cultivo y entre los años dentro de cada ciclo.



* Las precipitaciones, en mm, corresponden a las registradas en los meses de diciembre y enero, durante el ciclo de cultivo iniciado en los años que se indican.

Figura – Rendimientos de maíz en grano (Kg/Há) y precipitaciones en parte del período de cultivo (mm).

La falta de efecto de la subsolación en el experimento realizado en 1966 se explica al considerar los demás tratamientos ensayados en el experimento. Se observó ese año un efecto distinto del tratamiento de subsolación en diferentes tratamientos de fertilización, como se indica al considerar las formas de colocación de los fertilizantes. Esto explica la falta de diferencias entre los rendimientos obtenidos con o sin subsolador, considerando el promedio de los tratamientos de fertilización y método de aplicación del fertilizante. En los demás experimentos no se observó interacción subsolador x tratamiento de fertilización o método de aplicación.

El efecto del subsolador ha sido similar durante el primero y segundo año de cultivo después de la subsolación.

Aún cuando no se hicieron observaciones sobre la distribución de las raíces en el perfil del suelo, el hecho de que el efecto favorable del subsolador se haya manifestado tanto en años muy secos como en años de precipitación abundante, permite atribuir este efecto a una mayor exploración del suelo por las raíces, en los tratamientos de subsolación. Estaría esto apoyado además, por el favorable efecto observado en el primer año de cultivo después de la subsolación, en el que la acumulación de agua no sería posible.

Efecto de los fertilizantes

El análisis combinado de los cuatro ensayos realizados indica una aparente falta de respuesta a la fertilización al comparar el tratamiento sin fertilizante y el promedio de los tratamientos de fertilización. Sin embargo se detecta diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos con la aplicación de superfosfato únicamente y superfosfato más urea. Los rendimientos más altos se observaron con la aplicación de fósforo y nitrógeno representando un aumento del 15 % con respecto al tratamiento en que se aplicó fósforo únicamente, para el promedio de los demás tratamientos ensayados.

Cuadro No. 5 — Efecto de los fertilizantes en el rendimiento de maíz en grano en Kg/Há**

Testigo	Fósforo	Fósforo + Nitrógeno
1150	1127	1300*

* Significativamente distinto de 1127 ($P \leq 0.05$).

** Promedios ajustados para un mismo número de plantas por Há ($\bar{x} = 22325$ pl/Há).

La aplicación de fosfato únicamente no produjo aumento de rendimiento con respecto al testigo.

No se observaron efectos distintos de los tratamientos de fertilización con la subsolación ni en los diferentes años.

Efecto de la forma de colocación de los fertilizantes

Las diferencias entre el diseño experimental empleado en 1966 y en los demás años del experimento no permitieron el análisis conjunto de los cuatro ensayos al nivel de sub-subparcela, en las que se estudió el efecto de la forma de colocación de los fertilizantes.

El análisis de cada uno de los experimentos separadamente indica un mejor efecto de los fertilizantes aplicados en bandas, para la mayor parte de los casos.

En el ensayo realizado en 1966 se observó una marcada interacción de la forma de colocación con los tratamientos de fertilización y subsolado. La única diferencia significativa entre ambas formas de aplicación se observó en este ensayo, en las parcelas que fueron subsoladas cuando se aplicó fosfato únicamente. En este caso los rendimientos fueron más altos cuando se aplicó el fertilizante al voleo, enterrándolo con el arado. No se observaron diferencias entre ambas formas de aplicación para los demás tratamientos de fertilización ni en las parcelas que no fueron subsoladas (Cuadro No. 6).

Cuadro No. 6 — Rendimientos de maíz en grano, correspondientes al ensayo 66-1 (Promedios de tres observaciones, en Kg/Há, ajustados para igual número de plantas por parcela).**

Aplicación del fertilizante	Sin subsolación			Con subsolación		
	Testigo	P	NP	Testigo	P	NP
Al voleo y enterrado		1.260	1.484		1.418*	1.549
	1.092			1.171		
En bandas		1.408	1.425		1.152	1.314

* Significativamente distinto de 1.152 de acuerdo a D.M.S.

** Promedios ajustados para igual número de plantas ($\bar{x} = 26.750$ pl/Há)

Los resultados de la prueba de F indican en este ensayo un distinto efecto de la subsolación de acuerdo a los tratamientos de fertilización y forma de colocación del fertilizante, pero no se observan diferencias significativas entre las medias de ambos tratamientos, a ningún nivel de los demás factores. Los resultados, que estarían indicando una fuerte interacción entre los tres factores considerados, posiblemente han sido afectados por la colocación muy superficial de los fertilizantes cuando se aplicaron en bandas, como se indica más adelante.

