

02

# EVALUACION DE RENDIMIENTO POR DAÑO SIMULADO DE PERDIDA EN DIFERENTES ESTADOS DEL DESARROLLO EN LA PANICULA DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Phanor Segura S. \*\*  
Jorge A. Escobar G. \*\*

Nicolas G. Ossa S. \*  
Jorge N. Ortiz M. \*  
Numa P. Bastidas S. \*

## COMPENDIO

En el ensayo, realizado con el híbrido de sorgo D-61, se simularon diferentes niveles de daño en los 4 estados del grano (lechoso, pastoso, harinoso, seco); además se realizaron 2 series de tratamientos con daño acumulado. En el estado de grano lechoso se puede tolerar la pérdida hasta de 70 granos/panícula, debido a que la planta tiene la capacidad de recuperar la pérdida de grano. Pérdidas en estados posteriores al lechoso afectaron el rendimiento. Las altas diferencias entre testigo protegido y testigo agricultor hacen preveer que existen posibilidades de mejorar los rendimientos en el cultivo.

## ABSTRACT

The main purposes of this research were to evaluate the most critical stage of grain loss in the panicle of the hybrid D-61 of sorghum, in order to know which period is the appropriate for the control of harmful insects, and determine that amount of damage the plants can tolerate without an economic loss in yield. Different levels of damage were simulated in the 4 stages of the grain (milky, soft, floury and dry). Two treatments were also made with accumulated damage. In the stage of milky grain, losses can be tolerated up to 70 grains/panicle due to the capacity of the plant to recover the grain loss. The losses produced in later stage of the milky one, sensibly affected the yield. The high differences obtained between the protected check and the agricultural check make us see that there are possibilities of improving the yield of the crop.

---

\* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira

\*\* Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

## 1. INTRODUCCION

Agricultores y técnicos consideran al sorgo como un cultivo "rústico" que no necesita mayores cuidados ni prácticas agronómicas para reducir pérdidas de producción ocasionadas por problemas entomológicos u otros problemas.

Como no se ha cuantificado la participación del daño de los insectos de la panicula en la reducción de los rendimientos del sorgo de grano, los objetivos del trabajo fueron definir la etapa más crítica de la pérdida simulada del grano en la panicula y determinar el daño tolerable en las plantas sin que exista pérdida económica en el rendimiento.

## 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó en una siembra comercial del híbrido D-61 de sorgo, en la hacienda "El Socorro" de Palmira, Valle. Para mantener un óptimo estado sanitario en el lote experimental, se controló el cogollero (*Spodoptera* sp.) cuando pasó de un 30 por ciento de daño fresco; se hizo una aplicación preventiva de Methomyl a los 45 días y se repitió 7 días después. Las paniculas se seleccionaron a los 60 días y se embolsaron (bolsas de papel) dos días más tarde. Se hicieron aplicaciones de Methomyl (60 y 70 días) y Profenos mezclado con Dithane M-45 (80, 90 y 100 días después de emergencia).

En el experimento se consideraron dos factores: cuatro etapas de desarrollo del grano (lechoso: 70 días después de emergencia-dde, pastoso: 80 dde, harinoso: 90 dde y seco: 100 dde) y nivel de daño por panicula (número de granos eliminados manualmente), obteniéndose 22 combinaciones (Cuadro 1).

Además, se incluyeron 10 tratamientos adicionales (dos testigos y 8 tratamientos de daño acumulado). El daño acumulado se subdividió en dos grupos: En el primero, de 60 granos la mitad se eliminó en determinado estado y el daño restante se dividió en partes iguales en los otros estados (Cuadro 2). En el segundo grupo, el daño acumulado es variable (entre 40 y 70 granos), cambiando su intensidad con los estados (Cuadro 3).

Al tratamiento 31, testigo protegido-T P, se aplicó Methomyl al momento de embolsar las paniculas y días después una mezcla de Dithane M-45 con Profenos. El Testigo Agricultor-T A ( $T_{32}$ ) representó las condiciones de manejo del lote comercial y su producción se evaluó sobre veinte paniculas de tamaño similar a las del lote experimental.

