28.093
c.1

Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical

28.093
c.1

ISBN 84-89206-54-6

Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

CENTRO DE DOCUMENTACION

Fernando Fernández de C.
Paul Gepts
Marceliano López

Centro Internacional de Agricultura Tropical

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado 6713
Cali, Colombia

ISBN 84-89206-54-6
Tirada: 800 ejemplares
Impreso en Colombia
Junio 1986

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris *L.). Fernando Fernández de C., Paul Gepts, Marceliano López. Cali, Colombia. 34 p. ilus.*

1. Frijol — Fisiología y morfología. 2. — Frijol — Crecimiento. I. Fernández de C., Fernando. II. Gepts, Paul. III. López, Marceliano. IV. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Prólogo

Desde la siembra hasta la cosecha, la planta de frijol pasa por varias etapas de desarrollo; la rapidez con que pasa de una etapa a otra es variable y depende principalmente de la temperatura y del genotipo.

Cada etapa de desarrollo está asociada con cambios en tamaño, morfología, composición química, composición hormonal, etc. de la planta, los cuales pueden influir en forma distinta en la respuesta de la misma a los factores ambientales; la reacción de la planta a problemas y prácticas como enfermedades, sequía, fertilización y defoliación entre otros, es distinta según sea la etapa de desarrollo en que élla se encuentre.

Los hechos anteriores señalan la importancia de indicar la etapa de desarrollo de la planta al cuantificar su respuesta a los factores ambientales, en lugar de referir dicha respuesta a los días después de la siembra. Por esta razón, el ciclo vegetativo del frijol se ha dividido en las etapas que se describen en la presente publicación, de tal manera que cualquier observación se pueda relacionar con una de ellas.

Este trabajo se ha discutido ampliamente dentro y fuera del CIAT, e incluye sugerencias del Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA) y de la Bean Improvement Cooperative, entre otros. La escala que conforman estas etapas de desarrollo es fácil de usar y esperamos que ella contribuya al progreso de la investigación en frijol y al intercambio y comparación de resultados originados en zonas y en genotipos diferentes.

Aart van Schoonhoven
Líder Programa de Frijol, CIAT

Contenido

Prólogo iii

Introducción 1

Características Generales del Desarrollo del Frijol 3

Descripción de las Etapas 7
Etapa V0: germinación 11
Etapa V1: emergencia 13
Etapa V2: aparición de hojas primarias 15
Etapa V3: primera hoja trifoliada 17
Etapa V4: tercera hoja trifoliada 18
Etapa R5: prefloración 21
Etapa R6: floración 23
Etapa R7: formación de las vainas 24
Etapa R8: llenado de las vainas 26
Etapa R9: maduración 28

Glosario 30

Bibliografía Consultada 33

Introducción

Para proporcionar a los investigadores y técnicos interesados en el frijol *(Phaseolus vulgaris* L.) un patrón de medida común y estable al cual referir sus observaciones y prácticas, el CIAT elaboró **la escala de desarrollo de la planta de frijol común** que se describe en esta publicación.

Se propone usar esta escala, en lugar de referirse a los **días después de la siembra (dds),** cuando se trate de identificar el momento (fisiológico) en que se ha hecho o se debe hacer una práctica u observación; los **dds,** que se usan normalmente para este próposito, no constituyen un patrón de medida confiable porque varían según sean el genotipo de la planta, el clima, etc.

La escala es de tipo numérico y está basada en las características morfológicas que presenta la planta según el estado fisiológico en que se encuentre; se puede aplicar para cualquier hábito de crecimiento y cualquier genotipo dentro del mismo hábito, así como en plantas individuales y en cultivos. Con ella el profesional puede no sólo relacionar mejor sus datos y observaciones de tipo

fitogenético, fitotécnico, entomológico o climatológico con la fisiología de la planta, sino comparar de una manera más real los resultados experimentales de su propio trabajo con los de otros investigadores en diferentes ambientes, como también hacer o aplicar más oportunamente las recomendaciones sobre diferentes prácticas de manejo.

