

I. INTRODUCCIÓN	71
II. MATERIALES Y MÉTODOS	72
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
IV. CONCLUSIONES	85
V. AGRADECIMIENTOS	87
VI. RESUMEN Y SUMMARY	87
VII. BIBLIOGRAFÍA	88

FACTORES QUE AFECTAN LA IMPLANTACION DEL SORGO GRANIFERO: PROFUNDIDAD DE SIEMBRA Y TAMAÑO DEL CARIOPSE *

ESTEBAN EMILIO ALESSANDRIA **

I. INTRODUCCION

La obtención de un satisfactorio rendimiento final del sorgo granífero, comienza con una buena implantación del cultivo. La misma depende de factores climáticos, de las características propias del suelo, de su preparación, de la maquinaria empleada, de las técnicas usadas durante la siembra y de la calidad de la semilla ¹.

Por lo tanto, la elección de una buena simiente y la siembra adecuada de la misma, contribuirán a lograr junto con el correcto uso, aplicación y manejo de los demás factores, el propósito buscado.

La semilla y el embrión del sorgo granífero tienen un tamaño relativamente pequeño, por cuya razón ambos dan origen a una plántula de mediano a escaso vigor, la que en sus primeros momentos, después de la germinación y hasta la emergencia, dispone de poca fuerza para lograr que el meristema apical o plúmula llegue a la superficie del suelo

* Versión abreviada de la tesis presentada ante la Escuela para Graduados en Ciencias Agropecuarias de la República Argentina para optar al grado de Magister Scientiae en Producción Vegetal (Cereales), 23 de noviembre de 1977.

** Ingeniero Agrónomo, Ms. Profesor Adjunto Cátedra de Ecología Agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

¹ *Cariopse* es el término adecuado que identifica al fruto de las gramíneas y comúnmente utilizado para la siembra. En esta ocasión, los términos *semilla* y *grano*, que se utilizan corrientemente para denominar al fruto del sorgo, se toman como sinónimos de *cariopse*.

(J. Inouye y K. Ito 1969). La profundidad de siembra y el tamaño de la semilla como medida de las reservas energéticas disponibles, juegan un rol principal en este aspecto.

Si bien la bibliografía cita que la profundidad óptima de siembra del sorgo granífero oscila entre 3 y 5 cm., no existen en el país, según las publicaciones consultadas, experiencias que lo confirmen. Algo esmejante ocurre con respecto al tamaño del grano, pues la mayoría de los trabajos en ese sentido están referidos a otras especies (J. Beveridge y C. Wilsie 1959, J. Black 1956, W. Boyd et al, 1971, J. Harper y M. Obeid 1967, R. Hunter y L. Kannenberg 1972, T. Kiesselbach 1924, D. Kittock y L. Petterson 1962, J. Oexeman 1912, F. Stickler y E. Wesson 1963).

En el presente ensayo fueron evaluados una serie de parámetros que dieron una visión clara de los factores considerados, con el fin de determinar la profundidad óptima de siembra, establecer los efectos que sobre el vigor de la plántula tienen los distintos tamaños del grano y orientar las futuras investigaciones relacionadas con el tema.

La experiencia fue llevada a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Córdoba (Rep. Argentina), durante el verano de 1974-1975, en las parcelas aledañas, con semillas provenientes de un criadero particular y de la Estación Experimental del INTA en Manfredi (Cba.).

II. MATERIALES Y METODOS

Tamaño del cariopse

Se eligieron dos cultivares de amplia difusión en la zona sorguera central: la variedad cultivada Granador INTA y el híbrido NK 300; si bien éste último se considera como de doble propósito, en los ensayos comparativos de rendimiento mostró siempre una muy buena aptitud como productor de grano; ninguno de los dos presenta problemas de implantación. Mediante zarandas con orificios cuyos diámetros oscilaban entre 3,5 y 4,5 mm. se procedió a determinar los diferentes tamaños, cuyas características se muestran en el cuadro 1.

Siembra a diferentes profundidades

El terreno que había estado en barbecho durante el invierno y se hallaba enmalezado, fue arado en dos oportunidades y finalmente rastreado. El suelo puede ser descripto como franco-arcilloso, con un pH entre 7 y 7,5, con 2,3% de materia orgánica y sin mayores deficiencias en nutrientes ².

² Cátedra de Manejo de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

CUADRO 1

	Chico		Mediano		Grande	
	Peso	Diámetro	Peso	Diámetro	Peso	Diámetro
Granador INTA	2,23	-3,50	2,88	3,51 a 4	3,37	+ 4,01
NK 300	2,44	-3,75	3,49	3,76 a 4,25	4,21	+ 4,26

CUADRO 1. — Peso de 100 granos de sorgo granífero (en mg) y de medidas de los tres tamaños de granos considerados (en mm).

Con el fin de darle a la semilla condiciones óptimas para su germinación y tratando de que luego la plántula se vea lo menos afectada posible por otros factores ajenos a la experiencia, se sembró cuando el suelo contenía humedad suficiente y con la temperatura superior a 18 C° medida de 8 cm. de profundidad (G. Covas 1973, J. Josifovich 1967, R. Parodi 1964).

Los diferentes tamaños de los dos cultivares fueron sembrados a las profundidades de 2, 4, 6 y 8 cm. en un diseño factorial de 2 x 3 x 4 en un tipo especial de parcela subdivida, en 4 bloques donde cada bloque correspondía a una repetición.

El 15 de enero de 1975 fueron sembrados los dos primeros bloques y los restantes el 17 del mismo mes, haciendo que cada tratamiento se distribuyera al azar dentro de cada parcela principal que estaba determinada por las variedades.

La siembra fue hecha manualmente en surcos de 1 m. de longitud, abiertos con un azadón de mano distanciados 20 cm., y entre semillas 5 cm. La profundidad fue controlada con una regla milimetrada. Por cada tratamiento se sembraron 40 granos.

