

26202

# MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE FRIJOL COMUN

Daniel G. Debouck  
Rigoberto Hidalgo

## Introducción

Dentro del grupo de las leguminosas comestibles, el frijol común es una de las más importantes debido a su amplia distribución en los 5 continentes y por ser complemento nutricional indispensable en la dieta alimenticia principalmente en Centro y Suramérica. México ha sido aceptado como el más probable centro de origen, o al menos, como el centro de diversificación primaria.

El cultivo del frijol es considerado uno de los más antiguos; hallazgos arqueológicos en su posible centro de origen y en Suramérica indican que era conocido por lo menos unos 5.000 años antes de la era cristiana (Fig. 1).

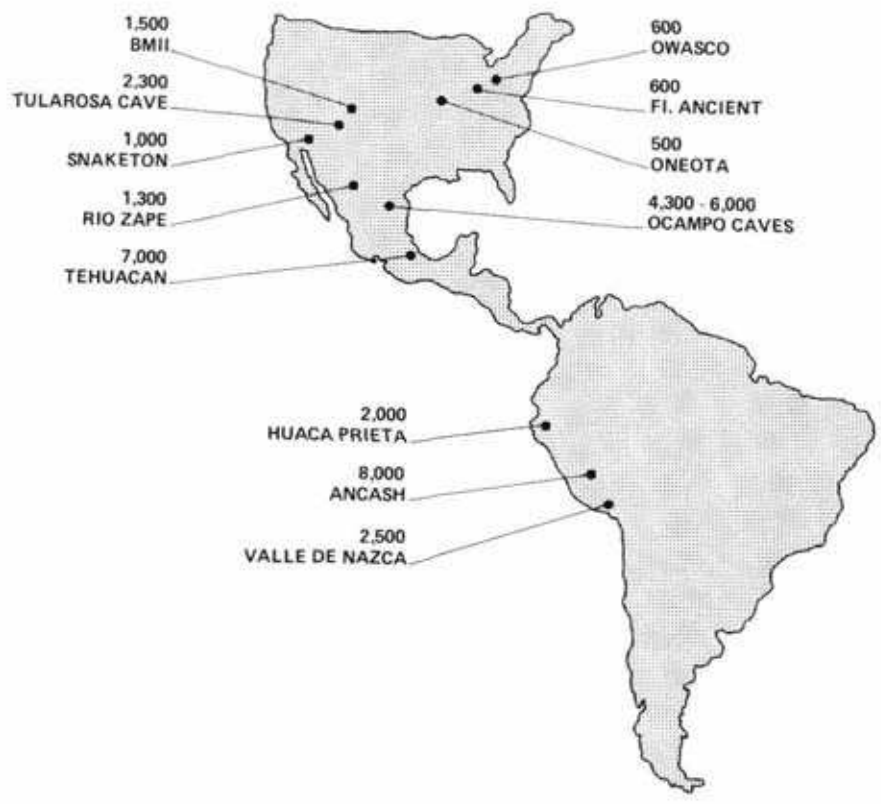


Figura 1. Antigüedad (años), y localización de los hallazgos arqueológicos de *Phaseolus vulgaris* L.

Debido al interés del hombre por esta leguminosa, las selecciones realizadas por culturas precolombinas originaron un gran número de formas diferentes, y en consecuencia diversas denominaciones comunes o vernáculas. Es así como el frijol se conoce con los nombres de Poroto, Alubia, Judía, Frijol, Ñuña, Habichuela, Vainita, Caraota y Feijão, para citar algunos.

La planta de frijol es anual, herbácea, intensamente cultivada desde el trópico hasta las zonas templadas, (Fig. 2), aunque es una especie termófila, es decir, que no soporta heladas; se cultiva esencialmente para obtener las semillas, las cuales tienen un alto contenido de proteínas, alrededor de un 22% y más, contenido éste calculado con base en materia seca. Las semillas pueden ser consumidas tanto inmaduras como secas. También puede consumirse la vaina entera inmadura y las hojas.

### Taxonomía

Sólo en las dos últimas décadas se han establecido bases sólidas universales en la taxonomía de *Phaseolus*. Este género ha sido bien diferenciado de otros como *Vigna* y *Macroptilium*, con los cuales se tenían confusiones respecto a su clasificación y se le reconoce como de origen exclusivamente americano.



Figura 2. Distribución mundial aproximada (sombreado) del cultivo del frijol común.

Desde el punto de vista taxonómico esta especie es el prototipo del género *Phaseolus* y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. asignado por Linneo en 1753. Perteneció a la tribu Phaseoleae de la subfamilia Papilionoideae dentro del orden Rosales (Fig. 3).

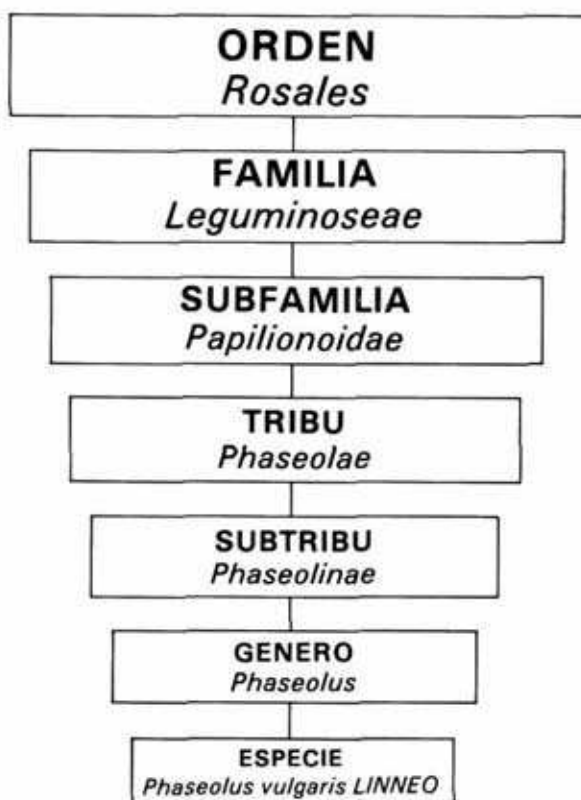


Figura 3. Clasificación taxonómica del frijol común.

El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan. Son ellas:

- P. vulgaris L.
- P. lunatus L.
- P. coccineus L.
- P. acutifolius A. Gray var. latifolius Freeman

### Morfología

La morfología estudia los caracteres de cada órgano, visibles a escala macroscópica y microscópica. El examen de cada uno separadamente, facilita la comprensión de la planta en su totalidad.

