

DISTRIBUCION DE MATERIA SECA EN EL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
BAJO CONDICIONES DE CAMPO¹ /

FABRICIANO DIAZ M.*
IOSUE KOHASHI S.**

Abstract

This research was undertaken to determine the effect of plant density on the distribution of dry weight in the aboveground of four bean varieties (Phaseolus vulgaris L.).

The varieties Zacatecas 21-1-21, Michoacán 12A-3, y 18-X- Chapingo 72 (all with undeterminate growth habit), and Cacaluatate 72 (with determinate growth habit) were planted at 8900 plants/hectare and 100 000 plants/hectare. Seven physiological stages were chosen for determining dry weight matter of aboveground parts.

It was found that the percentage distribution of dry weight matter in the aerial organs of these varieties was not affected notoriously by either density. However, the total dry weight of aboveground parts was significantly different ($P \leq 0.01$) when the varieties Zacatecas, Michoacán, Chapingo were planted at 8900 plants/hectare than when they were planted at 100 000 plants/hectare.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y el maíz (*Zea mays*) forman parte importante de la dieta del pueblo latinoamericano; por lo tanto es relevante estudiar estos cultivos para tratar de aumentar los rendimientos a fin de solucionar los problemas alimentarios de la región.

Nichiporovich (10) define los términos "producción biológica" ($Y. \text{biol.}$) cuando se refiere a la materia seca total y "producción económica" ($Y. \text{econ.}$) refiriéndose a la parte útil de la materia biológica.

Estos dos factores se relacionan con el parámetro K económico o "Coeficiente de eficacia", el cual

corresponde a la relación entre el peso seco total y el peso del grano o de la parte útil. A partir de estos valores se desarrolló la ecuación de "producción económica" $Y. \text{econ.} = K. \text{econ.} \times Y. \text{biol.}$ Según esta ecuación el rendimiento puede aumentarse por incremento en cualquiera de los dos parámetros.

Burris (3), mostró que en la soya densidades bajas de siembra inducen a una disminución en el peso del tallo y a un incremento en el peso de la raíz, lo cual parece indicar que la raíz crece a expensas del tallo.

Oba *et al.* (11), concluyeron que en una población baja la soya produce mayor número de vainas y se incrementa la materia seca en hojas y tallos.

Robbins y Domingo (12) encontraron que en frijol el número de vainas producidas por unidad de área fue menor a espacios amplios entre plantas, pero con este espacio se aumentó el peso seco de las semillas.

Alvim y Alvim (1), señalan que en frijol, a medida que aumenta la densidad de población el área foliar y el peso seco total por planta disminuyen.

¹ Recibido para publicación el 20 de agosto de 1981

* Universidad del Valle, Depto. de Biología, Cali, Colombia.

** Colegio de Postgraduados, Rama de Botánica, Chapingo, México.

Magalhaes *et al* (8), investigando en frijol encontraron que en regiones de alta intensidad de radiación se incrementa el peso seco total por planta, y que esto se debe a un incremento en el índice de área foliar.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de estudiar la distribución de materia seca durante el desarrollo de plantas de frijol, sembradas a dos densidades de población, contrastantes entre sí.

Materiales y métodos

Para el presente trabajo se escogieron cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*): Zacatecas 21-1-2-1, Michoacán 12A-3, 18-X-Chapingo 72 y Cacahuatate 72 de la colección del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de México. Las tres primeras variedades son de crecimiento indeterminado (semiguía o semivoluble) y la última de crecimiento determinado (mata).

La siembra se hizo en 1974, en el área de Chapingo, Estado de México; las cuatro variedades se sembraron en el campo en dos densidades de población; la primera llamada densidad baja a la cual se le denominó D_1 (8900 plantas/hectárea) y la segunda llamada densidad alta D_2 (100 000 plantas/hectárea). El diseño experimental usado fue el de parcelas divididas con distribución al azar, cada densidad/variedad tuvo 4 repeticiones.

La fertilización se efectuó el día de la siembra, distribuyendo el fertilizante a mano en la base de los surcos, con una aplicación de N, P, y K equivalente a 40-40-0 kg/ha.

Se realizaron siete muestreos durante el desarrollo del cultivo, cada muestreo representado por 12 plantas/densidad/variedad.

Los muestreos se hicieron como sigue:

1. Observación de las yemas florales.
2. El 50-75% de las plantas con flores.
3. Más del 90% de las plantas con flores.
4. Plantas con el máximo número de vainas.
5. Suspensión en la producción de flores.
6. El 20% de vainas de color paja (amarillentas).

7. El 100% de las vainas de color paja (a este estado se le llamó madurez fisiológica).

Con base en los anteriores muestreos se midieron los siguientes parámetros:

1. Peso seco total de la parte aérea.
2. Peso seco de las vainas con semilla (en el séptimo muestreo se obtuvo el peso seco de las semillas y de las vainas).
3. Peso seco del tallo incluyendo ramas y peciolos.
4. Peso seco de las hojas (la lámina únicamente).