El efecto de los fertilizantes fosfatados sobre la subdivisión radical y su concentración alrededor de la banda de fertilizantes podría explicar los menores rendimientos observados cuando se aplicaron los fertilizantes en bandas en este experimento, provocando una mayor frecuencia de raíces en la zona superficial de colocación de los fertilizantes en la que frecuentemente se observa déficit de humedad disponible. Debe destacarse de todos modos que por razones técnicas la aplicación de fertilizantes en bandas se realizó en este experimento, a mano, en surcos previamente abiertos al lado de la semilla, resultando en una aplicación muy superficial y dispersa de los fertilizantes. En los demás ensayos, la colocación de los fertilizantes en bandas se hizo mecánicamente al mismo tiempo de la siembra, lográndose una ubicación más precisa, por debajo y al lado de la semilla.

En los demás ensayos, la aplicación de los fertilizantes en bandas fue siempre mejor que la aplicación al voleo, enterrado con el arado, produciendo incrementos del orden de 11 al 38 % con respecto a esa forma de aplicación (Cuadro No. 7).

Cuadro No. 7 – Rendimientos de maíz en grano, con dos métodos de aplicación de fertilizantes (Kg/Há).

Ensayo	Voleo y enterrado	En bandas
67-2	1195	1325
68-2	1332	1540

Promedios ajustados para igual número de plantas, dentro de cada ensayo (67-2: \bar{x} = 22.750; 68-2: \bar{x} = 19.550).

En el ensayo de segundo año realizado en 1967, la aplicación de los fertilizantes en bandas fue mejor en las parcelas sin subsolar pero no hubo diferencias entre ambas formas de colocación en las parcelas subsoladas (Cuadro No. 8).

Cuadro No. 8 – Rendimientos de maíz en grano, con dos sistemas de colocación de los fertilizantes (Ensayo 67 - 1; Kg/Há).

Colocación del Fertilizante	Sin subsolar	Subsolado
Voleo y enterrado	589	1066
Bandas	814	984

Promedios ajustados para igual número de plantas (\bar{x} = 20.385).

Para el ensayo de primer año, realizado el mismo año, no se observó efecto diferente de ambas formas de colocación en las parcelas que no habían recibido tratamiento de subsolación o aquellas que habían sido subsoladas. Las escasas precipitaciones registradas en los meses de diciembre y enero (65 mm) posiblemente afectaron de manera distinta a las plantas que crecieron en parcelas recientemente subsoladas y aquellas que habían sido subsoladas el año anterior.

Efecto de otros factores

Aparte de los factores considerados en el experimento, es evidente que la producción de maíz ha sido afectada por otros factores que podrían explicar la fluctuación anual de los rendimientos observados con un mismo tratamiento en los diferentes años. Entre éstos, es evidente que las precipitaciones ocurridas durante cierta parte del ciclo vegetativo explican la mayor parte de la variación entre años. Se ha considerado que las lluvias registradas en los meses de diciembre y enero, dentro de cada uno de los ciclos de cultivo, están directamente asociadas a la producción, lo que se refleja en la Figura.

Por otra parte, las densidades de población observadas al momento de la cosecha han sido bajas, comprendidas entre 19.550 y 26.750 plantas por hectárea, muy inferiores al número de 28.600 plantas por hectárea considerado óptimo para el promedio de varios años*. El efecto de la densidad de población se manifiesta en los ensayos 67-1 y 67-2 realizados el mismo año, correspondiendo los mayores rendimientos al ensayo 67-2 que tenía una población más alta.

Resulta imposible predecir el posible efecto de los tratamientos ensayados en el presente experimento con densidades de población más elevadas en virtud de las fuertes interacciones observadas entre densidad de población, humedad disponible y disponibilidad de nutrientes (De Geus, 5).

Es evidente además, que aquellos factores capaces de modificar la disponibilidad de agua en el suelo tendrían un marcado efecto sobre los rendimientos, separadamente de los que se lograrían por un mejor aprovechamiento de la humedad del suelo como consecuencia de los tratamientos de subsolación, fertilización y forma de colocación de los fertilizantes. En ese sentido se hace necesario ensayar distintos sistemas de manejo y preparación del suelo, que permitan una mayor acumulación de agua en el perfil.

* TAVELLA, C.M. La Estanzuela, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", 1970. Comunicación personal sobre trabajos realizados por el Ing. Agr. Constanancio Lázaro, U.N.D.P. - I.I.C.A.