Los caracteres de la morfología de las especies se agrupan en caracteres constantes y caracteres variables; los constantes son aquellos que identifican al taxon, es decir la especie, o la variedad; generalmente son de alta heredabilidad. Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales; podrían ser considerados como la resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo (Fig. 4).

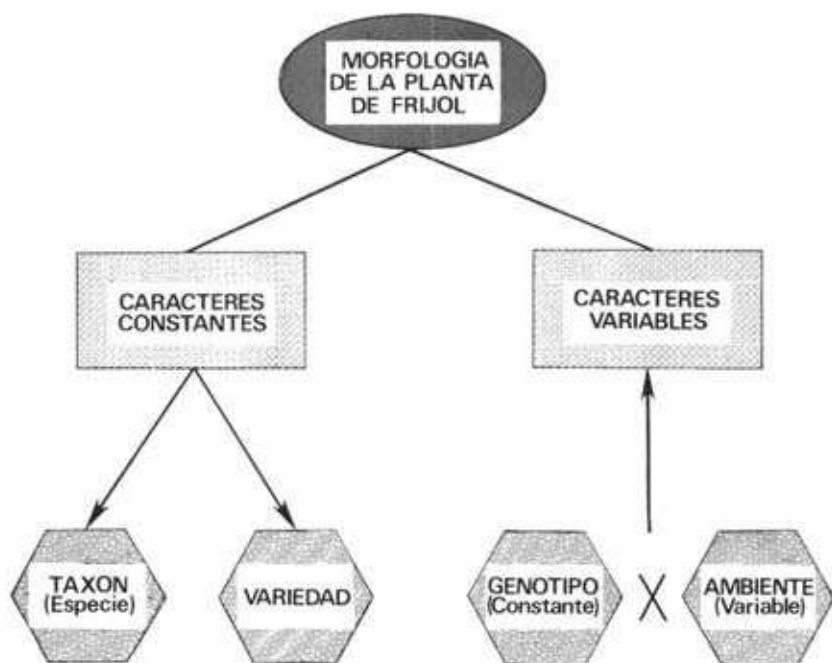


Figura 4. Caracteres de la morfología del frijol.

El estudio de la morfología de frijol, se hará en el siguiente orden:

- |                               |                   |
|-------------------------------|-------------------|
| 1. Raíz                       | 5. Inflorescencia |
| 2. Tallo                      | 6. Flor           |
| 3. Ramas y complejos axilares | 7. Fruto          |
| 4. Hojas                      | 8. Semilla        |

### Raíz

En la primera etapa de desarrollo el sistema radical está formado por la radícula del embrión la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria, es decir, la primera identificable.

A los pocos días de la emergencia de la radícula es posible ver las raíces secundarias, que se desarrollan especialmente en la parte superior o cuello de la raíz principal (Fig. 5); se encuentran de 3 a 7 de estas raíces en disposición de corona y tienen un diámetro un poco menor que la raíz principal. Se denominan secundarias debido a que su desarrollo ocurre a partir de la raíz principal o primaria. Existen otras raíces secundarias que aparecen un poco más tarde y más abajo sobre la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales además se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. La raíz principal se puede distinguir entonces por su diámetro y mayor longitud. En general el sistema radical superficial ya que el mayor volumen de la raíz se encuentra en los primeros 20 cms de profundidad del suelo.

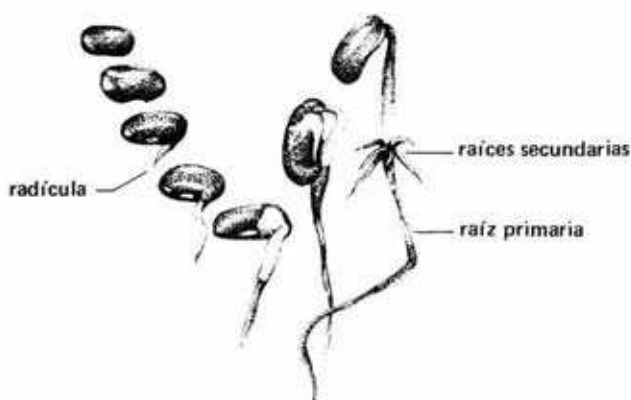


Figura 5. Sistema radical inicial.

Las raíces terciarias aparecen lateralmente sobre las raíces secundarias y las cuaternarias sobre las terciarias (Fig. 6). Con una lupa se puede observar la última subdivisión constituida por los pelos absorbentes, órganos epidérmicos localizados principalmente en las partes jóvenes de las raíces, que juegan un papel muy importante en la absorción de agua y nutrimentos.



Figura 6. Raíz completamente desarrollada.

Aunque generalmente se distingue la raíz primaria, el sistema radical tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad (Fig. 7). El tipo pivotante auténtico, se presenta en un bajo porcentaje.

Como miembro de la subfamilia Papilionoideae, *Phaseolus vulgaris* L. presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical (Fig. 8).

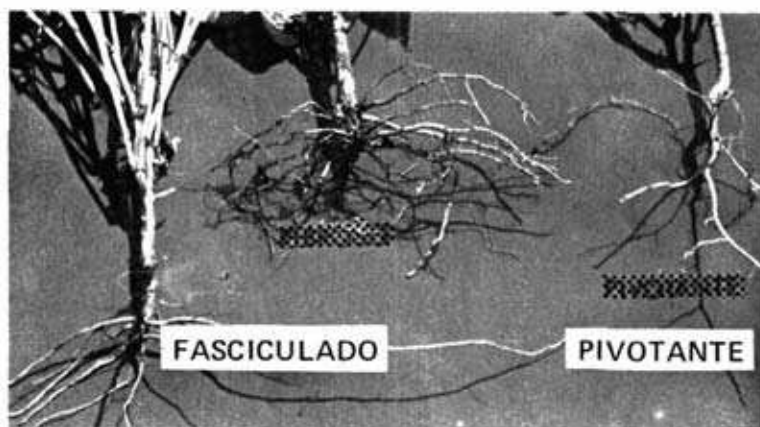


Figura 7. Tipos de raíces.