Resultados

El periodo de desarrollo (desde emergencia hasta madurez fisiológica) fue diferente para cada una de las variedades (Cuadro 1).

Diferencias significativas al 1% para densidad y para variedad, existen en las tres variedades de crecimiento indeterminado.

La variedad Cacahuatate presentó el peso seco total máximo en el estado 6 para D_1 , mientras que para la densidad alta (D_2) fue en el estado 7. En las variedades de semiguía (Zacatecas, Michoacán y Chapingo) el peso seco total máximo por planta fue en el estado 6 para la densidad D_1 , mientras que en la densidad D_2 fue para el estado 5 (Cuadro 2).

El peso máximo en el tallo se encontró en la variedad de crecimiento determinado (Cacahuatate) en el estado 6 para las dos densidades de siembra (Cuadro 2); en las variedades de semiguía, Zacatecas y Michoacán el máximo peso del tallo se presentó en el estado 5 para las dos densidades, mientras que en Chapingo se presentó en el estado 4.

Cuadro 1. Periodo de desarrollo desde la emergencia hasta la madurez fisiológica de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Variedad	Días de floración	Días a madurez
Zacatecas	54	121
Michoacán	60	129
Chapingo	72	152
Cacahuatate	41	91

Cuadro 2. Peso seco del tallo, de las hojas, de los frutos y total de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*), sembradas a dos densidades de población.

Variedad	Muestreo	Peso seco en gramos							
		Tallo		Hojas		Frutos		Total	
		D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂	D ₁	D ₂
Zacatecas	1	1.3	1.0	2.4	2.1	0.0	0.0	3.7	3.1
	2	6.2	7.7	9.1	9.4	0.6	0.6	15.9	17.7
	3	12.2	12.8	14.0	14.1	1.5	3.4	27.7	30.3
	4	15.8	13.5	19.1	13.4	15.4	13.4	50.3	40.3
	5	16.7	13.5	22.2	13.5	38.4	35.2	77.3	62.2
	6	13.8	8.5	12.3	3.2	58.7	38.3	84.8	50.0
	7	9.3	7.5	1.5	0.8	63.8	44.6	74.6	52.9
Michoacán	1	2.8	1.3	3.4	2.8	0.0	0.0	6.2	4.1
	2	9.4	8.1	14.8	9.2	2.0	1.1	26.2	18.4
	3	14.1	12.2	20.5	14.0	5.3	3.9	39.9	30.1
	4	18.3	16.0	27.1	14.8	24.2	16.0	69.6	46.8
	5	26.3	13.7	32.5	14.5	41.5	31.4	100.3	59.6
	6	19.1	8.4	18.3	1.6	69.3	33.9	106.7	43.9
	7	12.5	8.4	1.4	0.4	75.8	45.3	89.7	44.1
Chapingo	1	2.9	3.4	6.3	7.2	0.0	0.0	9.2	10.6
	2	20.7	18.6	23.7	17.3	1.2	0.7	45.6	36.6
	3	41.1	27.6	44.0	21.7	7.5	7.1	92.6	56.4
	4	46.6	32.1	49.2	23.1	34.7	30.1	130.4	85.3
	5	38.6	22.5	34.3	9.5	80.0	47.0	152.9	79.0
	6	35.8	21.7	18.2	2.0	96.4	50.6	150.4	74.3
	7	30.7	14.8	14.7	1.5	106.5	62.7	151.9	79.0
Cacahuate	1	0.7	0.6	1.3	1.3	0.0	0.0	2.0	1.9
	2	4.4	3.3	5.1	4.4	1.3	1.3	10.8	9.0
	3	6.7	6.2	7.2	6.0	2.6	2.4	16.5	14.6
	4	8.3	9.0	8.7	9.1	6.6	6.3	23.6	24.4
	5	10.5	9.1	10.7	9.0	13.6	10.8	34.8	28.9
	6	11.7	11.6	13.1	10.4	30.6	22.5	55.4	44.5
	7	7.5	7.8	3.7	3.5	34.2	37.3	45.4	48.6

D₁ = 8900 plantas/hectáreaD₂ = 100 000 plantas/hectárea

El máximo peso de las hojas en la variedad de crecimiento determinado (Cacahuate) se presentó en el estado 6 para las dos densidades de siembra, en las variedades Zacatecas y Michoacán (de crecimiento indeterminado) el máximo peso de las hojas se presentó en el estado 5 para las dos densidades, mientras que para la tercera variedad de crecimiento indeterminado (Chapingo) se presentó en el estado 4 para las dos densidades.

El peso de los frutos (pericarpio y semillas) fue máximo para todas las variedades en el estado 7 en las dos densidades de siembra.