Cuadro 1

## Niveles de daño en la panicula de sorgo D-61

Etapa de desarrollo reproductivo	Número de granos eliminados/panicula						
	10	20	40	60	80	100	150
Grano Lechoso	X(T <sub>1</sub> )	X(T <sub>2</sub> )	X(T <sub>3</sub> )	X(T <sub>4</sub> )	X(T <sub>5</sub> )	X(T <sub>6</sub> )	X(T <sub>7</sub> )
Grano Pastoso	X(T <sub>8</sub> )	X(T <sub>9</sub> )	X(T <sub>10</sub> )	X(T <sub>11</sub> )	X(T <sub>12</sub> )	X(T <sub>13</sub> )	
Grano Harinoso	X(T <sub>14</sub> )	X(T <sub>15</sub> )	X(T <sub>16</sub> )	X(T <sub>17</sub> )	X(T <sub>18</sub> )		
Grano Seco	X(T <sub>19</sub> )	X(T <sub>20</sub> )	X(T <sub>21</sub> )	X(T <sub>22</sub> )			

Cuadro 2

Grupo de daño acumulado constante

Tratamiento Número	Estado reproductivo del grano						Número total de granos eliminados	
	Lechoso		Pastoso		Harinoso	Seco		
23	30	+	10	+	10	+	10	60
24	10	+	30	+	10	+	10	60
25	10	+	10	+	30	+	10	60
26	10	+	10	+	10	+	30	60

Cuadro 3

Grupo de daño acumulado variable

Tratamiento Número	ESTADO REPRODUCTIVO DEL GRANO						Número total de granos eliminados	
	Lechoso		Pastoso		Harinoso	Seco		
27	10	+	10	+	10	+	10	40
28	10	+	20	+	10	+	10	50
29	10	+	20	+	20	+	10	60
30	10	+	25	+	25	+	10	70

Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, exceptuando el grupo de daño acumulado constante (3 repeticiones), en cada repetición se incluían 20 paniculas. Por facilidades de manejo, los tratamientos correspondientes a un mismo estado de desarrollo se manejaban como un bloque, asignando al azar los niveles de daño.

Como el esquema experimental estaba supeditado a la siembra comercial, la unidad experimental la constituía un surco de 40 m dentro del cual se seleccionaban veinte plantas sin macolla, con competencia perfecta y cuya panicula semiabierta oscilaba entre 20 y 21 cm. A fin de lograr la mayor uniformidad, no se incluían surcos de germinación defectuosa.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Características agronómicas del semestre.

En la "Hacienda el Socorro" no se presentaron plagas ( semestre 83 A) que ocasionaran pérdidas económicas. El rendimiento alcanzó un promedio de 6.25 t/ha.\* Los lepidopteros plagas, observados en el cultivo comercial, desde la época de floración a la de grano seco, fueron: *Celama sorghiella* (Nolidae) - *Dichomeris* sp (Gelechiidae) - *Pleuroprucha astenaria* (Geometridae) - *Pococera atramentalis* (Pyralidae).

#### 3.2. Comparación entre el testigo protegido y el testigo agricultor.

La mayor diferencia en producción se obtuvo entre el testigo protegido y el testigo agricultor, presentando una reducción del 31.4 o/o. Asumiendo una densidad de siembra de 280 000 plantas/ha\*\*, ésta reducción es de 2.3 t/ha que a precios de sustentación (IDEMA) de \$ 20.780/t significan pérdidas potenciales de \$ 47.494.

A medida que se producen mayores rendimientos, la variabilidad de éstos también aumenta (Cuadro 4). Como la relación entre las varianzas es de 12.5, se tendría un caso de varianza heterogénea con igual tamaño de muestra. En la prueba de hipótesis el valor de "t" calculado fue 31.1, lo que conduce a rechazar la hipótesis de igualdad de medias a un nivel de significancia del 1 o/o (prueba de una cola).

---

\* Nelson Reyes O. comunicación personal. Hacienda "El Socorro".

\*\* La distancia entre surcos fué de 50 cm. Conteos sobre 20 sitios arrojaron un promedio de 14 plantas por metro lineal (surco doble).