Mediciones para describir, evaluar y determinar el vigor de las plántulas

En tres diferentes momentos durante el crecimiento de la plántula, de cada tratamiento y de cada repetición, fueron extraídas 7 plántulas de manera regular para evitar la competencia; sobre ellas se hicieron las mediciones de los distintos parámetros.

Siguiendo a R. Vanderlip y H. Reeves (1972) las fases consideradas fueron:

- 1 — Primera fase: emergencia total de la primera hoja.
- 2 — Segunda fase: emergencia total de la tercera hoja.
- 3 — Tercera fase: emergencia total de la quinta hoja.

En cada una se efectuaron los siguientes cálculos y mediciones:

- Porcentaje de emergencia: tomando la cantidad de plántulas que llegaron a la primera fase
- Longitud del coleóptilo
- Longitud del mesocótilo
- Peso seco del mesocótilo
- Altura de la parte aérea de la plántula
- Área foliar: a través de la fórmula: $A = l \times a \times k$, donde

$$l = \text{longitud de la hoja, } a = \text{ancho máximo de la hoja, } k = \frac{A}{l \times a}$$

siendo A el área de la hoja medida en forma exacta por medio de un planímetro. Los valores de "k" obtenidos fueron los siguientes: para la primera hoja $k = 0,762$, para la segunda hoja $k = 0,746$ y para la tercera hoja $k = 0,70$ (D. Ginzo 1968, F. Stickler et al, 1961).

- Peso seco: en estufa a 95°C durante 24 horas, de la plántula en su totalidad y de las partes que la componían: parte aérea (tallo + hojas), mesocótilo, grano vacío y raíz en la primera fase y en las siguientes raíz y parte aérea.
- Índice de Crecimiento Relativo (ICR) por la siguiente fórmula:

$$\text{ICR} = \frac{L \text{ PS}_2 - L \text{ PS}_1}{t_2 - t_1} \quad \text{donde.}$$

$L \text{ PS}_1$ = Logaritmo natural del peso seco total en la 1ª fase

$L \text{ PS}_2$ = Logaritmo natural del peso seco total en la 2ª fase

t_1 = Días desde la siembra hasta la 1ª fase

t_2 = Días desde la siembra hasta la 2ª fase

- Coeficiente de Área Foliar (CAF): para la primera y segunda fase por medio de la fórmula: $\text{CAF} = \frac{\text{PS}}{\text{AF}}$ donde PS = peso seco total y AF = área foliar.

- Índice de Asimilación Neta (IAN) por la fórmula que dan J. Lewis y D. Ginzo (1966) y Z. Sestak et al. (1971):

$$\text{IAN} = \frac{\text{PS}_2 - \text{PS}_1}{\text{AF}_2 - \text{AF}_1} \cdot \frac{L \text{ AF}_2 - L \text{ AF}_1}{t_2 - t_1} \quad \text{donde:}$$

PS₁ = Peso seco total a la 1ª fase

PS₂ = Peso seco total a la 2ª fase

AF₁ = Area foliar a la 1ª fase

AF₂ = Area foliar a la 2ª fase

L AF₁ = Logaritmo natural del área foliar de la 1ª fase

L AF₂ = Logaritmo natural del área foliar de la 2ª fase

Durante los trabajos de campo, que duraron hasta el 10 de febrero de 1975, llovieron 143,8 mm. y además 2 días después de la segunda siembra se regó en forma abundante (semejando una lluvia de 10 mm). En ningún momento se formó costra superficial que limitara el crecimiento de las plántulas, sin embargo se removió levemente la superficie del suelo entre los surcos para evitar inconvenientes (H. Taylor 1962).

La temperatura media durante los 27 días que duró el ensayo a campo, fue de 25° C con una mínima absoluta de 16,2° C y una máxima de 38,5° C, ambas sobre el término de la experiencia.

En la tercera fase no fue posible obtener los datos de área foliar y de peso seco.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

Emergencia hasta la primera fase

En las pruebas de germinación hechas en laboratorio, hubo una leve tendencia a aumentar el porcentaje de germinación a medida que aumentaba el tamaño de la semilla, ello fue más evidente en el cultivar Granador INTA que en el híbrido NK 300, sin embargo las diferencias entre los resultados no fueron significativas.

CUADRO 2

Tamaños	Profundidades				Media
	2	4	6	8	
Chico	61,87	63,12	50,62	44,37	55,00
Mediano	66,40	70,00	65,62	53,75	63,94
Grande	80,30	75,92	74,05	57,80	72,02
Media	69,52	69,68	63,43	61,97	
F 5%	Tamaños: 4,737		Profundidades: 6,270		
F 1%	Tamaños: 5,957		Profundidades: 7,670		

CUADRO 2. — Porcentaje de emergencia de sorgo granífero en los distintos tamaños de grano, sembrados a diferentes profundidades, considerando los dos cultivares en conjunto.

En cambio sí se observaron a campo, y en algunos casos altamente significativas, diferencias en el porcentaje de emergencia de las plántulas, los cuales disminuyeron hasta un 30% comparados con los obtenidos en laboratorio (A. Abdullahi y R. Vanderlip 1972, A. Swanson y R. Hunter 1936).

El análisis de la varianza permite destacar la significancia entre los cultivares ya que el híbrido obtuvo un mayor porcentaje de emergencia (71,93%) que la variedad cultivada (50,57%) pero lo más interesante es la interacción existente entre los dos cultivares y las profundidades de siembra, lo que permite indicar que NK 300 puede ser sembrado a mayor profundidad con más posibilidades de éxito.

La longitud del mesocótilo y el largo del coleóptilo, sumados o considerados por separado, como así también el peso del mesocótilo, aumentan juntamente con la profundidad de siembra y con el tamaño del grano, pero las estrategias seguidas por los dos cultivares son diferentes. (Cuadro 3). Granador INTA puede alargar más su coleóptilo y en menor medida el mesocótilo, mientras que NK 300 está más capacitado para desarrollar el mesocótilo que el coleóptilo.