Discusión

En general el peso total máximo no se presenta en el estado de madurez fisiológica (estado 7) sino en estados anteriores, esto debido posiblemente a la pérdida de hojas y ramas (Cuadro 2), ahora bien, los pesos totales y el peso de los diferentes órganos menor en la densidad D₂ para las variedades de semiguía, mientras que en la variedad de crecimiento determinado fue al final un poco menor en la densidad D₁ (Cuadro 2 y Figura 1). Esto muestra que el efecto de la densidad de siembra es diferente para cada hábito de crecimiento.

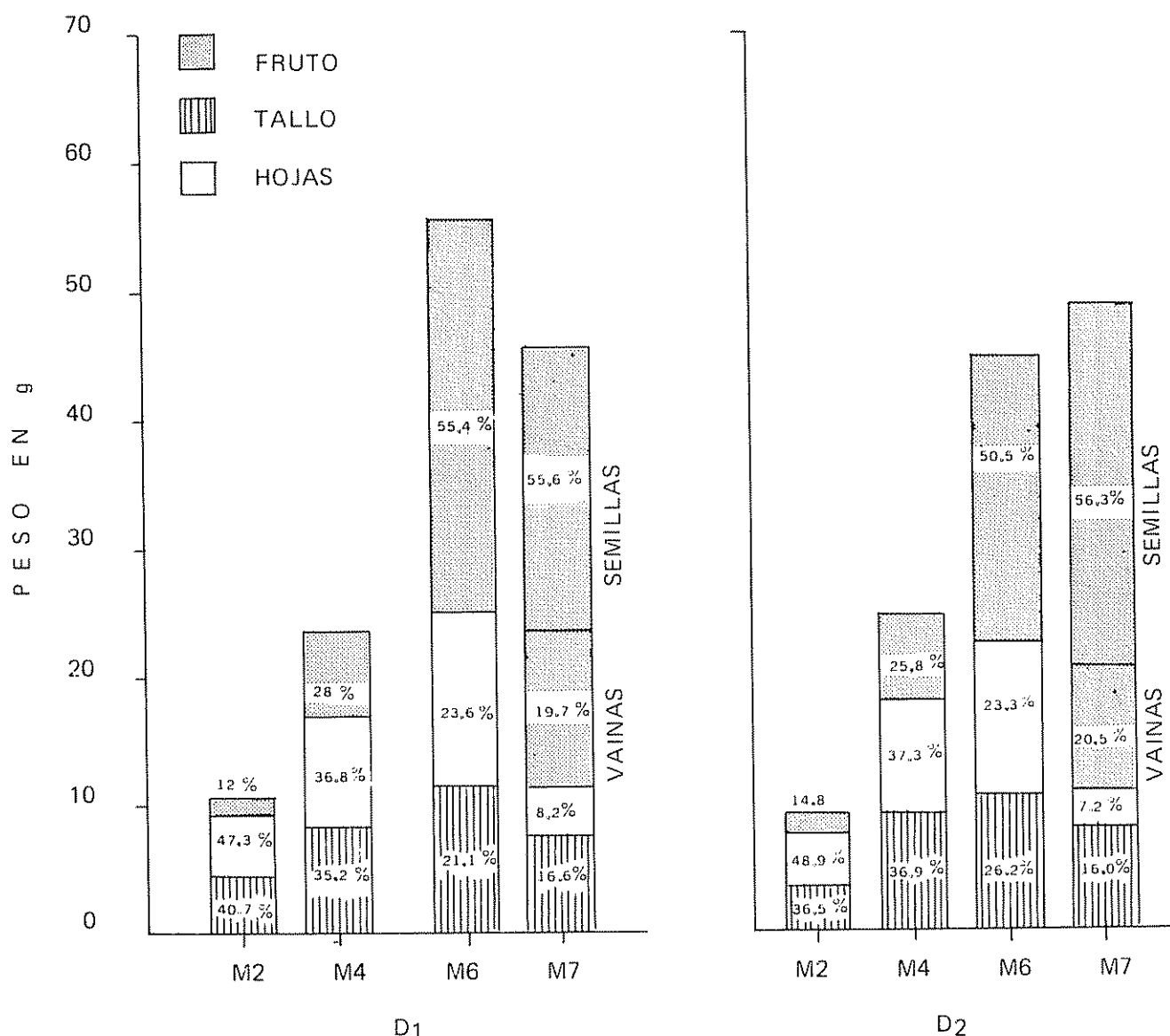


Fig. 1. Distribución porcentual de peso en diferentes estructuras de la variedad cacahuete, considerando dos densidades de siembra, D₁ 8900 plantas/ha D₂ 100 000 plantas/ha. M2 estado de yema floral, M4 Máximo número vainas/planta, M6 cuando 20% de las vainas tienen color paja, M7 madurez fisiológica.