Cuadro 4

Rendimiento a nivel de parcela del testigo protegido y del testigo agricultor

Tratamiento Número	REPETICIONES (g)				Medias (g)	Varianza
	1	2	3	4	$\bar{Y}$	$S^2$
31 (T. P.)	26.31	25.66	26.52	26.79	26.32	0.2322
32 (T.A.)	17.92	17.93	18.17	18.15	18.04	0.0185

El incremento en el rendimiento por efecto de la protección de la panícula fué sorprendentemente alto; suceso no sólo atribuible al control de insectos, si no también a condiciones microambientales que se crean como consecuencia del embolsado, sin descartar potenciales efectos fisiológicos de los productos empleados.

### 3.3. Efectos del estado fisiológico sobre la producción (epoca critica).

La comparación entre estados se hizo en primer lugar sobre la región de exploración de daño común, es decir entre 10 y 60 granos eliminados por panícula (Cuadro 5). El rendimiento se reduce sensiblemente a medida que el estado fisiológico avanza, imposibilitando la acción de mecanismos compensatorios que funcionan cuando el daño se produce a una edad temprana.

Si se ajusta un modelo lineal de los 70 a 100 días después de emergencia, la reducción promedia en el rendimiento es de 2.33 gramos por estado (10 días) por panícula, que bajo el supuesto de 280 000 plantas/ha representan reducciones de 652 kg/ha cuando el daño simulado se produce con un retraso de 10 días.

Entre estados consecutivos la mayor reducción (12.98 o/o) se produce entre los estados lechosos a pastoso y la menor (5.41 o/o) entre pastoso y harinoso. Debe tenerse en cuenta que el agricultor aplicó riego (15 mm) a los 85 días después de emergencia y que posteriormente se presentaron lluvias (20.0 mm), lo cual pudo haber influido en hacer menos drástico el daño entre los estados pastoso y harinoso.

Si la comparación entre estados se realiza para el mismo nivel de daño (10 granos), los resultados muestran sorprendentes reducciones por efecto de un nivel de daño tan bajo (Cuadro 6). Ello hace pensar que más que el daño efectuado, influyen otros factores entre ellos el climático y la aplicación de Profenos mezclado con Dithane M-45 (Etileno Bisdiotiocarbamato 62 o/o, manganeso 16 o/o y Zinc 2 o/o). El Etileno desencadena el estado climático incrementando la producción de dióxido de carbono; mantiene cocientes respiratorios elevados ya que la producción de dióxido de carbono es superior al consumo de oxígeno; solubiliza polisacáridos de reserva y estructurales, aumentando la degradación del almidón y la acumulación de azúcares de bajo peso molecular (Cordoba, 1; Rojas, 3).

Cuando el daño se simula en el estado lechoso dentro del recorrido de 10 a 60 granos retirados, el peso de la panícula no se vé afectado, pudiéndose considerar que existen mecanismos compensatorios que generan ma-

Cuadro 5

Promedio de producción de las etapas de desarrollo reproductivo al eliminar entre 10 y 60 granos de sorgo

Etapa de desarrollo reproductivo	Edad	Estado* $X_i$	Media $\bar{Y}_i$	o/o Reducción entre estados consecutivos	Coefficiente de regresión
					$B: \frac{\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$
Lechoso	70	7	26.12	12.98	
Pastoso	80	8	22.73	5.41	$B: \frac{745.78 - (34)(89.11)}{4}$
Harinoso	90	9	21.50	12.47	5
Seco	100	10	18.76		$B: -2.33 \text{ g/estado/panicula}$

\* Estado ( $X_i$ ) equivale a la edad/10

Cuadro 6

Comparación entre estados para un nivel de daño de diez granos eliminados por panícula

Tratamiento	Peso panícula		Reducción kg/ha respecto al testigo protegido	
	Media (g)	Mediana 1/ (g)	Media 26.32	Mediana 26.24
1	26.00	26.13	89.6 3/	130.8
8	23.32	23.52	840.0	761.8
14	21.70	21.05	1293.6	1453.2
19	19.50	19.96	1909.6	1754.8

1/ El desgrane se produjo con el equipo del ICA pasando dos panículas en cada ocasión, en cada repetición se producían 10 valores los cuales se ordenaron para el cálculo de la mediana (g/panícula). Posteriormente, se calculó la mediana del peso considerando las cuatro repeticiones.