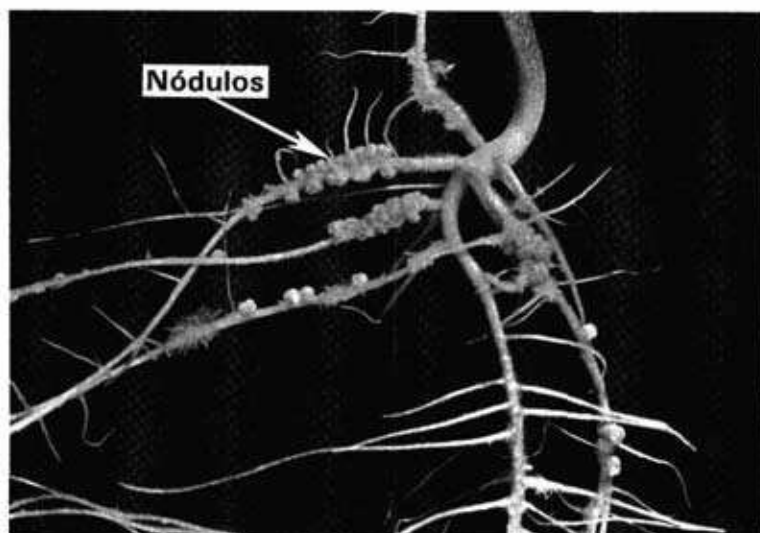


Figura 8. Nodulación del frijol.

Estos nódulos tienen forma poliédrica y un diámetro aproximado de 2 a 5 mm. Son colonizados por bacterias del género Rhizobium, las cuales fijan nitrógeno atmosférico.

El nitrógeno fijado contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta.

Características del suelo tales como la estructura, la porosidad, el grado de aireación, la capacidad de retención de humedad, la temperatura, el contenido de nutrimentos, y varias otras, pueden ser muy importantes en la conformación del sistema radical y su tamaño. Es necesario recordar, sin embargo, que el sistema radical se concentra generalmente cerca de la base del tallo, casi en la superficie del suelo. En condiciones muy favorables, las raíces pueden alcanzar más de un metro de longitud. En casos de excesos de humedad (inundaciones por ejemplo), el hipocótilo puede desarrollar raíces adventicias.

### Tallo

El tallo puede ser identificado como el eje central de la planta el cual está formado por una sucesión de nudos y entrenudos (Fig. 9). Se origina del meristema apical del embrión de la semilla; desde la germinación y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristema tiene una fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos. Un nudo es el punto de inserción de las hojas (o de los cotiledones) en el tallo. El ángulo formado entre el pecíolo de las hojas y la prolongación del tallo se denomina axila; en las axilas aparece un complejo de yemas que luego se desarrollan como ramas laterales y/o como inflorescencias (Fig. 22).

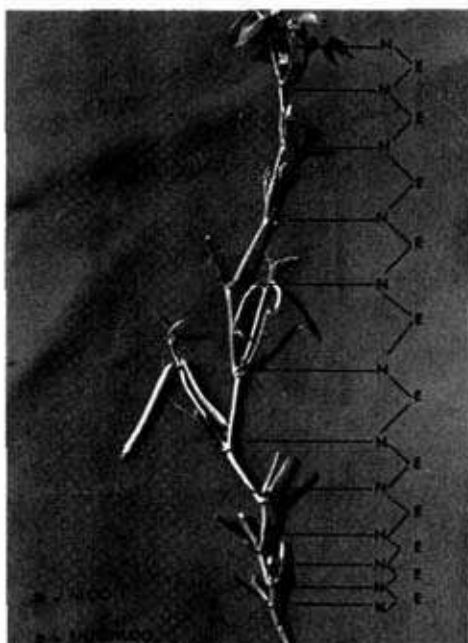


Figura 9. Tallo.

El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis.

El tallo es el resultado de un proceso dinámico de construcción por parte de un grupo de células situadas en su parte final, llamada meristemo terminal, en proceso de división activa desde sus primeros estados de crecimiento. Este proceso de construcción incluye así mismo, la formación de otros órganos en los nudos y la de los entrenudos. El entrenudo es la parte del tallo comprendida entre dos nudos.

El tallo tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas. Puede ser erecto, semiprostrado o prostrado, según el hábito de crecimiento de la variedad; pero en general, el tallo tiende a ser vertical ya sea que el frijol crezca solo o con algún soporte.

Algunas características de la planta relacionadas con el tallo son utilizadas en la identificación de variedades. Dentro de éstas se pueden mencionar: el color, la pilosidad, el tamaño, el número de nudos, el carácter de la parte terminal, el diámetro, la longitud de los entrenudos, la aptitud para trepar, la filotaxia y los ángulos de inserción de diferentes órganos.

La pilosidad y el color varían según la parte del tallo, la etapa de desarrollo de la planta, la variedad de frijol y las condiciones ambientales como sequía y luz.

En cuanto a la pilosidad, el tallo puede ser subglabro y pubescente. Se pueden encontrar pelos cortos o pelos largos, o de ambos tamaños; pero siempre se encuentran unos pelos pequeños en forma de gancho, llamados pelos uncinulados fácilmente observables en las partes jóvenes (Fig. 10).

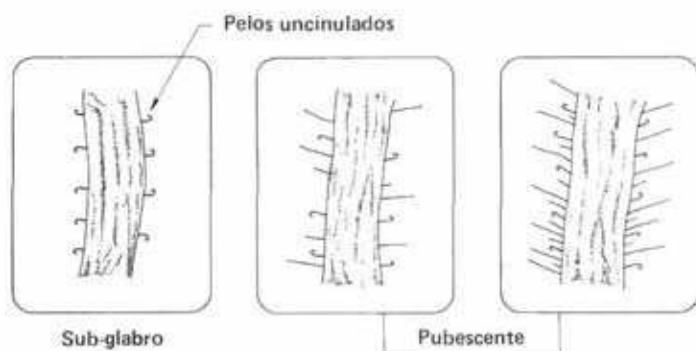


Figura 10. Tipos de pilosidad (esquema amplificado).

Existe una variación en lo que respecta a la pigmentación del tallo; pueden encontrarse derivaciones de tres colores fundamentales: verde, rosado y morado. El patrón de distribución de los colores en el tallo es también muy variable. En algunos casos el tallo y el pecíolo son del mismo color.

Puede ocurrir que el color se concentre solamente cerca de los nudos. Estas características de color en el tallo pueden ser usadas en mejoramiento como un marcador genético.



Además de estas características cualitativas, existen otras cuantitativas, más relacionadas con la estructura misma del tallo. Una muy utilizada es el número de nudos y por lo tanto el número de entrenudos.