El peso seco del tallo fue más bajo en el estado 7 que en los anteriores estados; este decremento se manifestó tanto en los pesos absolutos como en los respectivos porcentajes (Figuras 1, 2, 3 y 4), quizá motivado por la caída de algunas ramas y el traslado de material fotosintetizado desde el tallo hacia los frutos. Estos resultados concuerdan con Hanway y Weber (6) quienes encontraron que el peso del tallo en plantas de soya fue menor en la madurez fisiológica.

El peso seco de las hojas aumenta rápidamente en los primeros estados ya que la aparición y cre-

cimiento de las hojas es rápido al comienzo del desarrollo de la planta; el máximo de hojas en peso seco se presenta después del inicio de la floración, en las variedades de crecimiento indeterminado Zacatecas y Michoacán, el máximo peso de las hojas se presenta en el estado 5 para las dos densidades de siembra, este máximo en peso coincide con el máximo en área foliar. En la variedad Chapingo el máximo de área foliar y de peso se presenta en el estado 4, mientras que, para la variedad de crecimiento determinado (Cacahuete) el máximo de área foliar y de peso seco se presenta en el estado 6 (cuando las vainas comenzaban a presentar síntomas de madurez). Esto

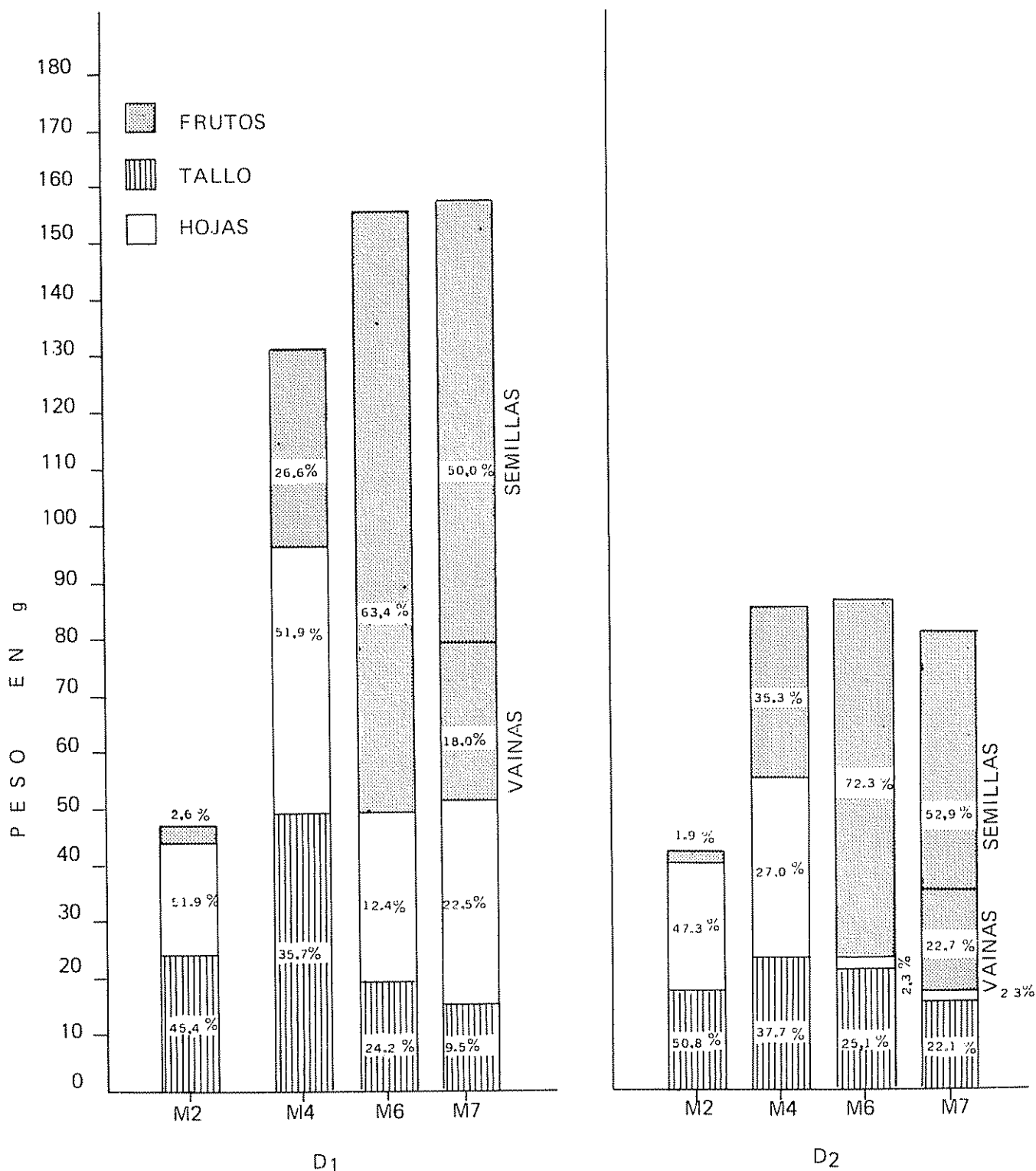


Fig. 2. Distribución porcentual de peso seco de diferentes estructuras en la variedad Chapingo considerando dos densidades de siembra D₁ 8900 plantas/ha, D₂ 100 000 plantas/ha.