2/ A los tratamientos 8, 14 y 19 se aplicó Dithane M-45 (Etileno bisditiocarbamato de Manganeso) en mezcla con Profenos.

3/ La reducción entre el testigo protegido (31) y el tratamiento 1 no es significativa.

por peso en los granos restantes. Esta afirmación es corroborada por Pulido (2) quién reporta: "La planta de sorgo cuando pierde algunos granos por la acción de la mosca del ovario, compensa en buena parte esa pérdida formando granos de mayor tamaño y peso".

En una muestra compuesta por las paniculas que recibieron daño en el estado lechoso, el peso de 1000 granos osciló entre 29.48 y 31.05 g con un promedio de 30.11 g, valor que superó el peso registrado en los otros estados de desarrollo (Cuadro 7).

### 3.4. Daño en cada uno de los estados de desarrollo.

#### 3.4.1. Daño en simulado en el estado lechoso (Limite tolerable de daño).

El análisis de varianza detecta diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 8). La diferencia mínima significativa al 5 o/o en pruebas de una cola fué de 1.51 g/panicula y el coeficiente de variación de 4.8 o/o.

En el estado lechoso del recorrido 10 a 150 granos retirados, el comportamiento de la respuesta tiene 2 tendencias: entre 10 y 60 granos el rendimiento permanece insensible al daño, la reducción se manifiesta a partir de los 80 granos retirados por panicula (Figura 1). Para representar la respuesta en éste estado de desarrollo se empleó un modelo discontinuo: el primer tramo con pendiente  $B = 0$  dentro del recorrido 10 a 50 granos retirados por panicula; en el segundo tramo el modelo lineal ajustado fué:

$$\hat{Y} = 24.47 - 0.0398 (X_i - 110) \quad \text{para } 80 \leq X_i \leq 150$$

Para determinar el nivel de daño tolerable se interceptan las rectas ajustadas en los dos tramos: Rendimiento estimado 1er tramo = Rendimiento estimado 2o. tramo.

$$26.12 = 24.47 - 0.0398 (X_i - 110)$$

De donde  $X_i = 68.5$ , es decir, el nivel de daño tolerable en el estado lechoso serían 68 a 69 granos retirados por panicula. Para fines prácticos, se puede considerar que en el estado lechoso, el sorgo híbrido D-61 tiene capacidad para compensar la pérdida de hasta 70 granos por panicula al lograr producir en los restantes granos un mayor peso.

#### 3.4.2. Daño simulado en los restantes estados (pastoso, harinoso y seco).

Conviene recordar que los resultados correspondientes a los tratamien-

Cuadro 7

Peso seco de 1000 granos en muestras compuestas para un mismo estado de desarrollo

Estado	Media (g)	Varianza	o/o Coeficiente de regresión
Lechoso	30.11	0.1663	1.35
Pastoso	27.72	0.4465	2.41
Harinoso	26.09	0.0405	1.55
Seco	24.90	0.1218	1.40

\*\*Se mezclaron granos de panícula de todos los tratamientos del mismo estado de desarrollo.

\*\*Los tratamientos correspondientes a éstos estados recibieron aplicación de la mezcla de Profenos con Dithane M-45.

Cuadro 8

Promedios de rendimiento de peso seco de grano (g) para los niveles de daño simulado

Estado	Tratamiento Número	Número de granos retirados manualmente						
		10	20	40	60	80	100	150
Lechoso	1 a 7	26.00	26.18	26.08	26.23	25.70	24.61	22.89
Pastoso	8 a 13	23.32	23.01	22.63	21.97	21.27	21.21	
Harinoso	14 a 18	21.70	21.61	21.61	21.08	20.33		
Seco	19 a 22	19.50	19.16	18.27	18.13			