Características Generales del Desarrollo del Frijol

El desarrollo de la planta de frijol comprende de manera general dos fases sucesivas: la vegetativa y la reproductiva.

La fase vegetativa se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales; en esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción.

La fase reproductiva se inicia con la aparición de los primeros botones o racimos florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha; a pesar de ser esta fase eminentemente reproductiva, durante ella las variedades indeterminadas (Tipos II, III y IV) continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas.

A lo largo de las fases vegetativa y reproductiva se han identificado 10 etapas bien definidas de desarrollo, las cuales conforman la escala. Como se observa en la Figura 1,

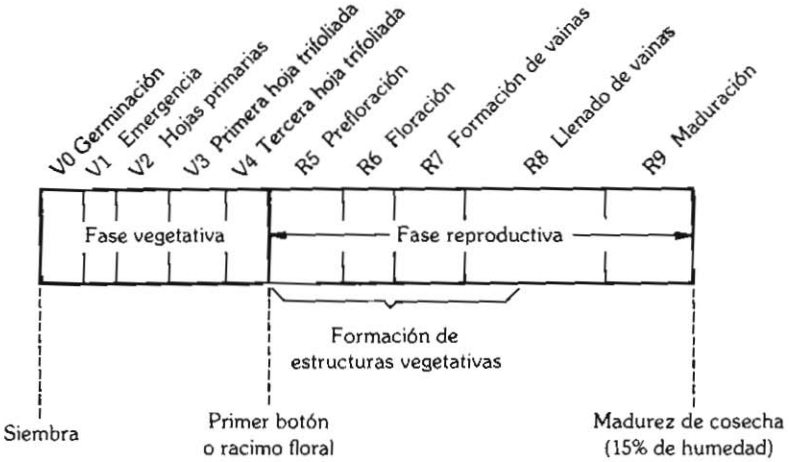

Figura 1. *Escala de desarrollo de una planta de frijol. [En la gráfica se observa la duración relativa de las etapas de Porrillo Sintético (Tipo II) bajo las condiciones del CIAT Palmira].*

cada una de estas etapas se designa con un código formado por una letra y una cifra; la letra, V o R, es la inicial de la fase (vegetativa o reproductiva) a la cual pertenece la etapa, mientras la cifra (0 a 9) indica la posición de la etapa dentro del ciclo de vida de la planta.

La duración de las distintas etapas está afectada por los siguientes factores, entre otros:

a) El hábito de crecimiento (Tipo I, II, III y IV)
b) El clima (temperatura, fotoperíodo, etc.)
c) El suelo (fertilidad, condiciones físicas, etc.)
d) El genotipo (aun dentro del mismo hábito de crecimiento).

En la Figura 2 se puede observar tal variación en cuatro variedades de diferente hábito de crecimiento, bajo las condiciones de CIAT Palmira a las cuales están bien adaptadas (3.5^0 lat. N, 76^0 long. O; 1000 m.s.n.m.; 24^{0}C en promedio de la temperatura anual).

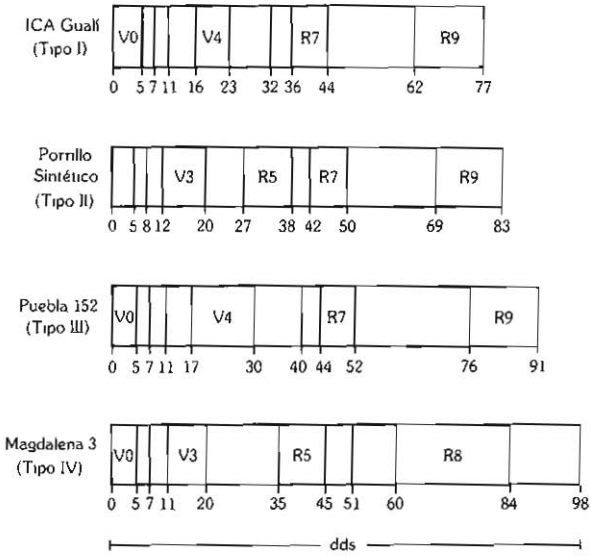

Figura 2. *Duración (dds) de las etapas de desarrollo del frijol (V0 a R9) en cuatro variedades representativas de los cuatro hábitos de crecimiento, bajo las condiciones del CIAT-Palmira.*