M2 estado yema floral, M4 máximo número de vainas/planta, M6 cuando el 20% de las vainas toman color paja, M7 madurez fisiológica.

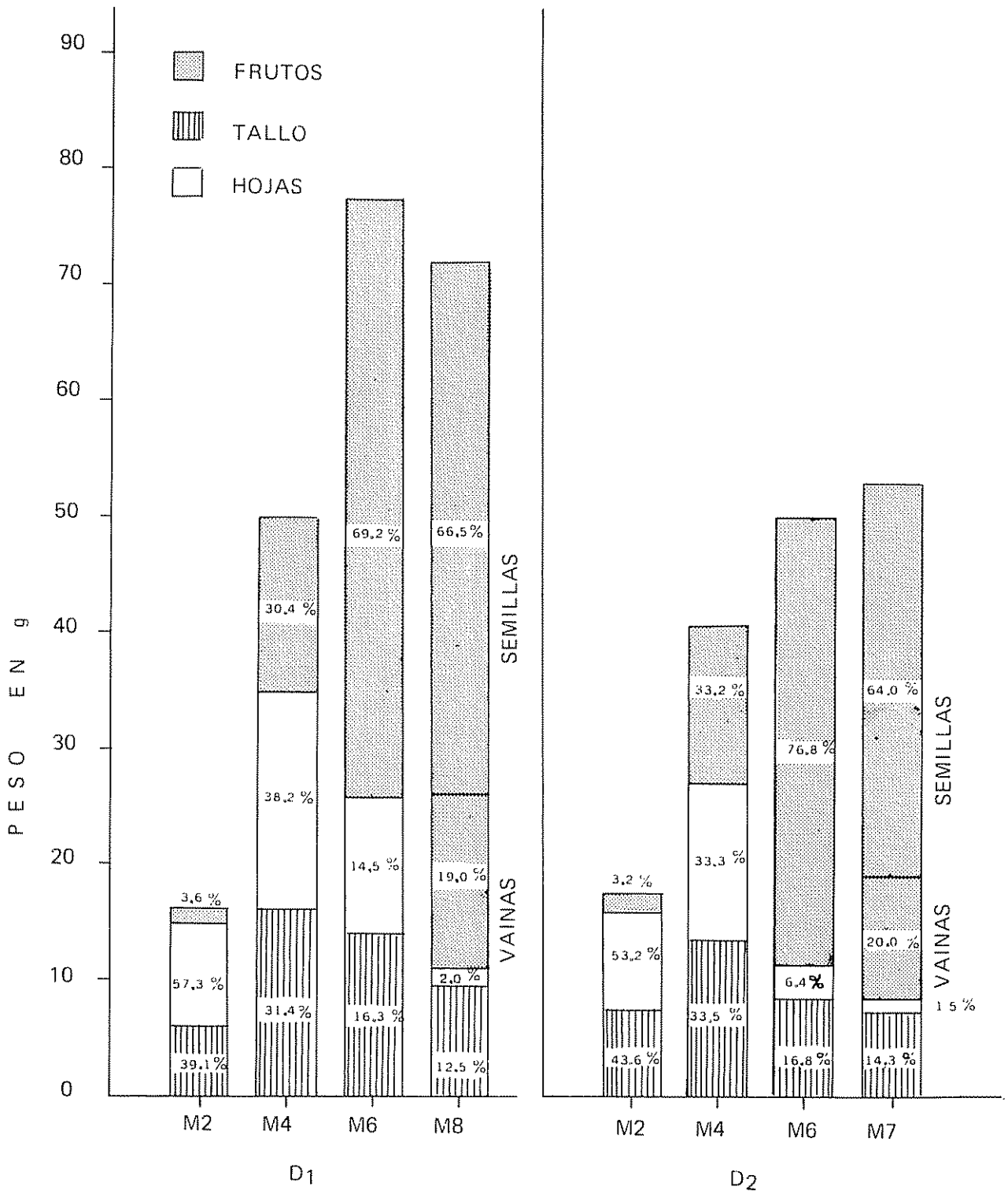


Fig 3 Distribución porcentual de peso seco en diferentes estructuras de la variedad Zacatecas en dos densidades de siembra, D₁ 8900 plantas/ha, D₂ 100 000 plantas/ha

M2 estado de yema floral, M4 máximo número de vainas/planta, M6 cuando 20% de las vainas tenían color paja, M7 madurez fisiológica