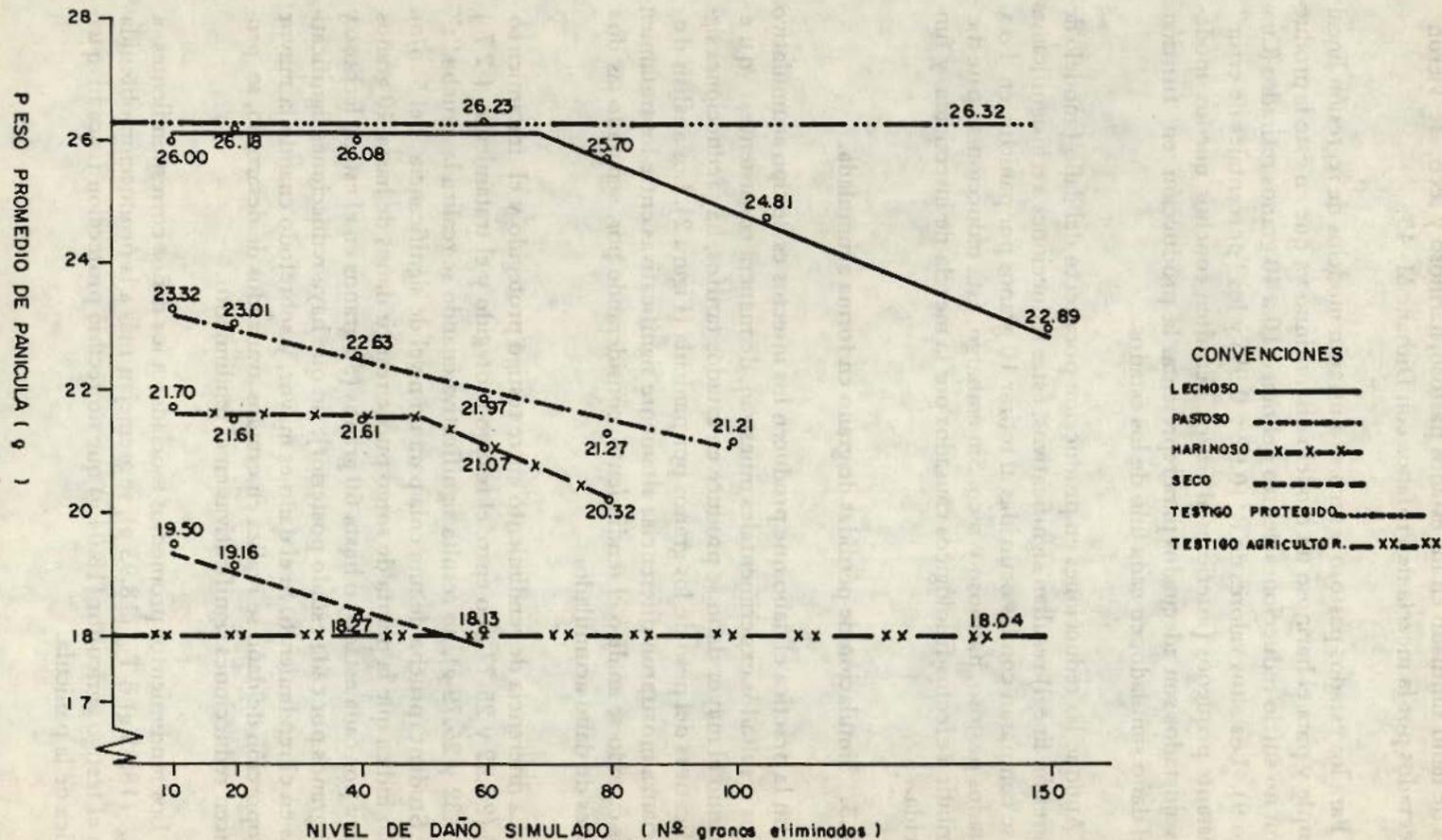


Fig 1. Crecimiento vegetativo de la raíz y del tallo de isolíneas de soya ICA-Tarao.

tos de daño simulado en los estados pastoso, harinoso y seco, se vieron afectados por la mezcla de Profanos con Dithane M - 45.