El tallo empieza en la inserción de las raíces. En orden ascendente, el primer nudo que se encuentra es el de los cotiledones; éste se caracteriza por tener dos inserciones opuestas correspondiente a los cotiledones. La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo, se llama hipocótilo. El hipocótilo tiene una longitud apreciable porque el frijol común es de germinación epigea (Fig. 11).

Los cotiledones permanecen adheridos al tallo durante las primeras etapas de desarrollo. Después de unas dos semanas caen quedando dos cicatrices en el tallo.

El siguiente nudo es el de las hojas primarias, las cuales son opuestas. Entre el nudo de los cotiledones y el de las hojas primarias, se encuentra un entrenudo real llamado epicótilo (Fig. 11).

Los dos primeros nudos, el de los cotiledones y el de las hojas primarias son formados durante la embriogénesis; por lo tanto existen ya en la semilla.

En el tallo se encuentran presentes, a nivel de cada nudo otros órganos como las hojas, las ramas, las vainas, los racimos y las flores (Fig. 12).

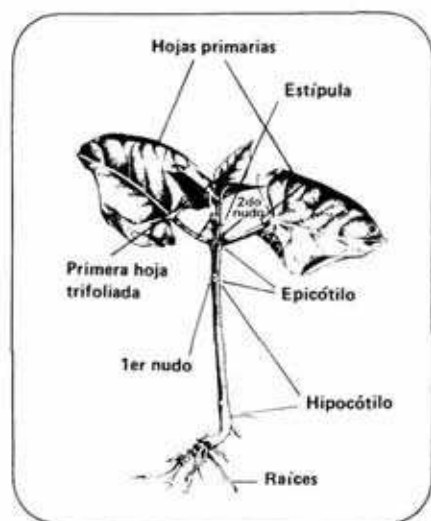


Figura 11.  
Plántula de frijol.

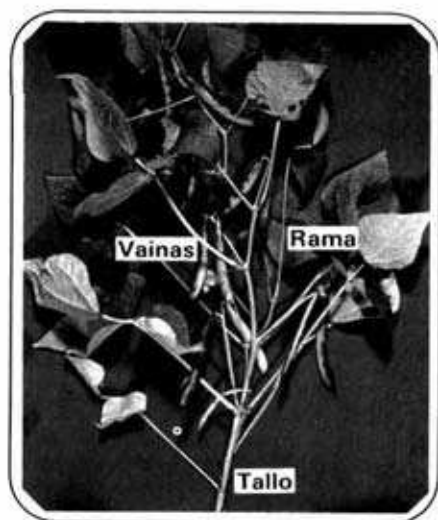


Figura 12.  
Diferentes estructuras  
en una planta de frijol.

El tallo se puede distinguir fácilmente ya que está compuesto por una sucesión de nudos y entrenudos; en cada nudo se encuentra una estípula, una hoja y entre el pecíolo de la hoja y la prolongación del tallo, es decir en las axilas, se encuentran estructuras vegetativas como las ramas o reproductivas como las inflorescencias.

Los nudos del tallo se numeran en forma ascendente en tal forma que el primer nudo corresponde al de los cotiledones, el segundo al de las hojas primarias, el tercero a la primera hoja trifoliada y así sucesivamente.

Al inicio de la fase reproductiva de la planta, el tallo presenta a lo largo de su estructura diferentes niveles de desarrollo de los órganos vegetativos y/o reproductivos. En general se observa:

1. Un cambio en la disposición de las ramas, es decir en la ramificación a partir de los dos primeros nudos, el de los cotiledones y el de las hojas primarias cuyas ramas están dispuestas en forma opuesta (disposición decusada). A partir del tercer nudo la disposición de las ramas y/o inflorescencias es alterna (disposición dística).
2. Un desarrollo característico de la parte terminal, dependiendo del hábito de crecimiento de la variedad. Relacionado con este punto existen dos posibilidades:
  - a. Que el tallo termine en una inflorescencia (racimo) cuyas inserciones se desarrollan primero en flores y después en vainas. Al aparecer esta inflorescencia el tallo normalmente cesa su crecimiento. En este caso, la planta es de hábito de crecimiento determinado\* (Fig. 13a).
  - b. La otra posibilidad es que el tallo presente en su parte terminal un meristema vegetativo que le permite eventualmente continuar creciendo, es decir, formar más nudos y entrenudos. En este caso la planta es de hábito de crecimiento indeterminado (Fig. 13b).

Cuando la planta es de hábito de crecimiento determinado, normalmente el tallo posee un bajo número de nudos y termina en la inserción de la última hoja trifoliada.

En las plantas de hábito indeterminado, el número de nudos del tallo es mayor que en las plantas de hábito determinado ya que en la fase reproductiva, el tallo continúa creciendo.

Para facilitar el conteo y establecer comparaciones, el número de nudos se debe determinar en una etapa específica del desarrollo de la planta como por ejemplo a la floración y a la maduración.

Bajo condiciones similares de ambiente, el número de nudos del tallo de un material genéticamente depurado se puede considerar como un carácter de poca variación (Cuadro 1).

\* El término determinado está usado aquí bajo la reserva del significado dado en el glosario.

Al contar el número de nudos se conoce directamente el número de entrenudos. El número y la longitud de cada entrenudo determinan la longitud del tallo y por ende la altura de la planta. Se debe anotar que esta longitud varía de un entrenudo a otro del tallo, situación que depende de las correlaciones de crecimiento entre las diferentes partes de la planta. Para una misma variedad puesta en las mismas condiciones ambientales, se pueden definir rangos de variación en longitud para cada entrenudo.

Cuadro 1. Número de nudos de algunas variedades de frijol bajo las condiciones ambientales de CIAT.

Variedad	Hábito de crecimiento	Número de nudos
DIACOL Calima	I	8
Pompadour	I	10
Canario	I	9
ICA Tui	II	15
Nep 2	II	13
Porrillo Sintético	II	12
Puebla 152	III	12
Aysékadín	III	16
Rico 23	III	15
Cargamanto	IV	18
Ecuador 299	IV	18
Great Northern/1 Sel-27	IV	16

Fuente: Línea descriptiva de germoplasma de Phaseolus sp.

La longitud del entrenudo, el diámetro promedio y la capacidad de torsión determinan otro carácter: la aptitud para trepar (Fig. 14).

Las características mencionadas se utilizan en esta unidad para describir el tallo; algunas de ellas se pueden utilizar eventualmente en la descripción de variedades. Así mismo son útiles en la caracterización del hábito de crecimiento.