Descripción de las Etapas

Cada una de las 10 etapas de la escala corresponde a un estado específico de desarrollo fisiológico y está determinada por un evento inicial (Cuadro 1) y otro final que a su vez determina el comienzo de la siguiente etapa, como se resume a continuación:

Cuadro 1. **Etapas de desarrollo en un cultivo de frijol común.**

Fase	Etapa		Evento con que se inicia cada etapa
	Código	Nombre	
Vegetativa	V0	Germinación	La semilla está en condiciones favorables para iniciar la germinación
	V1	Emergencia	Los cotiledones del 50% de las plantas aparecen al nivel del suelo
	V2	Hojas primarias	Las hojas primarias del 50% de las plantas están desplegadas
	V3	Primera hoja trifoliada	La primera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada
	V4	Tercera hoja trifoliada	La tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada

Fase	Etapa		Evento con que se inicia cada etapa
	Código	Nombre	
Reproductiva	R5	Prefloración	Los primeros botones o racimos han aparecido en el 50% de las plantas
	R6	Floración	Se ha abierto la primera flor en el 50% de las plantas
	R7	Formación de las vainas	Al marchitarse la corola, en el 50% de las plantas aparece por lo menos una vaina
	R8	Llenado de las vainas	Llenado de semillas en la primera vaina en el 50% de las plantas
	R9	Maduración	Cambio de color en por lo menos una vaina en el 50% de las plantas (del verde al amarillo uniforme o pigmentado)

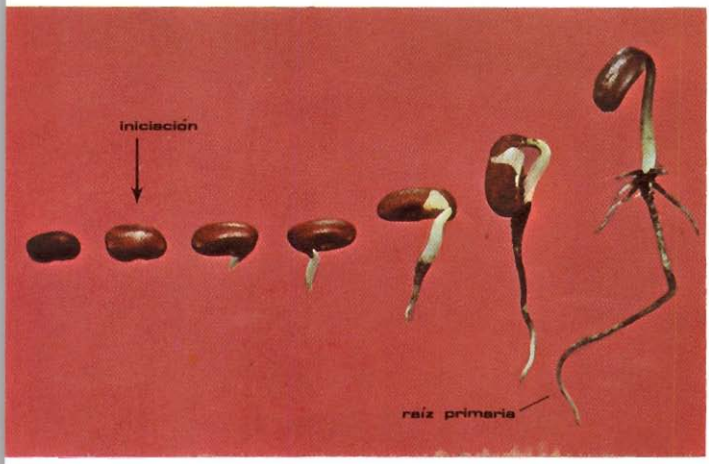

Figura 3.
Etapa V0: germinación.

Etapa V0: germinación

El proceso de germinación empieza cuando la semilla que se ha sembrado absorbe agua y se hincha. Por lo tanto, cuando se siembra en suelo seco, el día correspondiente al primer riego es el que se debe considerar como día de siembra.

Una vez la semilla dispone de condiciones para germinar (agua), emerge de ella en primer lugar la radícula, la cual se alarga para convertirse en raíz primaria; sobre élla, cerca a la superficie del suelo aparecen luego raíces secundarias y terciarias. Posteriormente se alarga el hipocótilo (Fig.3) y los primeros cotiledones se pueden observar en la superficie del suelo.

Figura 4.
Cotiledones de la planta al nivel del suelo; iniciación de la Etapa V1.

Etapa V1: emergencia

Se inicia cuando los cotiledones del 50% de las plántulas del cultivo aparecen al nivel del suelo (Fig. 4).

Después de la emergencia, el hipocótilo se endereza y crece hasta alcanzar su tamaño máximo; las hojas primarias, ya formadas en el embrión de la semilla, crecen y se despliegan. Los distintos órganos de la parte aérea se vuelven verdes; en ciertas variedades aparece una pigmentación rosada o morada, especialmente en el hipocótilo.