Para los estados pastoso y seco se ajustaron modelos de regresión lineal simple y para el harinoso un modelo discontinuo ya que en éste la producción no sufrió reducciones dentro del rango 10 a 40 granos retirados (Cuadro 9). Los altos valores de  $R^2$  (0.92 y 0.99) y los "porcentajes de error" bastante pequeños (inferiores al 1 o/o), permiten concluir que los modelos ajustados son adecuados para representar la producción en función del daño simulado, en cada uno de los estados.

Aunque las reducciones en producción por efecto del daño ( modelo de regresión lineal) resultan significativos, éstas reducciones son insignificativas si se comparan con las ocurridas al retirar 10 granos por panicula en los estados pastoso, harinoso y seco. Sin embargo, ésta reducción se puede atribuir a efectos fisiológicos causados por la mezcla de insecticida y fungicida.

### 3.4.3. Simulación de pérdidas de grano en forma acumulada.

En la práctica el daño que producen los insectos es de tipo acumulativo y los resultados experimentales muestran, de manera consistente, que cuando el mayor daño se produce en estados tardíos, hay reducciones significativas del peso de los granos por panicula (Figura 2). Los análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos cuando se analizó el rendimiento, considerando por separado las dos series de daño acumulado.

La diferencia de rendimiento entre testigo protegido y el tratamiento 23 (26.32 y 25.77 g) o entre el testigo protegido y el tratamiento ( 27 ) (26.32 y 25.79 g), no resulta significativa cuando se realiza la prueba "t" de Student (prueba de una cola para un nivel de significancia del 5 o/o). Ello indica que la planta de sorgo puede resistir daños de hasta 40 granos (diez por cada estado) o hasta 60 granos (30 granos en el estado lechoso y 10 granos por cada estado posterior), sin que haya reducciones significativas en el rendimiento. Si el daño es mayor, y sobretodo cuando la mayor proporción de daño se realiza en estados avanzados de desarrollo, se producen reducciones significativas en el rendimiento.

Los rendimientos promedios asociados a los daños correspondientes a  $T_{26}$  (18.83 g) o  $T_{30}$  (18.93 g), se asemejan más a la producción obtenida en el testigo agricultor (18.04 g) que no recibió protección física ni química de la panicula.

Cuadro 9

## Ecuaciones ajustadas para cada estado de desarrollo

Estado	Edad días después de emergencia	Rango del daño ( $X_i$ )	Ecuación ajustada
Lechoso	70	$10 \leq x_i \leq 60$	$\hat{Y}_1 = 26.12$
		$80 \leq x_i \leq 150$	$\hat{Y}_1 = 24.47 - 0.0398 (x_i - 110)$
Pastoso	80	$10 \leq x_i \leq 100$	$\hat{Y}_2 = 22.23 - 0.0252 (x_i - 51.66)$
Harinoso	90	$10 \leq x_i \leq 40$	$\hat{Y}_3 = 21.64$
		$60 \leq x_i \leq 80$	$\hat{Y}_3 = 20.70 - 0.0375 (x_i - 70)$
Seco	100	$10 \leq x_i \leq 60$	$\hat{Y}_4 = 18.76 - 0.0289 (x_i - 32.5)$