CUADRO 3

		Longitud del coleóptilo				
		Profundidad				
Cultivar		2	4	6	8	Media
Granador		11,11	13,16	14,12	16,37	13,69
NK 300		9,71	10,02	10,74	12,57	10,76
Media		10,41	11,59	12,43	14,47	
F 5%	Cultivar: 0,738			Profundidades: 1,108		
F 1%	Cultivar: 1,356			Profundidades: 1,355		

		Longitud del mesocótilo				
		Profundidad				
Cultivar		2	4	6	8	Media
Granador		17,22	25,80	34,79	44,67	30,62
NK 300		21,59	32,96	46,49	67,58	42,15
Media		19,40	29,38	40,64	56,12	
F 5%	Cultivar: 4,577			Profundidades: 4,325		
F 1%	Cultivar: 8,408			Profundidades: 5,290		

CUADRO 3. — Longitud del coleóptilo y del mesocótilo (en mm) de los dos cultivares de sorgo granífero para las diferentes profundidades de siembra sin distinguir en tamaño.

El análisis de la varianza para estos parámetros permite observar diferencias muy significativas, del orden 0,5% de significancia entre los cultivares en lo referente a las profundidades de siembra y a los distintos tamaños de semillas, y una significancia del 2,5 % en la interacción cultivar-profundidad de siembra que resalta lo antes mencionado al respecto.

El peso seco del metocótilo resultó muy afectado por la influencia del cultivar, la profundidad de siembra y el tamaño de la semilla. También fue muy significativa la interacción cultivar-profundidad de siembra.

Esta diferente modalidad de emerger podría explicar en parte el mayor porcentaje de emergencia del híbrido sembrado a mayores profundidades que a la vez se vió apoyado por el mayor tamaño relativo de los granos que permitieron un mesocótilo más vigoroso.

Igualmente, las semillas más grandes tuvieron mayor capacidad para dar plántulas de mejores condiciones (M. Pinthus y J. Rosemblum, 1961).

Por lo expuesto se puede afirmar que la obtención de un buen stand de plántulas se debe a 4 factores principales:

- 1 – Características genéticas del cultivar.
- 2 – Mayor cantidad de sustancias de reserva a disposición del embrión.

CUADRO 4

Tamaño	Granador INTA				NK 300				Media tamaño
	Profundidad				Profundidad				
	2	4	6	8	2	4	6	8	
Chico	1,369	1,389	1,992	1,981	1,099	2,091	2,405	2,932	1,907
Mediano	1,507	1,532	2,224	2,098	1,598	2,809	2,871	3,584	2,278
Grande	1,597	1,921	2,282	3,141	2,225	2,968	3,238	4,050	2,678
Media	1,491	1,614	2,166	2,407	1,641	2,623	2,838	3,522	
Media cultivar	1,919			2,656					
Media profundidad	2		4		6		8		
	1,566		2,118		2,502		2,964		
F 5% Variedad:	0,639		Tamaño: 0,299		Profundidad: 0,396				
F 1% Variedad:	1,174		Tamaño: 0,376		Profundidad: 0,484				

CUADRO 4. — Peso seco del mesocótilo (en mg) de los distintos tamaños de semillas de los dos cultivares de sorgo granífero sembrados a diferentes profundidades.

- 3 — Posibilidad de utilizar estas reservas para lograr una mayor y más veloz elongación del mesocótilo.
- 4 — Presencia de un coleóptilo fuerte que protege con eficiencia la plúmula.

Cabe aclarar que el primer factor mencionado y la significación de la interacción variedad-profundidad indican que el efecto de una mayor emergencia no se debe solamente al tamaño de la semilla "per se" (A. Abdullahi y R. Vanderlip 1972). También debe evitarse en todos los casos la formación de costra superficial (W. Ross y J. Eastin 1972, H. Taylor 1962).

Por otra parte, las distintas maneras en que la plúmula llega a la superficie del suelo permite suponer que en el sorgo granífero una mejor manera de evaluar la máxima profundidad que puede soportar una semilla, como así también de estimar la eficacia en la emergencia, es conocer la capacidad de elongación del mesocótilo midiendo su longitud y su peso en lugar del coleóptilo como ocurre en otras especies (A. Galich et al, 1972).

Primera fase

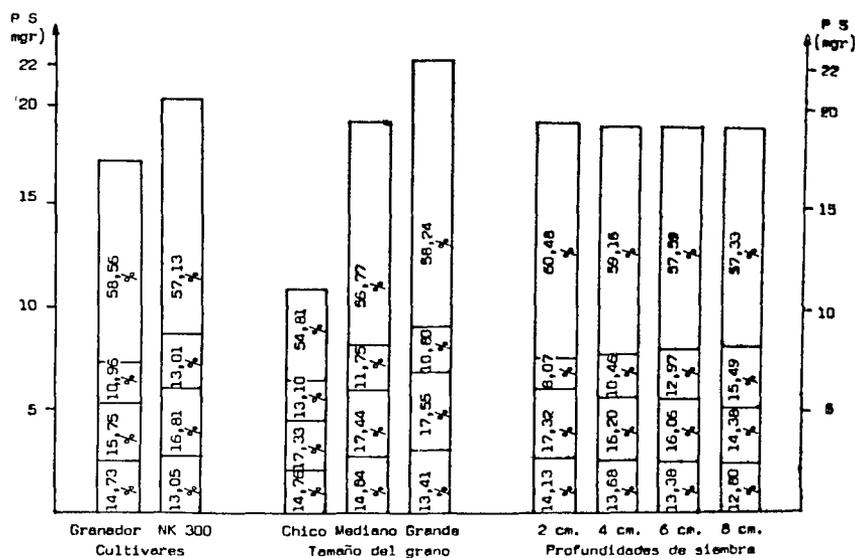
Los días necesarios para alcanzar la primera fase oscilaron alrededor de 10 y no variaron significativamente para ninguno de los diferentes tratamientos, aunque hubo una tendencia para alcanzar más prontamente esta primera etapa por las plántulas provenientes de granos más grandes. El hecho de no encontrar diferencias significativas entre las cuatro profundidades consideradas, estaría demostrando la capacidad de crecimiento de la plántula de sorgo que se manifiesta con una mayor velocidad de elongación del coleóptilo y/o mesocótilo cuando más profundamente se siembra (J. Parker y H. Taylor 1965).