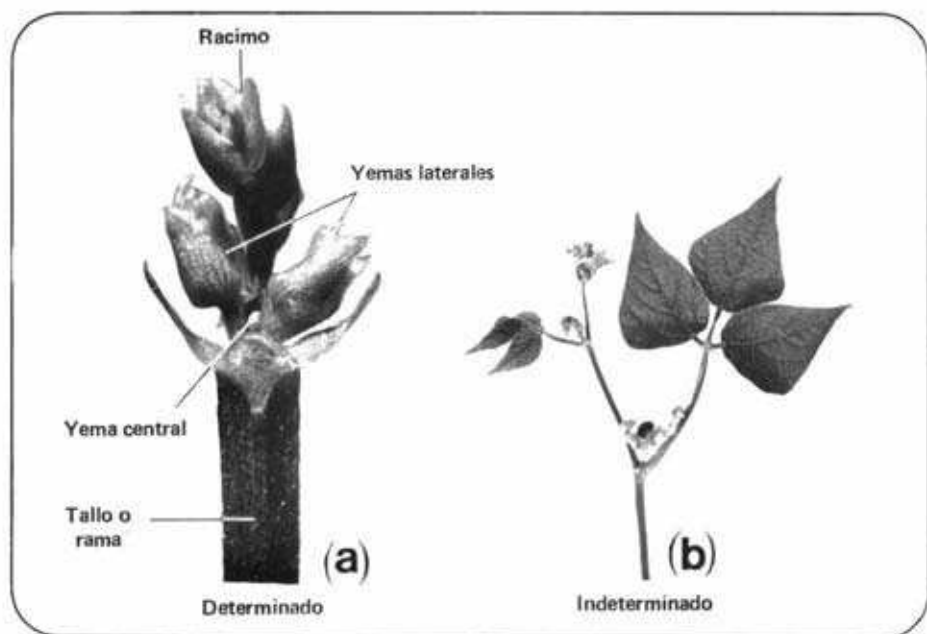


Figura 13. Características de la parte terminal del tallo.

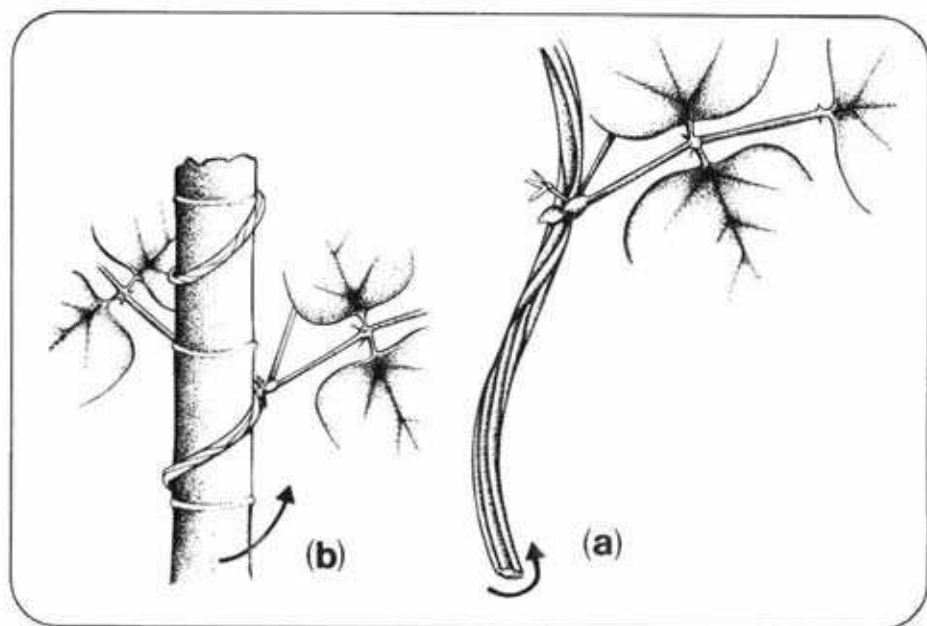


Figura 14. a. Torsión primaria del tallo sobre sí mismo.  
b. Torsión secundaria del tallo sobre el tutor.

## Hábito de crecimiento

Los principales caracteres morfo-agronómicos que ayudan a determinar el hábito de crecimiento son:

1. El tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
2. El número de nudos.
3. La longitud de los entrenudos y en consecuencia, la altura de la planta. Adicionalmente hay que considerar la distribución de las longitudes de los entrenudos a lo largo del tallo.
4. La aptitud para trepar.
5. El grado y el tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía definido como la parte del tallo y/o las ramas que sobresalen por encima del follaje del cultivo.

Los primeros cuatro caracteres están especialmente relacionados con el tallo pero es posible tenerlos en cuenta para el caso de las ramas originadas en cualquier nudo. Se debe revisar entonces lo concerniente al grado de ramificación.

La planta de frijol común es por naturaleza muy ramificada. Las ramas principales pueden tener a su vez ramas laterales; lo anterior multiplica los lugares potenciales de floración.

Cada uno de los nudos del tallo posee una hoja trifoliada a excepción del nudo cotiledonar y el nudo de las hojas primarias. En las ramas los dos primeros nudos (difícilmente diferenciables) poseen una estructura foliácea de forma triangular denominada prófalo. El tercer nudo (lo visible) presenta una hoja trifoliada del tipo normal.

La ramificación se desarrolla especialmente en los nudos de las hojas trifoliadas inferiores del tallo a partir de las yemas presentes en la axila de dichas hojas. Las yemas de los dos primeros nudos (de los cotiledones y de las hojas primarias) pueden permanecer en estado latente pero tienen el potencial de desarrollo generalmente como ramas axilares. Esto puede suceder con mayor probabilidad cuando el tallo sufre algún daño. Pero cualquiera que sea el hábito de crecimiento, la ramificación es muy reducida en las partes terminales del tallo o de las ramas. En estas partes, el desarrollo de las yemas axilares tiende a ser reproductivo.

Según estudios hechos en el CIAT se consideró que los hábitos de crecimiento podrían ser agrupados en cuatro tipos principales; esta clasificación está sometida a modificaciones posteriores, las cuales seguramente tendrán en cuenta las situaciones particulares e intermedias (Fig. 15).