Figura 5.
Iniciación de la Etapa V2; las hojas primarias están desplegadas.

Etapa V2: aparición de hojas primarias

Esta etapa se inicia cuando están desplegadas las hojas primarias del 50% de las plantas del cultivo (Fig. 5). Las hojas primarias son simples (unifoliadas) y opuestas (ambas colocadas en el mismo nudo, el segundo del tallo principal); cuando están completamente desplegadas, se colocan generalmente en posición horizontal. Al comienzo de esta etapa, la yema terminal del tallo principal se puede distinguir entre las dos hojas primarias.

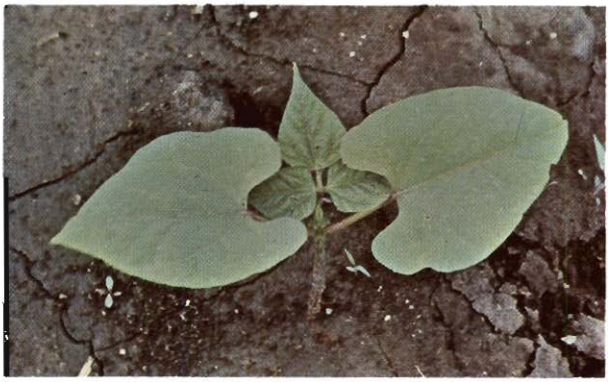

Figura 6.
Iniciación de la Etapa V3; la primera hoja trifoliada está desplegada.

Etapa V3: primera hoja trifoliada

Esta etapa se inicia al desplegarse[1] la primera hoja trifoliada en el 50% de las plantas del cultivo (Fig. 6).

En la Etapa V3, tanto el entrenudo entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada como el pecíolo de esta última son todavía cortos; al comienzo de élla, la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las hojas primarias. También se puede observar en esta etapa la segunda hoja trifoliada de tamaño muy reducido todavía; los cotiledones se han secado completamente, y por lo regular se han caído.

Al final, se empieza a formar la primera rama, generalmente a partir de la yema de la primera hoja trifoliada.

---

[1] Una hoja se considera desplegada cuando las láminas de sus folíolos están abiertas y planas, aunque en ese momento la hoja no haya alcanzado su tamaño máximo.

Figura 7.
Iniciación de la Etapa V4; la tercera hoja trifoliada está desplegada.

Etapa V4: tercera hoja trifoliada

Cuando el 50% de las plantas del cultivo ha desplegado su tercera hoja trifoliada (Fig. 7), la Etapa V4 se considera iniciada; en ese momento, dicha hoja se encuentra todavía debajo de la segunda (hoja) trifoliada.

El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al propósito de incrementar la producción de alimentos en las regiones tropicales en desarrollo. El CIAT es uno de los 13 centros internacionales de investigación agrícola bajo los auspicios del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). Su sede es un terreno de 522 hectáreas cercano a Cali, Colombia, propiedad del gobierno colombiano, el cual, en su calidad de anfitrión, brinda apoyo a sus actividades. El CIAT dispone igualmente de dos subestaciones propiedad de la Fundación para la Educación Superior (FES): Quilichao, con 184 hectáreas, y Popayán, con 73 hectáreas, y de una subestación de 30 hectáreas— CIAT-Santa Rosa— de la Federación de Arroceros de Colombia cerca a Villavicencio. Junto con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el CIAT administra el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Carimagua, de 22,000 hectáreas, en los Llanos Orientales y colabora con el mismo ICA en varias de sus otras estaciones experimentales en Colombia. El CIAT también lleva a cabo investigaciones con varias instituciones agrícolas en otros países de América Latina, Africa y Asia.

Los programas del CIAT son financiados por un grupo de donantes en su mayoría pertenecientes al CGIAR. En 1986 son éllos los gobiernos de Australia, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Italia, Japón, México, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, la República Popular de China, Suecia y Suiza. Las siguientes organizaciones son también donantes del CIAT en 1986: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), la Comunidad Económica Europea (CEE), la Fundación Ford, la Fundación Rockefeller, la Fundación W. K. Kellogg y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan, necesariamente, el punto de vista de las entidades mencionadas anteriormente.