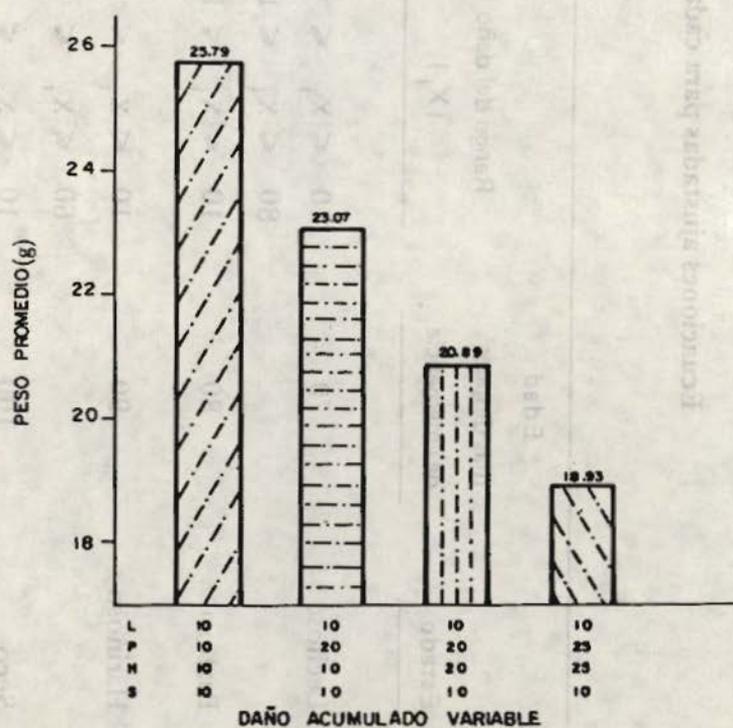
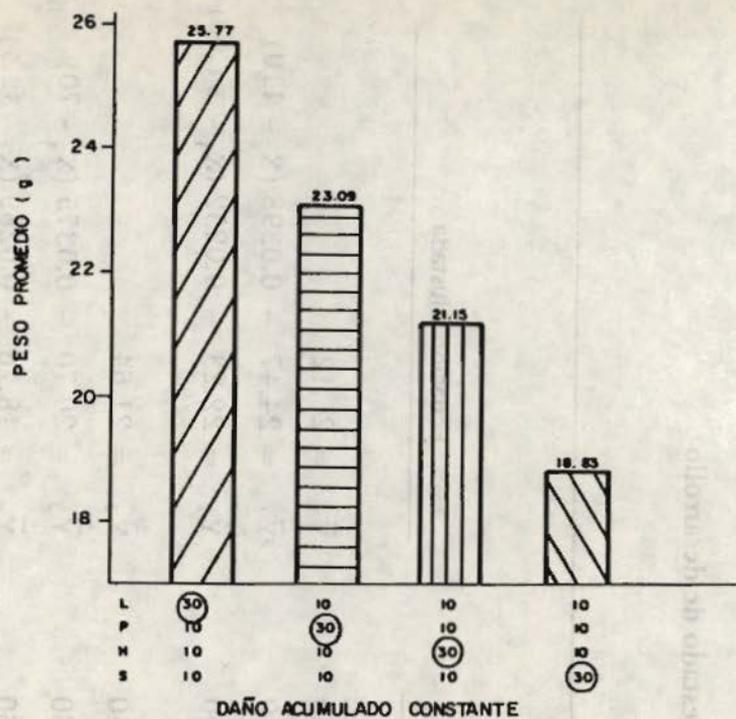


Fig 2. Acumulación de materia seca en isolinas de soya ICA-Taroa.

#### 4. CONCLUSIONES

- 4.1. En el estado de "grano lechoso" se pueden tolerar pérdidas hasta de 70 granos por panicula. A medida que el sorgo avanza hacia su madurez fisiológica la pérdida de grano afecta sensiblemente el rendimiento.
- 4.2. El sorgo híbrido D - 61 parece tolerar daños acumulativos de 40 granos (10, 10, 10, 10), 60 granos (30, 10, 10, 10) ó 70 granos retirados en el estado lechoso (70, 0, 0, 0), sin que se presenten reducciones significativas.
- 4.3. Por la diferencia en producción entre "Testigo Protegido" (Parcela con protección química y física durante todo el período reproductivo) y "testigo agricultor", se piensa que existen altas posibilidades de mejorar los rendimientos del sorgo.
- 4.4. La selección de plantas en competencia perfecta y del tipo y longitud de panicula, son requisitos indispensables para lograr una adecuada precisión. Para el presente trabajo se obtuvieron coeficientes de variación menores del 6 o/o, que para la variable producción de grano se considera muy aceptable.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

1. CORDOBA, C. V. Fisiología Vegetal. Madrid, Blume, 1976. 439 p.
2. PULIDO F., J. La mosca del ovario (*Contarinia sorghicola* Coquillet) plaga del sorgo. Palmira, ICA, 1982. 4 p. (mimeografiado).
3. ROJAS G., M. Fisiología Vegetal Aplicada. 2a ed. México, Mc Graw Hill, 1979. 262 p.