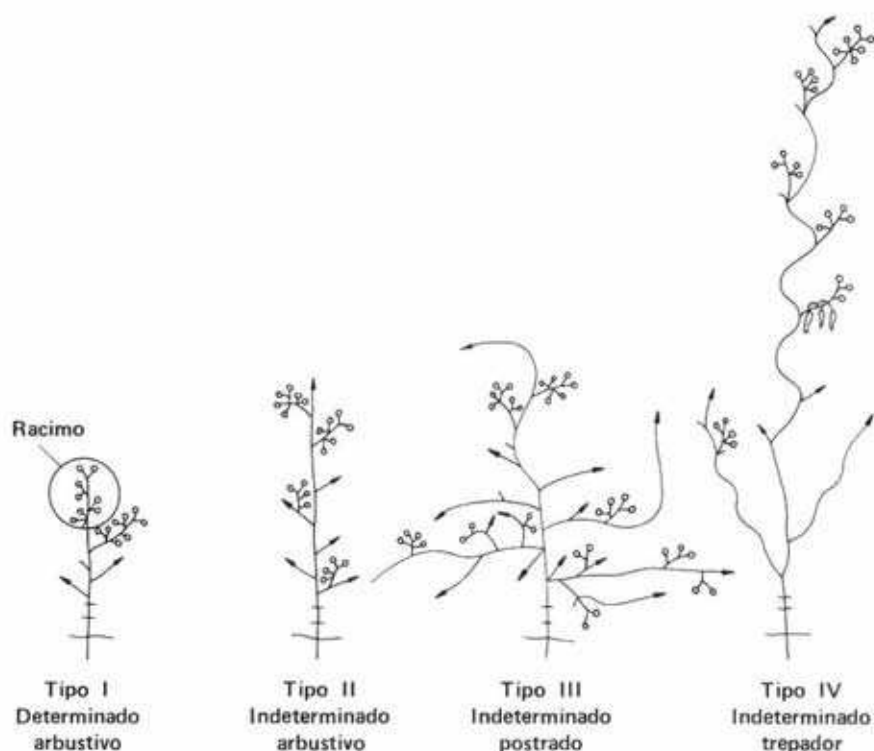


Figura 15. Esquema de los cuatro tipos de hábito de crecimiento.

Hábitos de crecimiento determinado:

Tipo I: Hábito de crecimiento determinado arbustivo (Fig. 16).

Las plantas Tipo I presentan las siguientes características:

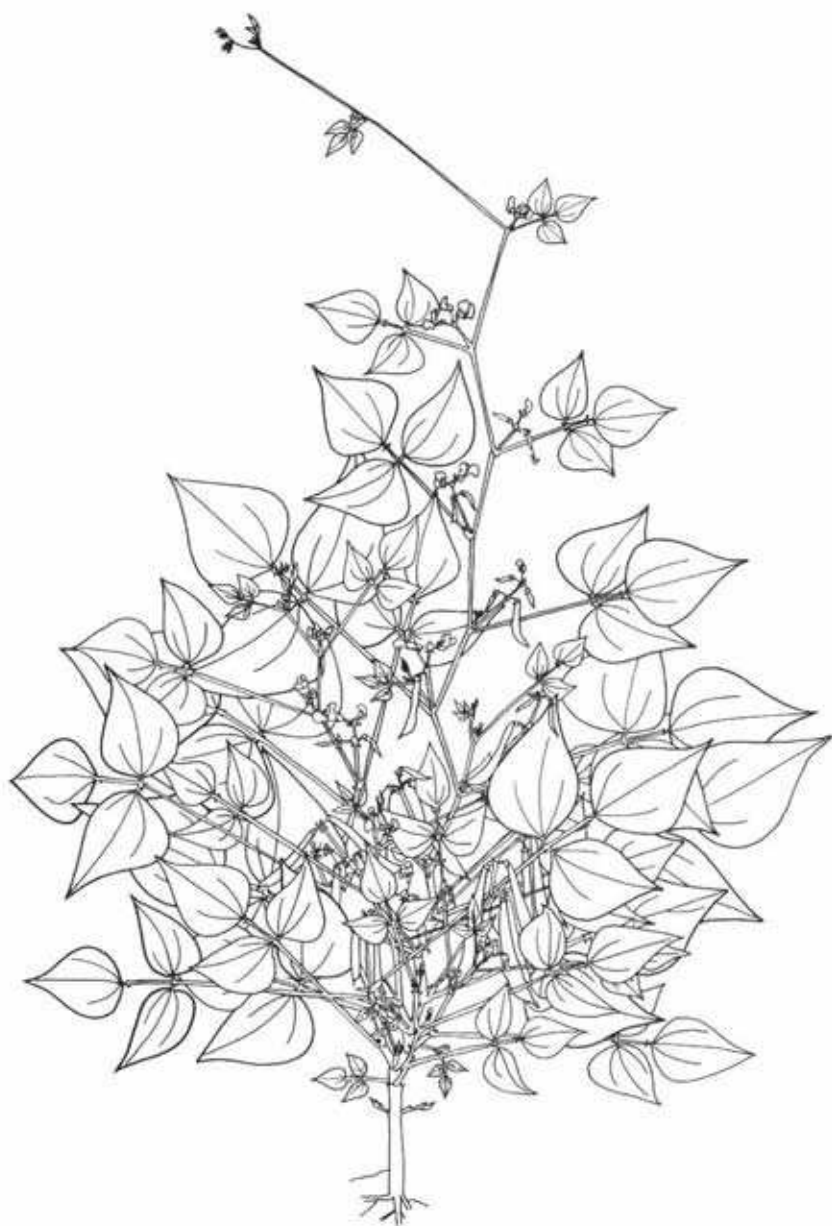
1. El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada. Cuando esta inflorescencia está formada, el crecimiento del tallo y de las ramas generalmente se detiene.
2. En general el tallo es fuerte, con un bajo número de entrenudos, de 5 a 10, comúnmente cortos.
3. La altura puede variar entre 30 y 50 cm. Sin embargo hay casos de plantas enanas (15 a 25 cm).
4. La etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo.
5. Sin embargo se debe hacer notar la presencia de una variación dentro del hábito de crecimiento determinado; en la cual los entrenudos son más largos, pueden ser más numerosos (más de 8) y en algunos casos con aptitud trepadora.



Figura 16. Esquema de una planta de hábito de crecimiento determinado arbustivo (Tipo I).

Hábitos de crecimiento indeterminado:

Tipo II. Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo (Fig. 17).