En la axila de cada hoja (incluso de las primarias y de los cotiledones) se encuentra una tríada de yemas que pueden originar estructuras vegetativas y/o reproductivas; generalmente, las yemas de los nudos que están por debajo de la tercera hoja trifoliada se desarrollan como ramas. El tipo de ramificación —principalmente el número y la longitud de las ramas— depende de factores como el genotipo y las condiciones de cultivo, entre otros. La primera rama que se desarrolla forma su primer nudo con su hoja trifoliada desplegada cuando el tallo principal tiene en promedio tres o cuatro hojas trifoliadas ya desplegadas.

Puesto que la Etapa V4 es la más larga de la fase vegetativa (en Palmira dura hasta 15 días y en otros sitios puede durar más), conviene dividirla en subetapas para poder determinar con mayor exactitud el momento de una observación. Para este propósito se pueden usar las Subetapas V4.4, V4.5, V4.6, etc., las cuales corresponderían respectivamente a los momentos en que estén completamente desplegadas la 4a. hoja trifoliada, la 5a, la 6a, etc. sobre el tallo principal del 50% de las plantas del cultivo.

Figura 8.

Iniciación de la Etapa R5; aparecen los primeros botones florales si la variedad es determinada o los primeros racimos si la variedad tiene un hábito de crecimiento indeterminado.

Etapa R5: prefloración

La etapa R5, con la cual comienza la fase reproductiva, se inicia cuando en el 50% de las plantas aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos[2] según sea el hábito de crecimiento (Fig. 8).

En las variedades de los Tipos II, III y IV, los primeros racimos florales aparecen en la axila de una de las hojas trifoliadas inferiores del tallo principal o de las ramas de la planta. En las variedades determinadas los primeros botones florales aparecen generalmente en el nudo superior del tallo principal; la aparición del primer botón floral depende de factores como el genotipo, la temperatura, el fotoperíodo, y otros.

Al finalizar la prefloración, los pedúnculos de los racimos se alargan y la corola aparece entre las bractéolas, adquiriendo la pigmentación característica de la variedad.

---

[2] Aunque la aparición del primer botón o racimo floral determina la iniciación de la fase reproductiva (prefloración), en las plantas indeterminadas se continúa el desarrollo vegetativo y se producen nuevos nudos, ramas y hojas hasta la etapa R8.

Figura 9.
Iniciación de la Etapa R6; apertura de la primera flor. Se observa también un botón con abultamiento, es decir, próximo a abrir.

Etapa R6: floración

Cuando está abierta la primera flor en el 50% de las plantas del cultivo, se ha iniciado la etapa R6 (Fig. 9). La primera flor abierta corresponde al primer botón formado; por lo tanto, en las variedades de Tipo I (determinadas) la floración empieza en el último nudo (nudo apical) del tallo principal y continúa en forma descendente, mientras que en las variedades de los Tipos II, III y IV (indeterminadas) empieza en la parte baja de la planta y continúa en forma ascendente.

Las ramas siguen el mismo orden de floración que el tallo principal, es decir, descendente en las variedades de Tipo I y ascendente en las de los Tipos II, III y IV. Dentro de cada racimo, la floración empieza en la primera inserción (inserción basal) y continúa en las siguientes.