Respecto a la altura que tenían las plantitas hasta este momento, las provenientes de granos más grandes mantenían una muy significativa ventaja (a nivel del 0,5%) sobre las originadas de granos más pequeños.

De esta manera se puso de manifiesto la mayor velocidad de crecimiento que poseen las plántulas originadas de semillas más grandes, pues tuvieron a su disposición una mayor cantidad de sustancias de reserva que le permitieron crecer más rápido debajo y sobre la superficie del suelo mientras dependían de la energía almacenada en el grano, en forma de hidratos de carbono principalmente (C. Cooper y P. Mac Donald 1970, R. Whalley et al, 1966).

La superficie foliar mostró luego de su análisis, que existieron sustanciales diferencias entre los tamaños de la semilla y una tendencia

puesta de manifiesto por la disminución del área foliar a medida que crece la profundidad de siembra, aunque éstas desigualdades no fueron significativas.



GRÁF. 1. - Peso seco de raíz seminal, semilla, mesocótilo y parte aérea de plántulas de sorgo granífero con la primera hoja totalmente desarrollada, en tres variantes de siembra.

La distribución del peso seco total en cada uno de los órganos considerados y para cada una de las tres variables. (Gráf. 1), mostró que hubo diferencias altamente significativas entre los cultivares y los tamaños de semilla, no así entre las profundidades de siembra, excepto para algunas de las partes consideradas.

CUADRO 5

Tamaños de grano	Profundidades de siembra				Media
	2	4	6	8	
Chico	200,4886	196,9021	182,6678	190,3887	192,6118
Mediano	227,0591	222,7277	216,4860	204,5621	217,7087
Grande	237,4023	245,4548	243,1890	223,3758	237,3554
Media	221,6499	221,6945	214,1143	206,1089	
F 5%	Tamaño: 18,201	Profundidades: 24,091			
F 1%	Tamaño: 22,887	Profundidades: 29,470			

CUADRO 5. — Superficie foliar de sorgo granífero (en mm²) en la primera fase de crecimiento de las plántulas provenientes de los diferentes tamaños de semillas sembrados a distintas profundidades, tomando los dos cultivares en conjunto.

Para la primera fase, considerando el peso seco de la plántula como índice del vigor, se puede afirmar que las siembras de granos de mayor tamaño lo favorecen, haciendo que tenga un sistema radical de más peso seco, lo que indica mayor capacidad de extraer nutrientes. A ello debe sumarse una mayor superficie foliar, un mayor peso seco de la parte aérea y por lo tanto una mayor capacidad de fotosíntesis que permite un mayor aprovechamiento de la energía lumínica. Similares condiciones se logran con las siembras a menor profundidad.

Si a lo anterior sumamos la mayor altura de la plántula, dada por una mayor velocidad de crecimiento, resulta que la misma está en mejores condiciones para competir por luz, agua y nutrientes que las plántulas provenientes de siembras más profundas y aquellas provenientes de granos pequeños; por lo tanto ante factores ambientales adversos o frente a la competencia de malezas, podrán soportarlos mejor y se verán menos afectadas (E. Guneyli et al. 1969).

Segunda fase

En algunos casos se alcanzó a los 3 días y en otros hasta 7 días después que se había hecho la primera cosecha, oscilando entre 4 y 5 días el término medio.

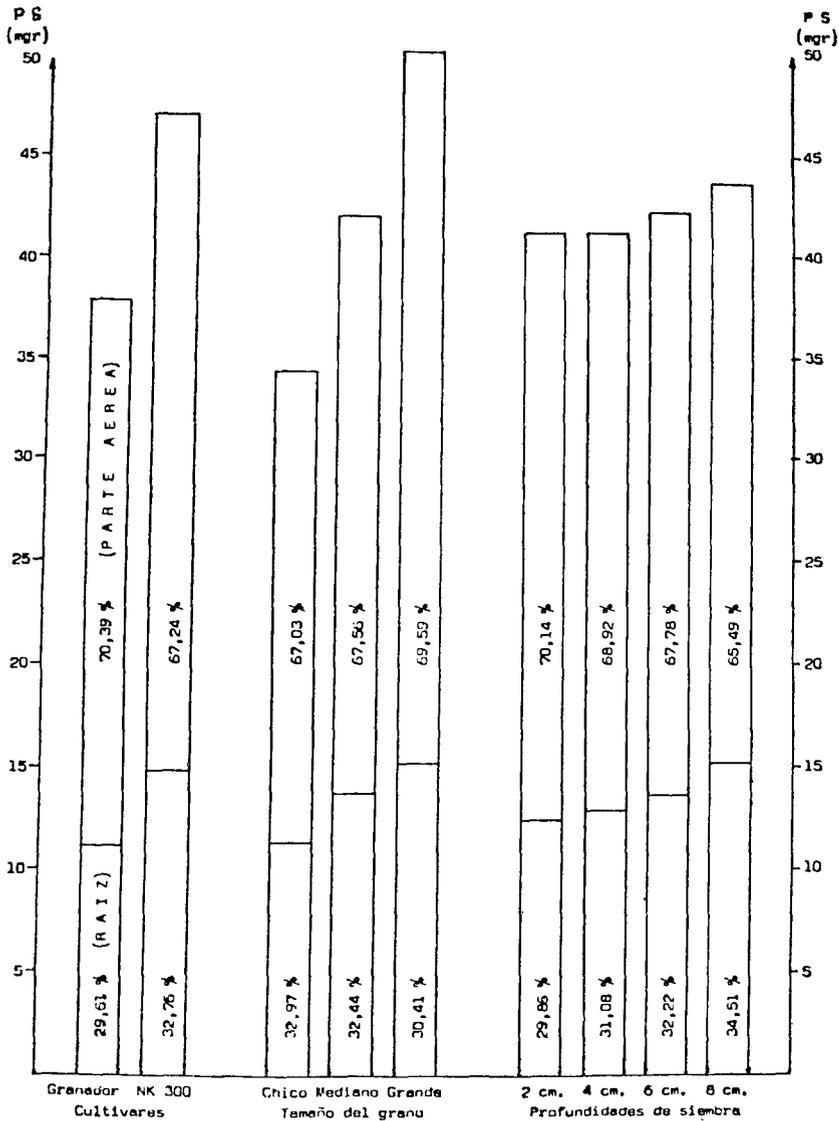
La altura de la plántula siguió la misma tendencia que en la primera cosecha, sólo que en esta fase dejaron de ser significativas las diferencias entre cultivares.