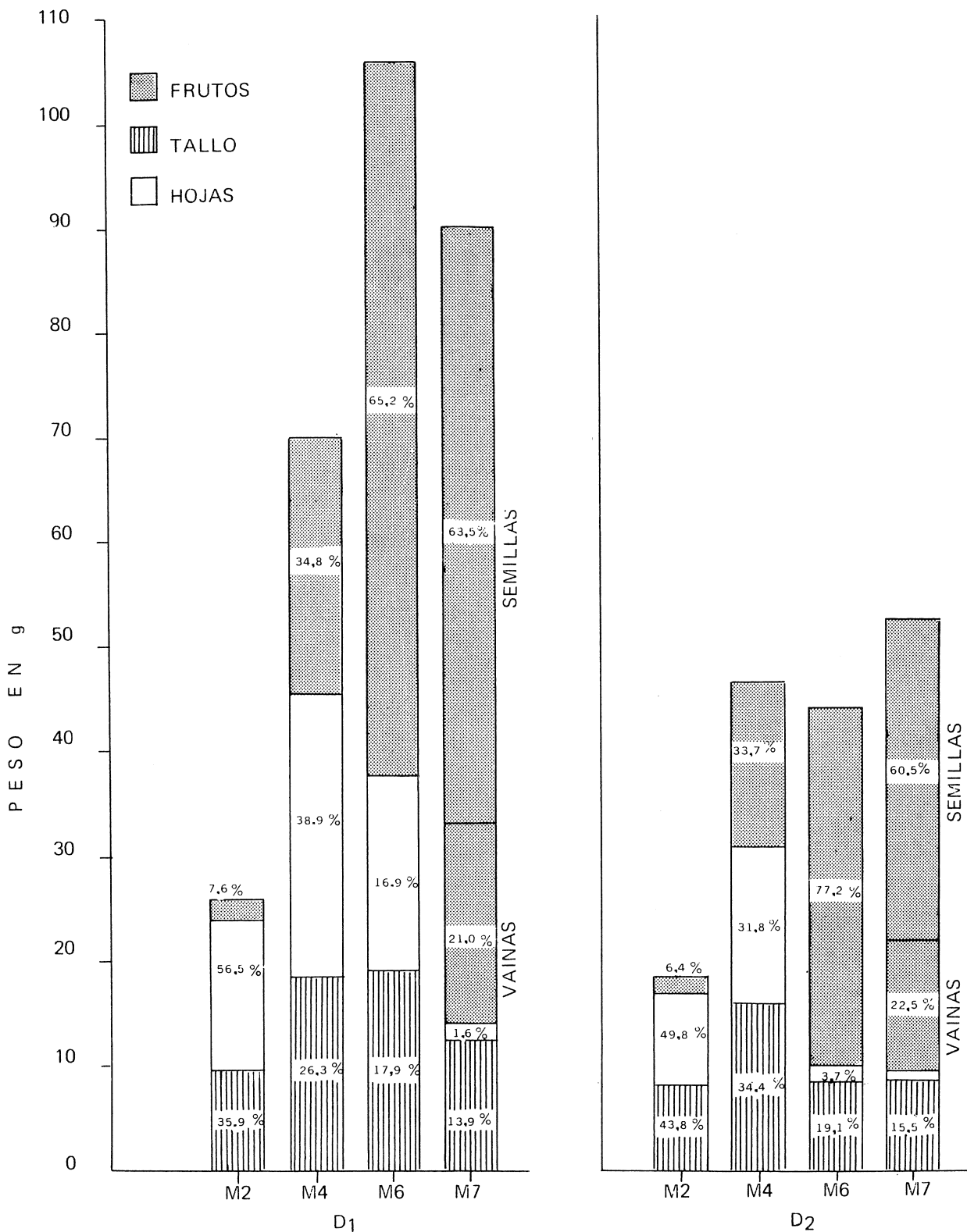


Fig. 4. Distribución porcentual del peso seco de diferentes estructuras en la variedad Michoacán, considerando dos densidades de siembra D₁ 8900 plantas/ha, D₂ 100 000 plantas/ha.

M2 estado yema floral, M4 máximo número de vainas/planta, M6 20% de las vainas color paja, M7 madurez fisiológica.

muestra que la funcionalidad de la parte fotosintética varía básicamente con el hábito de crecimiento y no con la densidad de siembra; Mitchell (9), señala que la duración del área foliar con su máxima capacidad funcional determina mayor rendimiento. En el presente trabajo la variedad de crecimiento determinado retiene durante más tiempo el área foliar lo que podría redundar en una mayor producción de materia seca total y peso seco de las semillas; Evans (4), indica que la producción de materia seca en granos por planta está en relación directa con la maduración del área foliar.

La densidad de siembra afecta fuertemente la pérdida de hojas por la planta en los hábitos de crecimiento indeterminado, como se ve en el Cuadro 2 y en las Figuras 2, 3 y 4; a partir del estado 5 en la densidad D_2 la pérdida de peso seco de las hojas es bastante drástico comparada con la pérdida en la densidad D_1 .