**Figura 17.** Esquema de una planta de hábito de crecimiento indeterminado arbustivo (Tipo II).



Pertenece a este Tipo, las plantas con las siguientes características:

1. Tallo erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta. Las ramas no producen guías.
2. Pocas ramas, pero en número superior al tipo I y generalmente cortas con respecto al tallo.
3. El número de nudos del tallo es superior al de las plantas del tipo I; generalmente más de 12.
4. Como todas las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, éstas continúan creciendo durante la etapa de floración, aunque a un ritmo menor.

Tipo III: Hábito de crecimiento indeterminado postrado (Fig. 18).



Figura 18. Esquema de una planta de hábito de crecimiento indeterminado postrado (tipo III).

Las características más sobresalientes de las plantas de hábito de crecimiento Tipo III, son:

1. Plantas postradas o semipostradas con ramificación bien desarrollada.
2. La altura de las plantas es superior a la de las plantas del Tipo I y II (generalmente mayor de 80 cm).
3. Lo anterior se debe a que el número de nudos del tallo y de las ramas es superior al de los tipos I y II; así mismo, la longitud de los entrenudos es superior respecto a los hábitos anteriormente descritos y tanto el tallo como las ramas terminan en guías.
4. El desarrollo del tallo y el grado de ramificación originan variaciones en la arquitectura del tipo III. Algunas plantas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativa. Otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas. Dentro de estas variaciones se puede presentar aptitud trepadora especialmente si las plantas cuentan con algún soporte en cuyo caso suelen llamarse semitrepadoras.

Tipo IV: Hábito de crecimiento indeterminado trepador (Fig. 19).

Se considera que las plantas de este tipo de hábito de crecimiento son las del típico frijol trepador. Este es el tipo de hábito de crecimiento que se encuentra generalmente en la asociación mafz-frijol.

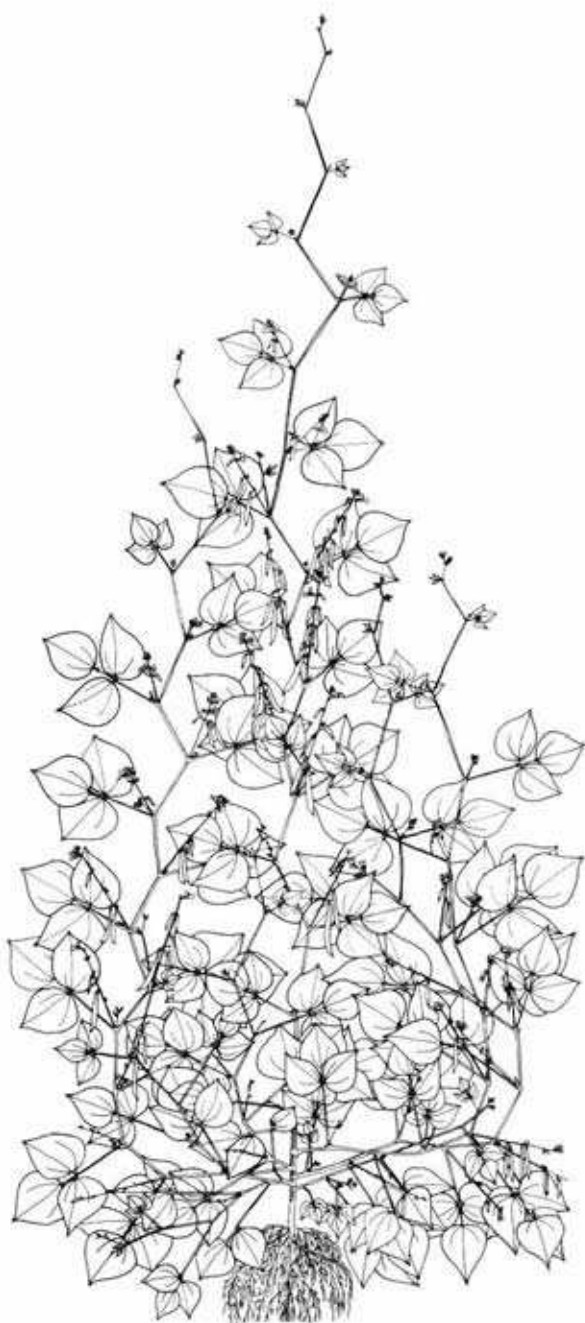
Se caracteriza por:

1. A partir de la primera hoja trifoliada el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión lo que se traduce en su habilidad trepadora.
2. Ramas muy poco desarrolladas (exceptuando algunas), a consecuencia de la dominancia apical.
3. El tallo puede tener de 20 a 30 nudos y alcanzar más de dos metros de altura con un soporte adecuado.
4. La etapa de floración es significativamente más larga que la de los otros hábitos de tal manera que en la planta se presentan a un mismo tiempo las etapas de floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración.

Por lo general hay de 10 a 20 nudos en el tallo principal de las plantas de los tipos II y III; este número de nudos se considera intermedio lo mismo que la altura de la planta si se comparan con las plantas de los tipos I y IV.

Finalmente es importante señalar que hay variedades que tienen hábitos de crecimiento que no se pueden incluir en ninguno de estos cuatro tipos, pues son hábitos intermedios entre cualquiera de los descritos anteriormente.

Además, algunos de los parámetros componentes del hábito de crecimiento han evolucionado, por ejemplo el tipo de ramificación, debido a la selección de fenotipos adecuados a necesidades locales o regionales. Esto ha dado origen a subclasificaciones de gran utilidad en el proceso de mejoramiento.



**Figura 19.** Esquema de una planta de hábito de crecimiento indeterminado trepador (Tipo IV).

Por ejemplo en el tipo III existen plantas postradas denominadas IIIa, mientras que otras tienen el tallo y las ramas con aptitud trepadora, aunque no muy desarrollada y se denominan IIIb (Fig. 20).

En el Tipo IV se hacen subdivisiones según la distribución de las vainas en la planta; por ejemplo, cuando las vainas se distribuyen uniformemente a lo largo de la planta se denomina IVa y si las vainas se concentran en la parte superior de la planta se denomina IVb (Fig. 20).