El cultivar NK 300 incrementó su superficie foliar en mayor grado que el cultivar no híbrido Granador INTA y lo superó, pero ésta diferencia no fue significativa. Este parámetro fue notablemente mayor en las plantitas originadas de semillas grandes. Las siembras a distintas profundidades mostró que a las más profundas le correspondieron las plántulas con menor superficie foliar aunque éstas diferencias no fueron significativas.

El peso seco en las dos partes consideradas, en relación a las profundidades de siembra, tamaño de las semillas y cultivares, mostró diferentes comportamientos (Gráf. 2). Así los resultados de peso seco de la parte aérea presentaron diferencias altamente significativas (al 0,5%) entre los cultivares y los tamaños de semilla.

En el peso seco de la raíz, las diferencias aparecieron en las tres variantes consideradas y en todos los casos altamente significativas (al 0,5%). Es de destacar el incremento del peso seco de la raíz a medida que aumenta la profundidad de siembra.

Por esta última razón la relación tallo/raíz disminuyó a medida que aumentó la profundidad de siembra, apareciendo muy significativos los efectos de los cultivares (al 5%) y en menor grado los de las profundidades (al 10%), no habiendo marcadas diferencias entre los tamaños de grano.



Gráf. 2. - Peso seco total de plantitas de sorgo granífero y su distribución en los órganos considerados (raíz y parte aérea) para las tres variantes de siembra, en la segunda

CUADRO 6

Cultivar	Tamaño del grano			
	Chico	Mediano	Grande	Media
NK 300	899,171	1.041,350	1.195,538	1.045,353
Granador	827,592	998,336	1.190,579	1.005,502
Media	863,381	1.019,843	1.193,058	
<hr/>				
F 5% Cultivares:	181,374	Tamaños:	97,685	
F 1% Cultivares:	333,219	Tamaños:	122,833	

6. - Superficie foliar (en mm²) de plantitas originadas de semillas de diferentes tamaños de dos cultivares de sorgo granífero, sin considerar las profundidades de siembra, al llegar a la segunda fase de crecimiento.

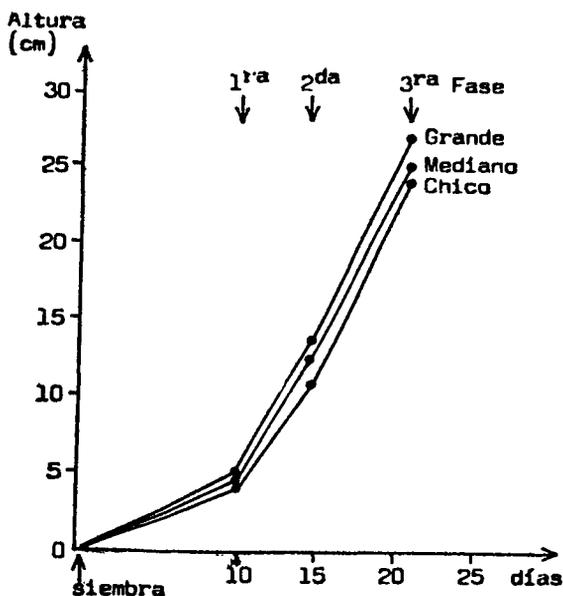
Esta correlación negativa entre la relación tallo/raíz y la profundidad de siembra fue motivada en parte por el menor peso de la porción aérea en las siembras más profundas y por la disminución del peso radical que mostraron las siembras superficiales a pesar de que en estas últimas comenzaron a desarrollarse algunas raíces adventicias en los nudos subsuperficiales, pero en las siembras a mayor profundidad aparecieron muchas raicillas en el mesocótilo (J. Martin et al, 1935).

El hecho de no existir diferencias significativas entre los tamaños, indicaría una eventual regularidad en el crecimiento de ambas partes que estaría gobernado por factores genéticos (cultivar) y ambientales (profundidad), mientras que el tamaño de las reservas (peso del cariopse) actuaría incrementando en forma igualmente proporcional al peso de la parte aérea y de la raíz.

Análisis del crecimiento (desde siembra hasta la segunda fase)

Al considerar el crecimiento en forma integral, analizando algunos de los parámetros que lo caracterizan, se pudo observar que siguieron el ritmo clásico descrito para cada uno de ellos.

Fue así que la altura de la plántula, repitiendo la típica curva sigmoidea de crecimiento (Gráf. 3) mostró un lento incremento al comienzo para adquirir luego una pendiente mayor debido a la mayor velocidad de crecimiento para llegar a la tercera fase, manteniéndose hasta allí las diferencias entre los tamaños del grano y la tendencia a disminuir de altura en las siembras más profundas.



Gráf. 3. - Marcha de la altura de la plántula de sorgo granífero desde siembra hasta la tercera fase de crecimiento para los tres tamaños de grano.