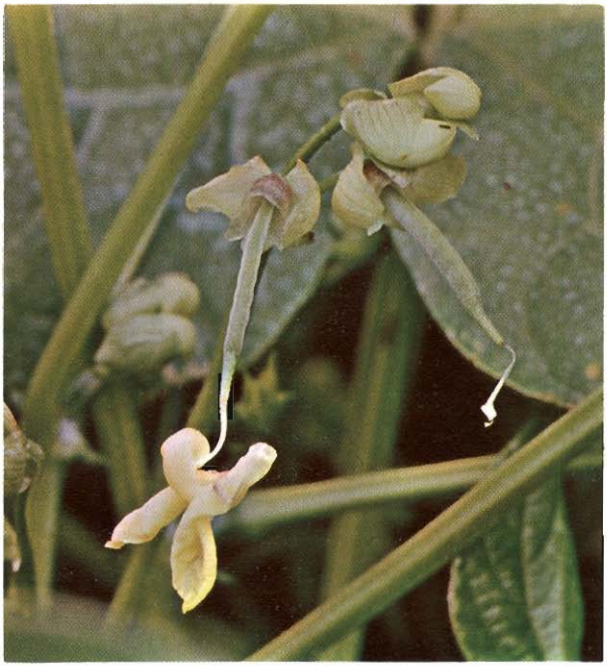

Figura 10.
Iniciación de la Etapa R7. La corola de la flor cuelga de la vaina o se ha desprendido recientemente.

Etapa R7: formación de las vainas

Después de la fecundación de la flor, la corola se marchita y la vaina empieza a crecer. Cuando aparece la primera vaina en el 50% de las plantas del cultivo se considera iniciada la Etapa R7; en ese momento, la

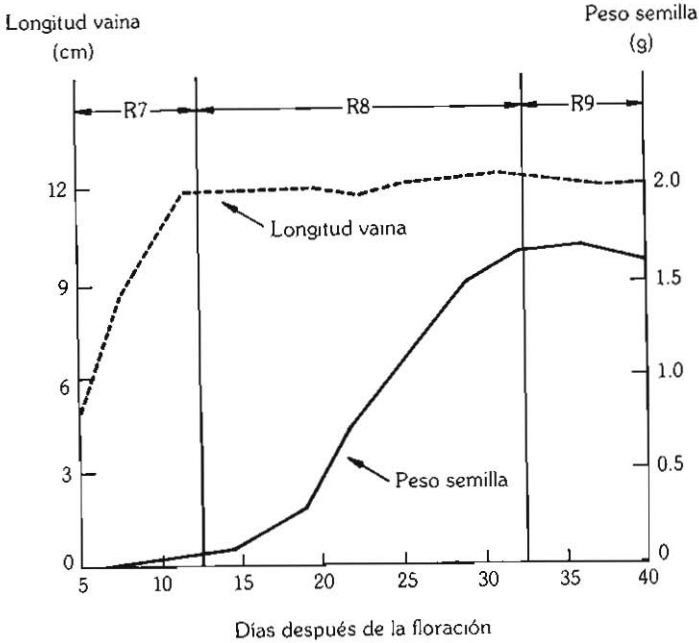

Figura 11. *Longitud de las vainas y peso de las semillas de frijol (variedad Porrillo Sintético), según estados de desarrollo de la planta.*

corola puede estar desprendida o puede colgar aun del extremo inferior de las vainas (Fig. 10).

Como se observa en la Figura 11, la Etapa R7 termina cuando las vainas han alcanzado su máxima longitud, y sólo entonces comienza definitivamente el crecimiento de los granos (en la Etapa R8).

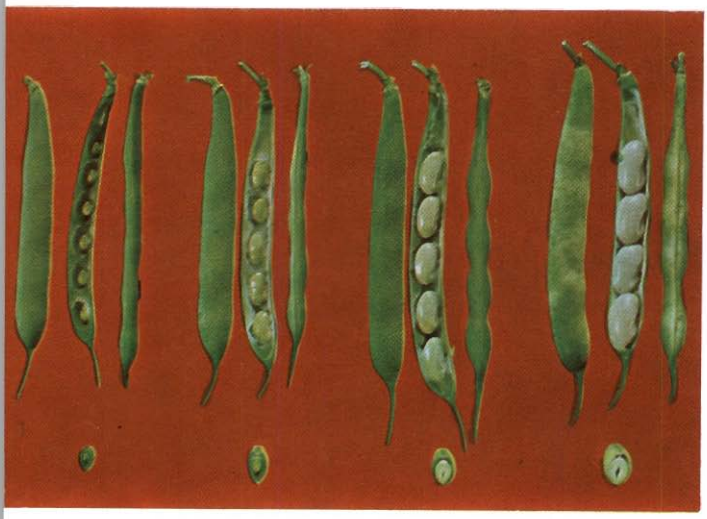

Figura 12.
Etapa R8: ocurre el proceso de llenado de la vaina.