La densidad de siembra afecta el peso seco total y el peso seco de algunos órganos en las variedades de crecimiento indeterminado. La variedad Cacahuatate (crecimiento determinado) no mostró diferencias significativas en el peso por planta, tampoco en el peso de los órganos. En la repartición porcentual (Figura 1) no hubo diferencias apreciables, con una densidad de 100 000 plantas/hectárea el peso seco total y el de los órganos aéreos de la planta fue ligeramente mayor; esto indica mayor efectividad en aprovechamiento de factores ambientales tales como luz, agua y nutrimentos. Kueneman *et al* (7) sostienen que en frijol existe una correlación positiva y significativa entre la tasa fotosintética y el rendimiento biológico a una densidad de 10 x 10 cm.

En las variedades de crecimiento indeterminado la densidad de siembra afectó altamente las variables peso seco total y peso seco de los órganos de la planta (Cuadro 2; Figuras 2, 3 y 4). Este efecto fue diferente en cada una de las variedades, siendo Chapingo la variedad más afectada. Estos resultados están confirmados por Badillo *et al* (2) quienes demostraron que plantas de frijol sembradas a mayor distancia tienen mayor peso seco que las sembradas a distancias cortas.

El descenso en peso seco por efecto de la densidad de siembra parece deberse a la estructura de la planta, pues a mayor tamaño, como en el caso de la variedad Chapingo, el efecto de la densidad fue mayor (Figura 2). Posiblemente la competencia es mayor por el factor luz y consecuentemente un déficit de este factor conlleva a una baja en la tasa fotosintética y un descenso en la acumulación de materia seca, lo cual parece corroborar los resultados de Etuk (5) quien en-

contró que la competencia por luz reduce el crecimiento en mayor proporción que la competencia radical por la humedad del suelo y por elementos minerales.

Los porcentajes de peso seco de los órganos con relación al peso seco total de la planta aparentemente son los mismos (Figuras 1, 2, 3 y 4) para las cuatro variedades, y las pequeñas diferencias pueden deberse a errores en los muestreos. Sin embargo, en la variedad Chapingo la repartición de materia seca en la densidad D_2 favoreció a los frutos, ya que en esta densidad éstos fueron 7% más pesados que en la densidad D_1 . En esta variedad a la densidad D_1 , el peso del tallo a la madurez fisiológica alcanzó un 9.5% mientras que en la densidad D_2 sólo alcanzó un 2.3% (Figura 2).

El porcentaje de peso seco de las hojas, en las variedades de crecimiento indeterminado, fue siempre menor en la densidad D_2 ; al final este porcentaje decrece bruscamente (Figuras 2, 3, y 4), mientras que en la variedad de crecimiento determinado este descenso sucede gradualmente.

Los frutos a diferencia de las otras estructuras, a medida que avanza en su desarrollo la planta, van aumentando en peso absoluto en gramos y también aumenta su valor en porcentaje. Al finalizar el periodo de crecimiento de la planta el mayor porcentaje del peso está en los frutos. Estos valores están comprendidos entre un 75%, en la variedad de hábito determinado, hasta un 85% para una de las variedades de hábito indeterminado. Cuando los porcentajes son relativamente bajos en los frutos como en las variedades Cacahuatate y Chapingo, los porcentajes altos permanecen en el tallo y en las hojas (Figuras 1 y 2) indicando posiblemente un bajo nivel de translocación o una retención por más tiempo de las hojas y de las ramas.

Resumen

El presente trabajo se realizó para determinar el efecto de la densidad de siembra sobre la distribución de materia seca en las partes aéreas de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Las variedades Zacatecas 21-1-21-1, Michoacán 12A-3 y 18-X-Chapingo 72 (de crecimiento indeterminado), y Cacahuatate 72 (de crecimiento determinado) se cultivaron a 8900 y 100 000 plantas/hectárea.

Para la determinación de la materia seca se tomaron siete muestreos en diferentes estados fisiológicos del cultivo.

Se encontró que la distribución porcentual de materia seca en las partes aéreas de estas variedades no fue afectada notoriamente por la densidad de siembra. Sin embargo el peso seco total y el de las diferentes estructuras fue significativamente mayor ($P \leq 0.01$) cuando las variedades se sembraron a 8900 plantas/hectárea.