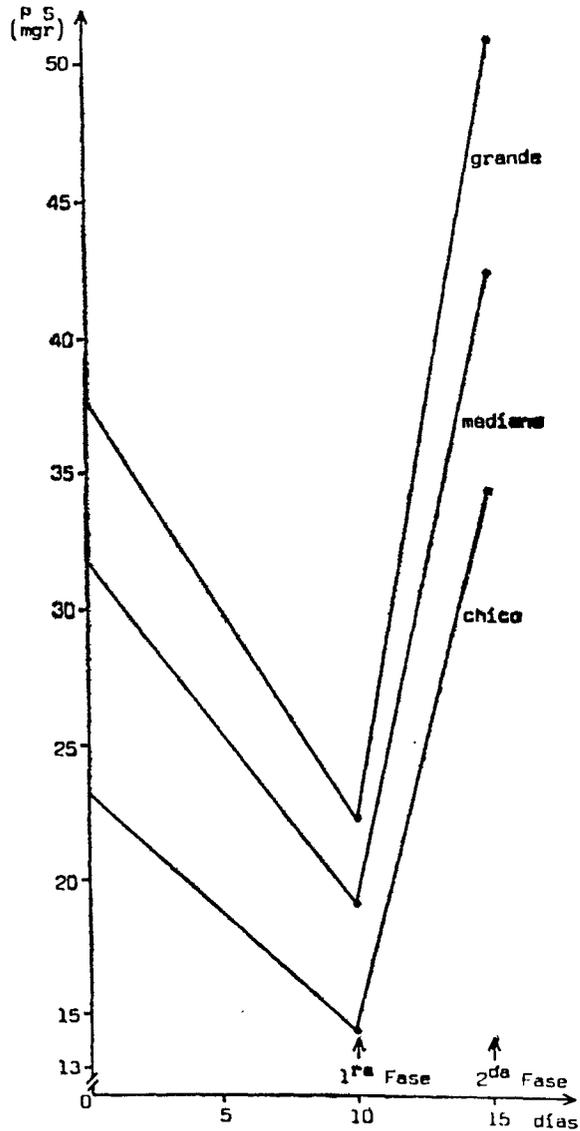
La variación del peso total (Gráf. 4) como era de esperar y según C. Leopold y P. Kriedelmann, (1975) y Z. Sestak et al, (1971), considerado desde el peso inicial del grano, disminuyó hasta alcanzar la primera fase, momento a partir del cual y por poseer una hoja completamente expandida y otra desarrollándose fue capaz de asimilar energía en cantidad suficiente para dejar de depender de las reservas almacenadas en el grano (C. Cooper y P. Mac Donald, 1970).

El I.C.R., el I.A.N. y el C.A.F. explicaron el vigor y la capacidad de crecimiento de las plántulas; los mismos permitieron tener un conocimiento de los fundamentos fisiológicos que gobiernan el crecimiento y de que manera lo afectan algunos factores.

El Índice de Crecimiento Relativo (I.C.R.) no manifestó diferencias significativas entre los tratamientos y osciló alrededor de 0,1854 mg/mg/día. Sólo hubo una leve tendencia a disminuir en las siembras más profundas y a aumentar con las semillas más pequeñas. Ello indica que la cantidad de miligramos de materia seca que se aumenta por miligramo de peso seco total en un día es semejante en todos los casos, pero como sugiere Blackman (citado por Z. Sestak, 1971), que el crecimiento de una planta en sus primeras fases sigue la ley de interés compuesto, al partir con un mayor peso inicial (capital) aunque la tasa de crecimiento

(interés) sea proporcionalmente igual para un tiempo determinado, la planta que se origine de granos más grandes deberá llegar a un mayor peso seco final.

El análisis de los valores del Índice de Asimilación Neta (I.A.N.) mostró muy significantes diferencias entre los tamaños de la semilla y en-



Gráf. 4. - Variación del peso seco total de sorgo granífero desde la semilla hasta la segunda fase de crecimiento.

tre las profundidades de siembra. También una notable interacción entre los cultivares y el tamaño de los granos, lo mismo que entre la profundidad y el tamaño.

Pasó de 0,9453 mg/cm²/día para los granos chicos a 1,1178 mg/cm²/día para las semillas grandes. Respecto a las profundidades, el menor valor, 0,883 mg/cm²/día fue para la siembra de los 2 cm de profundidad y el mayor, 1,1493 mg/cm²/día para los 6 cm de profundidad.

El Coeficiente de Area Foliar (C.A.F.) fue calculado para la 1ª y 2ª fase; en ambos casos se manifestó mayor y con significativa diferencia (al 5%) en el híbrido NK 300. Igual grado de significancia se alcanzó entre los tamaños de grano, donde aumentaba a medida que crecía el peso del mismo. Su valor osciló alrededor de 8,77 mg/cm² para la primera fase y de 4,11 mg/cm² para la segunda fase.

La consideración del I.A.N. y del C.A.F. como componentes del I.C.R. dan una medida del grado de desarrollo de la maquinaria metabólica de la planta y es por ello que dadas las significativas diferencias entre los cultivares y los tamaños de los cariopses se puede afirmar que el cultivar híbrido, al igual que las semillas más grandes y las siembras entre 4 y 6 cm de profundidad tienen una mejor disposición para lograr ser más eficientes en la asimilación de la energía y destinarla a los diferentes tejidos en crecimiento.

El mayor valor del I.A.N. para la siembra de 8 cm de profundidad que para la siembra de 2 cm puede deberse a que en el primer caso, si bien el peso seco es relativamente menor para las dos fases, en la siembra profunda éste tiene muy poco peso inicial dado que debe proveer de energía al mesocótilo y en la segunda medición alcanza un alto peso radical que podría estar determinado también y además de los hidratos de carbono, por una mayor asimilación de nutrientes minerales por parte de las raicillas (Z. Sestak et al, 1971).

IV. CONCLUSIONES

Si bien, dado el objetivo del trabajo y el diseño del experimento, el análisis de la varianza para los cultivares no fue hecho con la precisión con que lo fue para las otras dos variantes, se establece que el cultivar híbrido presenta un mayor vigor de plántula, con una mayor capacidad de crecimiento; diferencias éstas que no llegan a ser muy marcadas y se deben principalmente al relativo mayor tamaño de los granos.

Granador INTA al ser un cultivar de polinización abierta, permitiría lograr un aumento del tamaño de grano a mediano plazo, seleccionando los granos más grandes para lograr una mejor implantación y una mayor tolerancia a siembras profundas.

Las siembras superficiales son las más adecuadas, dan plántulas más vigorosas y el tamaño de la semilla adquiere menor importancia.