Etapa R8: llenado de las vainas

La Etapa R8 empieza cuando en el 50% de las plantas del cultivo la primera vaina cesa de alargarse y empieza a llenarse debido al

crecimiento de las semillas; esto se puede comprobar mirando las vainas por el lado de las suturas: se observan los abultamientos correspondientes a las semillas en crecimiento (Fig. 12).

Al final de la etapa, las semillas comienzan a pigmentarse, comenzando alrededor del hilum; luego la pigmentación se extiende a toda la testa; en algunos genotipos las valvas de las vainas también empiezan a pigmentarse. El comienzo de la pigmentación es variable tanto para las semillas como para las valvas; en las semillas ocurre generalmente en la etapa R8, según sea la variedad, y en las valvas se presenta después de iniciada la pigmentación de las semillas.

En las variedades de Tipo I (determinadas) el desarrollo vegetativo del tallo principal termina antes de la floración, mientras que en las de Tipo II, III y IV termina generalmente en la etapa R8. Esta etapa tiende a prolongarse en los Tipos III y IV más que en el II, aunque existen variaciones dentro de cada hábito según sea el genotipo.

En la etapa R8 se observa también el inicio de la defoliación de las plantas.

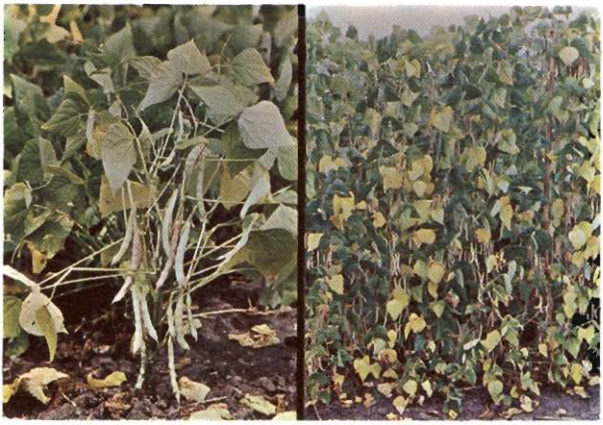

Figura 13.
Iniciación de la Etapa R9; cambio de color de las vainas.

Etapa R9: maduración

Se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas de un cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado; las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen (Fig. 13).

Todas las partes de la planta se secan y en particular las semillas, cuyo contenido de agua baja hasta llegar a un 15%; las semillas toman entonces su color final y la planta está lista para la cosecha (Fig. 14).

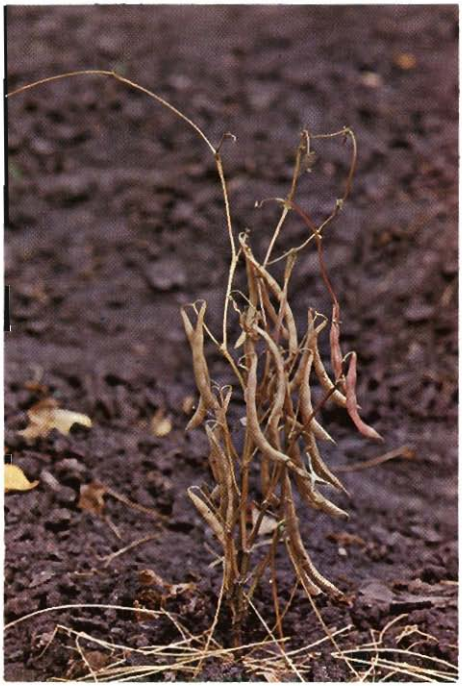

Figura 14.
Aspecto de una planta madura lista para la cosecha.