Literatura citada

1. ALVIM, R. y ALVIM, P. T. Efeito da densidades de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (*Zea mays*) o pelo feijão (*Phaseolus vulgaris*) em culturas exclusivas e consorciadas. Turrialba. Costa Rica 19:389-393. 1969.
2. BADILLO-FELICIANO, J. LULO-LOPEZ, M. A. y SCOTT, T. W. Effect of planting distance on yield and agronomic characteristics of red kidney and native white beans on an oxisol. Journal of Agriculture of University of Puerto Rico. 62(2):145-148. 1978.
3. BURRIS, J. J. Effect of seed maturation and plant population on soybean seed quality. Agronomy Journal. 65:440-441. 1973.
4. EVANS, G. G. The quantitative analysis of plant growth. University of California Press. USA. 734 p. 1972.
5. ETUK, K. Competitive potential and competitive ability in seedlings of two varieties of *Phaseolus vulgaris*, top crop and dwarf horticulture. Ph. D. Thesis. Davis, University of California. 127 p. 1968.
6. HANWAY, J. J. y WEBER, E. Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* L. Merrill) varieties. Agronomy Journal. 63: 227-230. 1971.
7. KUENEMAN, E. A., WALLACE, D. H. y LUDFOR, P. M. Photosynthetic measurement of field-grown dry beans and their relation to selection for yield. Journal of the American Society for Horticultural Sciences. 104(4):480-482. 1979.
8. MAGALHAES, A. C., MONTOJOS, J. C. y MIYASAKA, S. Effect of dry organic matter on growth and yield of beans (*Phaseolus vulgaris*). Experimental Agriculture. 7:137-143. 1971.
9. MITCHELL, R. L. Crop growth and culture. The Iowa State University Press. USA. 349 p. 1970.
10. NICHIPOROVICH, A. A. Photosynthesis and the theory of obtaining high yields. 15th. Timiryasev Lectures and SS. RR. Moscow. 1956. English translation, Department of Science. Great Britain. 1959.
11. OBA, T., OIZUME, H. y KLEDA, K. Studies of blooming and fruiting in soybean plants especially on the relationship between blooming of each mode in soybeans and weather conditions and production practices. Proceedings of the Crop Science Society of Japan. 30:68-71. 1961.
12. ROBBINS, J. J. y DOMINGO, C. E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. Agronomy Journal. 48:67-70. 1956.

Reseña de libros

HARWOOD, R. Small farm development. Understanding and improving farming systems in the humid tropics. Westview. 1979. 160 p.

El desarrollo del sector rural de los países económicamente más atrasados es tema suficiente como para llenar varias bibliotecas. La mayor parte de los escritos disponibles trata principalmente aspectos socioeconómicos del fenómeno. Las consideraciones de tipo físico-biológico, apenas esbozan timidamente su relevancia entre tanto tratado de ciencias sociales. Sin embargo, el fracaso —reconocido o no— de gran parte de los esfuerzos por desarrollar diversos sectores rurales, ha consistido frecuentemente en la carencia de una base de conocimientos biológicos suficientes, que permitan sustentar una producción diversificada, alta y sostenida en la región que se desea desarrollar.

Este libro trata aspectos biológicos de la producción en pequeñas fincas y fue escrito por un agrónomo con vastos conocimientos acerca del hombre como ser y como productor. Se escribió con el propósito de promover, entre las personas interesadas, una nueva forma de enfocar los problemas biológicos asociados con la producción en fincas pequeñas. También con el propósito de estimular el pensamiento de los investigadores hacia nuevas formas de generar conocimientos y desarrollar tecnología apropiada para el desarrollo y por último, con el propósito de abrir nuevas vías de comunicación entre técnicos y campesinos, a fin de facilitar la transferencia de información técnica.

La mayor parte de los ejemplos prácticos con que se ilustra el libro provienen de Asia y se centran especialmente en la producción de arroz inundado como cultivo principal. Sin embargo, los casos presentados están basados en principios generales de aplicación amplia, en cualquier ambiente y con cualquier cultivo.

Entre los capítulos que amerita destacarse en un comentario de esta naturaleza, debe figurar sin duda, aquél que trata el proceso evolutivo de ajuste al ambiente, en procura de mayor eficiencia, que sufren las fincas a medida que se modifica su entorno. También destaca aquel capítulo destinado a describir la metodología para generar opciones tecnológicas mejoradas y apropiadas a las condiciones en que opera el productor. El propósito de este capítulo es presentar la tesis de que para conseguir el desarrollo deseado es preferible conducir la unidad de producción a través de una evolución tecnológica acelerada pero estable, antes que a través de una revolución tecnológica violenta de consecuencias difíciles de predecir.

Para aquellos que tuvimos —hace ya algunos años— la oportunidad de leer los primeros borradores de este libro, disfrutar la obra en su estado actual constituye una excelente muestra de lo que un buen editor puede hacer, para convertir en palatable, un tema tan árido y complejo como el que trata el Dr. Harwood en su obra.

Tal como se especifica en la introducción, a cargo del autor, este libro es de naturaleza conceptual y no un recetario de recomendaciones. Su lectura lenta y meditada, con frecuentes comprobaciones con la realidad del agro, debería cumplir con los propósitos para los que fue escrito.

RAUL A. MORENO
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE)
TURRIALBA, COSTA RICA