La profundidad óptima de siembra oscila entre 2 a 6 cm. de profundidad, siendo la siembra a 4 cm. la que tiene mayor capacidad de crecimiento.

Por otra parte, como la germinación y emergencia de la plántula dependen de condiciones ambientales como ser la temperatura, humedad y condiciones físicas del suelo, la profundidad óptima será así distinta en diferentes regiones y en distintas épocas. (G. Coras 1973, R. Parodi 1974).

Debido a la plasticidad que posee el sorgo granífero, puede ser sembrado con éxito hasta 8 cm. de profundidad dando plántulas con mucha capacidad de elongación del mesocótilo. Hay que tener en cuenta que a ésta profundidad es menor el porcentaje de emergencia por lo cual la densidad de siembra debe ser aumentada,

Semillas más grandes dan plántulas con mayor vigor y una alta capacidad de crecimiento que permite una muy buena y segura implantación.

Según trabajos de varios autores entre los que se destacan Varonin et al, (1969) y Whalley et al, (1966), el rendimiento en grano está correlacionado con el porcentaje de emergencia, con plántulas de buen vigor, con mejor ritmo de crecimiento, con eficiencia en la fotosíntesis, con un mayor coeficiente de área foliar y con un elevado índice de asimilación neta.

Todos éstos son atributos destacados de plántulas provenientes de las semillas de mayor tamaño por lo que se afirma que semillas o granos más grandes daran mejores cosechas. Sería una manera relativamente sencilla de aumentar los rendimientos pues esta característica tiene una heredabilidad del 60 % (R. Voight et al, 1966) y permite dar mayor contenido de proteínas por hectárea (A. Kambal y O. Webster, 1966).

En base a lo expuesto se puede recomendar:

- Considerar a la longitud y peso seco del mesocótilo como indicador de la capacidad para emerger de las plántulas de sorgo granífero.
- Buscar cultivares con buena capacidad para desarrollar ambos elementos a fin de lograr buena emergencia en distintas condiciones y profundidades.
- Sembrar el sorgo granífero a 4 cm. de profundidad o en su defecto entre 2 a 6 cm. según condiciones de suelo y clima. En condiciones excepcionales a 8 cm. (suelos arenosos con humedad en el subsuelo) pero con mayor densidad.

— Seleccionar el sorgo granífero en base al tamaño del cariopse para lograr una buena población de plantas, de buen vigor, capaces de competir con éxito y con grandes posibilidades de dar altos rendimientos.

V. AGRADECIMIENTOS

A los Ings. Agrs. Ricardo Parodi (†) y Ernesto F. Nienstedt por acceder a formar parte del tribunal examinador y por las sugerencias hechas al trabajo original, como integrantes del comité consejero. Al Ing. Agr. Mariano Ponce por la buena predisposición que siempre mostró ante mis requerimientos. A los Estadísticos José Toraglio y María Rosa Panicelli por su colaboración en los aspectos estadísticos. A las Autoridades del Instituto de Ciencias Agronómicas (U.N.C.) que apoyaron mi ingreso a la Escuela para Graduados. A la Cátedra de Ecología Agrícola que me permitió completar el trabajo. A la Cátedra de Botánica III del I.C.A. que facilitó el laboratorio. A todos aquellos que de una forma u otra ayudaron a concretar el trabajo.

VI. RESUMEN

Granos de tres tamaños (chico, mediano y grande) de dos cultivares, uno híbrido y el otro no híbrido de sorgo granífero, fueron sembrados a 2, 4, 6 y 8 cm. de profundidad con el fin de evaluar el vigor de la plántula bajo esos distintos tratamientos y su efecto sobre la implantación, para establecer la profundidad óptima de siembra y conocer los efectos del tamaño de la semilla.

A la aparición completa de la primera hoja y de la tercera hoja fueron medidos y evaluados una serie de parámetros (peso seco total y de las distintas partes que componen la plántula, superficie foliar, longitud de coleóptilo, longitud y peso seco de mesocótilo, porcentaje de emergencia, índice de crecimiento relativo, índice de asimilación neta y coeficiente de área foliar) que permitieron arribar a lo siguiente:

- a) Semillas más grandes dan una mayor población de plántulas, las que resultan más vigorosas y de una mayor capacidad de crecimiento.
- b) Siembras más profundas originan menor cantidad de plántulas más débiles.
- c) Considerar a la longitud y al peso seco del mesocótilo como indicador del poder de emergencia del sorgo granífero.

En base a ello se recomienda sembrar el sorgo granífero entre 2 y 6 cm. de profundidad según ambientes y orientar la selección en sorgo granífero a la obtención de cariopses más grandes a fin de asegurar una mejor implantación y un mayor rendimiento.

SUMMARY

The influence of seed weight, seeding depth and cultivar on grain sorghum establishment was tested in a factorial split-plot design.

Seeds of three different size and weight from a hybrid and a non hybrid cultivar were planted at 2, 4, 6 and 8 cm seeding depth in order to assess the vigour of

seedling in each particular case and the influence each one had upon establishment and be able to determine the best seeding depth and find out the results of seed size.

Upon first and third full leaf expansion, the following were measured and assessed:

- total dry weight
- dry weight of different components of seedling
- leaf area
- coleoptile length
- mesocotile length and dry weight
- percentage of emergence
- relative growth rate (R.G.R.)
- net assimilation rate (N.A.R.)
- leaf area rate (L.A.R.)

Conclusions were:

- a) Greater seeds produce more uniform stands and more vigorous seedlings.
- b) Deeper seeding produce thinner and weaker stand of seedlings.
- c) Regard the length and dry net weight of mesocotile as indicators of the ability of emergence of grain sorghum.