Glosario*

Bractéola	Bráctea pequeña que nace en la base de la flor, por fuera del cáliz. Hay dos en el frijol, una a cada lado del cáliz.
Corola	Cubierta exterior de la flor que protege los estambres y el pistilo. Nace en la base de la flor, junto al cáliz. En el frijol está compuesta por tres pétalos libres (el estandarte y las dos alas) y dos pétalos soldados (la quilla). Puede ser de color blanco, rosado o púrpura, pero nunca verde.
Cotiledón	Lóbulo esférico o alargado que rodea el embrión de la semilla y le sirve de reserva alimenticia. Hay dos en el frijol; salen a la superficie cuando germina la semilla.
Folíolo	Cada una de las láminas semejantes a hojas que se insertan en un eje o raquis para formar una hoja compuesta. La hoja del frijol tiene tres folíolos.
Fotoperíodo	Tiempo diario en que una planta está expuesta a la luz.

* Incluye solamente el significado con el cual fueron usadas las palabras en esta publicación.

Genotipo	Conjunto de rasgos o caracteres heredados que distinguen a una planta individual o a una especie vegetal.
Hábito de crecimiento	Modo de crecimiento del tallo según la estructura vegetal con que él termina. Si el tallo termina en una inflorescencia, el hábito se llama determinado, pero si hay un tejido terminal de crecimiento (o meristema vegetativo) que deja crecer más a la planta formando nuevos nudos, el hábito se llama indeterminado. Según el hábito de crecimiento las plantas de frijol también se clasifican en arbustivas, postradas y trepadoras. El CIAT clasifica el hábito de crecimiento en cuatro tipos (ver tipos de hábito de crecimiento).
Hilum (hilo)	Cicatriz de la semilla que señala el punto donde ésta estaba unida a la vaina.
Hipocótilo	Porción del tallo de la planta de frijol que se extiende desde la raíz hasta el punto de inserción de los cotiledones.
Pecíolo	Rabillo o prolongación estrecha —más o menos larga y

	acanalada— de la lámina foliar que une a ésta con la rama o el tallo.
Pedúnculo	Cabo o ramilla que soporta una flor solitaria; en una inflorescencia es la porción de su eje comprendida entre el nacimiento de la primera flor y la unión de la inflorescencia con la rama o el tallo.
Radícula	Raicilla rudimentaria del embrión de la semilla; en su base empalma con el hipocótilo.
Sutura	Unión de los bordes de las valvas.
Testa	Cubierta externa del grano de frijol.
Tipos de hábito	Clasificación hecha por el CIAT. Básicamente la planta se clasifica en cuatro tipos: a) Tipo I, determinado arbustivo; b) Tipo II, indeterminado arbustivo; c) Tipo III, indeterminado postrado; d) Tipo IV, indeterminado trepador.
Valva	Cada una de las dos cubiertas que forman la vaina.

Bibliografía Consultada

Azael, A. 1976. Numerical characterization of the development of the bean plant. Turrialba 26(2): 209-210.

Fernández F. y Ceballos, L. F. 1976. Crecimiento y desarrollo de la planta de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. (Inédito.)

Hanway, J. J. y Thompson, H. E. 1971. How a soybean plant develops. Iowa State University, Special report no.53. Ames, Iowa, U.S.A. 17p.

Lebaron, M. J. 1974. Development stages of the common bean plant. University of Idaho, Cooperative Extension Service. Current Information Series No. 228. 2p.

Ojehomon, O. O.; Zehni, M. S.; Morgan, D. G. 1973. The effects of photoperiod on flower-bud development in *Phaseolus vulgaris*. Ann. Bot. 37:871-884.

Tanaka, A. y Fujita, K. 1979. Growth, photosynthesis and yield components in relation to grain yield of the field bean. J. Faculty Agriculture Hokkaydo University 59:145-238.

Zadoks, J. C.; Chang, T. T. y Konzac, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14:415-421.

Publicación del CIAT

Programa de Frijol
y Unidad de Comunicaciones e
Información

Edición: Ana Lucía G. de Román

Producción
e impresión: Artes Gráficas del CIAT