CONCLUSIONES

Los resultados del experimento, ponen de manifiesto un marcado efecto de la subsolación sobre los rendimientos de maíz. El efecto de la subsolación permitió aumentos de rendimiento del 25 al 52 % sobre las parcelas sin subsolación, de acuerdo a los años.

El efecto de la subsolación se manifestó tanto en el cultivo realizado el mismo año de la subsolación como en el segundo año de cultivo después del tratamiento.

La aplicación de superfosfato no se tradujo en aumentos de rendimiento con respecto a las parcelas sin fertilizantes, pero se obtuvieron incrementos de significación cuando se aplicó superfosfato y urea.

El efecto de los fertilizantes se manifestó en general, independientemente de la subsolación, aunque los rendimientos fueron más altos cuando se subsoló y se aplicó superfosfato más urea. En el único ensayo en que se observó que el efecto de los fertilizantes dependía de los demás factores considerados en el experimento, se atribuyó esto a la colocación excesivamente superficial de los fertilizantes.

La forma de colocación de los fertilizantes fue significativamente mejor en bandas en todos los casos, a excepción de aquel en que se aplicaron en forma excesivamente superficial.

A modo de conclusión general, puede señalarse que el uso del subsolador y la aplicación de fertilizantes en bandas ubicadas al lado y por debajo de las semillas se tradujo, en las condiciones del experimento, en un factor de incremento sensible de la producción de maíz en grano, en diferentes condiciones climáticas. El efecto se manifestó durante el primero y segundo año de cultivo, en condiciones de escasa humedad y aún en un año de precipitaciones favorables para el cultivo.

Agradecimientos

El autor desea destacar su agradecimiento a María Isabel Silveira por su colaboración en el planeamiento del diseño experimental y en el análisis estadístico de los resultados, al Ing. Agr. Jorge Pérez y a los Técnicos C. Rostán y P. Márquez por su colaboración en la instalación y conducción del experimento así como a todo el personal del Programa de Suelos del Centro que participó en el mismo.

BIBLIOGRAFIA

1. BARLEY, K.P., et al. Mechanical resistance as a soil factor influencing the growth of roots and underground shoots. *Advances in Agronomy* 19: 1-43. 1967
2. BERGER, J. Maize production and the manuring of maize. Geneva, Centre d'Etude de L'Azote, 1962. 315 p.
3. BOSSI, J. Geología del Uruguay. Montevideo, Universidad, 1966. 469 p.
4. C.I.D.E. Los Suelos del Uruguay, su uso y manejo. Montevideo, 1967. 85 p.
5. DE GEUS, J.G. Fertilizer guide for food grains in the tropics and subtropics. 5th. ed. Geneva, Centre d'Etude de L'Azote, 1970. 119 p.
6. DE LEON, L. y LOPEZ TABORDA, O. Leyenda descriptiva de los suelos de La Estanzuela. 1962. (Mimeografiado).
7. DEMOLON, A. Croissance des végétaux cultivés. Paris, Dunod. 1956.
8. GILL, W.R. y MILLER, R.D. A method for the study of the influence of mechanical impedance and aeration on the growth of seedling roots. *Soil Science Society of America Proceedings* 20 (2):154-157. 1956.
9. HANKS, R.J. y TANNER, C.B. Water consumption by plants as influenced by soil fertility. *Agronomy Journal* 44 (2):98-100. 1958.
10. HENIN, S. et al. Le profil cultural; principes de physique du sol. Paris, Société des Ingenieurs Agricoles, 1960. 320 p.
11. LARSON, W.E. et al. Effect of subsoiling and deep fertilizer placement on yields of corn in Iowa and Illinois. *Agronomy Journal* 52 (4):185-189. 1960.
12. LI, J.C.R. Introduction to statistical inference. Ann Arbor, Michigan, Edwards, 1957.
13. REYNAERT, E.E. Soil management research. FAO. Informe al Gobierno del Uruguay. Roma, 1968. T.A. No. 2452. 145 p.
14. SHAW, B.T. ed. Soil physical conditions and plant growth. New York, Academic Press, 1955. 491 p.
15. WIERSMA, D. The soil environment and root development. In *Water and its relation to soils and crops. Advances in Agronomy* 11:43-51. 1959.

*Impreso en el Ministerio de Ganadería y Agricultura
Dirección de Suelos y Fertilizantes
Garzón 456
Montevideo, República Oriental del Uruguay*

Depósito Legal No. 66.593