It is recommended to seed grain sorghum at a depth oscilating between 2 and 6 cm according to environments and to direct selection towards the obtention of larger kernels to ensure better establishment and higher yields.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ABDULLAHI, A. y R. L. VANDERLIP. 1972. Relationships of vigor tests and seed source and size to sorghum seedling establishment. *Agr. Jour.* 64(2): 143-144.
- REVERIDGE, J. L. y C. P. WILSIE. 1959. Influence of depth of planting, seed size and variety on emergence too seedling vigor in alfalfa. *Agron. Jour.* 51: 731-734.
- BLACK, J. N. 1956. The influence of seed size and depth of sowing on pre-emergence and early vegetative growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) *Aust. Jour. Agric. Res.* 7(2): 98-109.
- BOYD, W., J. R. GORDON y A. G. LA CROIX. 1971. Seed size, germination resistance and seedling vigour in barley. *Can. Jour. of Plant Sci.* 51(2): 93-99.
- COOPER, C. S. y P. MAC DONALD. 1970. Energetics of early seedling growth in corn (*Zea mays*) *Crop Sci.* 10(2): 136-139.
- COVAS, G. 1973. Cultivo del sorgo granífero en la región semiárida pampeana. *Boletín de Divulgación Técnica* N° 9. E.E.R.A. INTA. Anguil.
- GALICH, A., R. FOGANTE y M. ZANELLI. 1972. Estudio de las profundidades de siembra óptimas y límites para las variedades de trigo cultivadas en la República Argentina. *Inf. Técnico* N° 36. E.E.R.A. INTA, Marcos Juárez.
- GINZO, D. 1968. Revisión de métodos para medir el área foliar. *Ciencia e Investigación.* 24(2): 83-87.
- GUNEYLI, E., O. C. BURNSIDE y P. T. NORDQUIST. 1969. Influence of seedling characteristics on weed competitive ability of sorghum hybrids and inbred lines. *Crop Sci.* 9(6): 713-716.

- HARPER, J. y M. OBEID. 1967. Influence of seed size and depth of sowing on the establishment and growth of varieties of fiber and oil seed flax. *Crop Scie.* 7: 527-532.
- HUNTER, R. B. y L. W. KANNENBERG. 1972. Effects of seed size on emergence, grain yield and plant height in corn. *Can. Jour. of Pl. Scie.* 42(2): 252-256.
- INOUE, J. y K. ITO. 1969. Studies on the seedlings emergence in crops. On the relation between the strength of plumule-elongation and emergence vigor or emergence ability in some cereals. *Proc. Crop Scie. Soc. Japan.* 38(1): 138-142.
- JOSIFOVICH, J. 1967. Germinación de semillas de sorgos forrajeros en suelo y cajas de Petri a diferentes temperaturas. *Rev. de Invest. Agrop.* IV(23): 453-473.
- KAMBAL, A. E. y O. J. WEBSTER. 1966. Manifestations of hybrid vigor in grain sorghum and the relations among the components of yield, weight per bushel and height. *Crop Scie.* 6: 513-515.
- KISSELBACH, T. A. 1924. Relation of seed size to yield to small grains crops. *Jour. Am. Soc. Agron.* 16(10): 670-682.
- KITTOCK, D. L. y L. K. PETTERSON. 1962. Seed size effects on performance of dryland grasses. *Agron. Jour.* 54: 277-278.
- LEOPOLD, C. y P. KRIEDEMANN. 1975. *Plant Growth and Development.* Ed. Mc Graw-Hill Inc. U.S.A. 2ª Edition.
- LEWIS, J. P. y D. GINZO. 1966. Bases para el análisis del crecimiento vegetal. *Ciencia e Investigación.* 22(11): 495-507.
- MARTIN, J. H., J. W. TAYLOR y R. W. LEUKEL. 1935. Effects of soil temperature and depth of planting on the emergence and development of sorghum seedling in the green-house. *Jour. Am. Soc. Agr.* 27: 660-665.
- OEXEMAN, J. W. 1942. Relation of seed weight to vegetative growth, differentiation and yield in plant. *Amer. J. Bot.* 29: 72-81.
- PARKER, J. J. y H. M. TAYLOR. 1965. Soil strength and seedling emergence relations I-Soil type, moisture tension, temperature and planting depth effects. *Agron. Jour.* 57: 289-291.
- PARODI, R. A. 1964. *Sorgos. E.E.A. INTA Manfredi (Cba.).*
- PINTHUS, M. y J. ROSEMBLUM. 1961. Germination and seedling emergence at low temperature (Sorghum). *Crop Scie.* 1(4): 293-296.
- ROSS, W. M. y J. D. EASTIN. 1972. Grain sorghum in the U.S.A. *Field Crop Abstr.* 25(2): 170-177.
- SESTAK, Z., J. CATSKY y P. JARVIS. 1971. *Plant photosynthetic production - Manual of methods.* Dr. W. Junk N. V. Publisher The Hague. 1971.
- STICKLER, F. C. y E. WESSON. 1963. Emergence and seedling vigor of birdsfoot trefoil as affected by planting depth, seed size and variety. *Agron. Jour.* 55: 78-79.
- STICKLER, F. C., S. WEARDEN y A. PAULI. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. *Agron. Jour.* 53: 187-188.
- SWANSON, A. F. y R. HUNTER. 1936. Effect of germination and seed size on sorghum stands. *Jour. Am. Soc. Agr.* 28(12): 997-1004.
- TAYLOR, H. M. 1962. Seedling emergence of wheat grain, sorghum and guar as affected by rigidity and thickness of surface crust. *Soil Science Society Proc.* 26(5): 431-433.
- VANDERLIP, R. L. y H. E. REEVES. 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench.) *Agr. Jour.* 64(1): 13-17.
- VARONIN, M., A. KIRIENKO, A. ZAVARSIN, A. ISCHIN y P. SEDOV. 1969. (Seed size and crop yield) *Zemledelie, Mosk* N° 10: 48-49. (En *Field Crop Abstr.* 1970. Vol. 23).
- VOIGHT, R. L., C. D. GARDNER y O. J. WEBSTER. 1966. Inheritance of seed size in *Sorghum vulgare* Pers. *Crop. Scie.* 6: 582-586.
- WHALLEY, R. P., C. M. MC KELL y L. R. GREEN. 1966. Seedling vigor and the early nonphotosynthetic stage of seedling growth in grasses. *Crop Scie.* 6(2): 147-150.