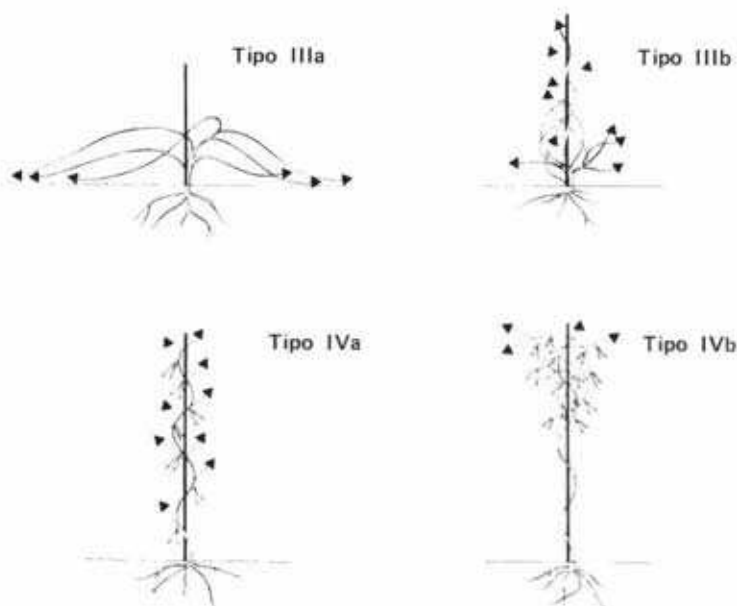


Figura 20. Esquema de subclasificaciones de los tipos III y IV.

También es necesario tener en cuenta que las condiciones ambientales influyen en la expresión del hábito de crecimiento, por esto, en diferentes ambientes una variedad puede presentar variaciones en la expresión de este carácter.

Por ejemplo, algunas variedades de hábito de crecimiento Tipo III bajo las condiciones ambientales del CIAT, pueden tener hábitos semejantes a los tipos del suelo, la densidad de población, la presencia de tutores, el sistema de cultivo, etc.

Sin embargo las diferencias entre los hábitos determinados e indeterminados son estables y más claras, ya que el funcionamiento de los meristemas es completamente diferente, además de que existen diferencias notorias en las correlaciones entre las partes de la planta. El sentido de la floración, constituye una diferencia importante entre estos hábitos ya que en los determinados es descendente, es decir de las partes apicales hacia la parte inferior de la planta, mientras que en los indeterminados es al contrario (Fig. 21).

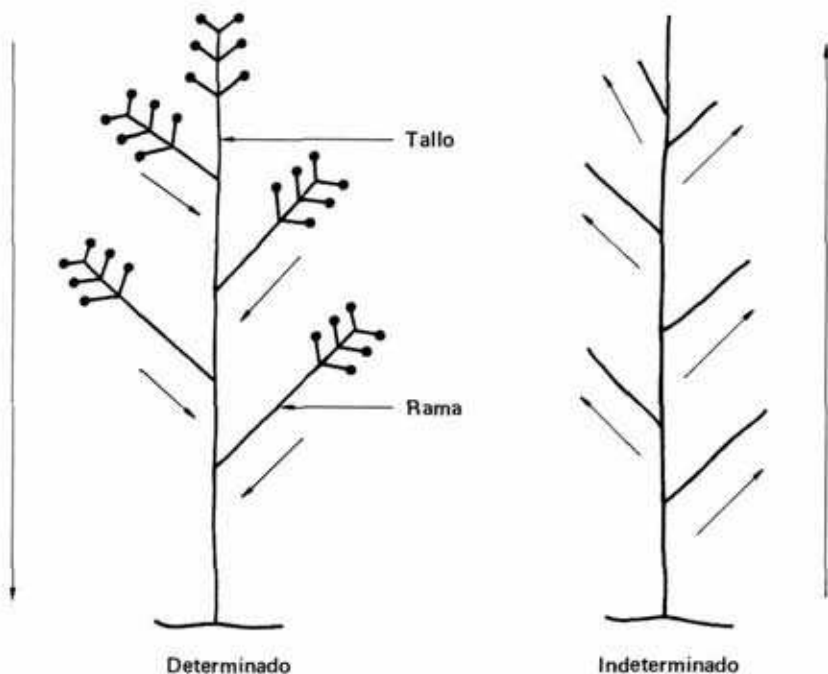


Figura 21. Sentido de la floración en plantas de hábito de crecimiento determinado e indeterminado.

### Ramas y complejos axilares

Las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizado siempre en la axila de una hoja o en la inserción de los cotiledones. Este es el denominado complejo axilar que generalmente está formado por tres yemas visibles desde el inicio de su desarrollo.

Una rama en sus primeros estados de desarrollo se puede distinguir porque las estípulas de la primera hoja trifoliada de esa rama, cubren casi totalmente dicha estructura. Estas estípulas tienen forma triangular y aplanada; además son visibles los ápices de los folíolos de dicha hoja.

De este complejo axilar, además de ramas se pueden desarrollar otras estructuras como las inflorescencias; el predominio de ramas y/o inflorescencias depende del hábito de crecimiento y de la parte de la planta considerada.

Estas tres yemas forman un complejo axilar llamado Tríada (Fig. 22). Las yemas pueden tener tres tipos de desarrollo:

1. Caso 1, desarrollo completamente vegetativo.
2. Caso 2, desarrollo floral y vegetativo.
3. Caso 3, desarrollo completamente floral.

El tipo de desarrollo depende especialmente de la posición del complejo axilar sobre la planta.

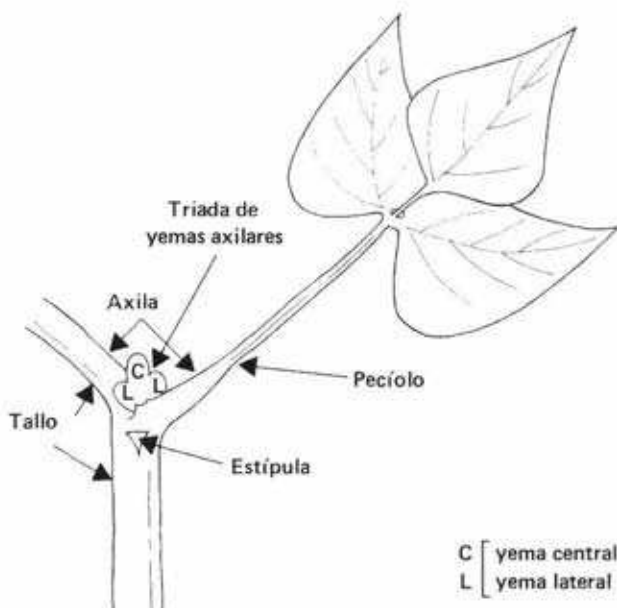


Figura 22. Localización esquemática de la triada de yemas axilares.

#### Caso 1; Desarrollo completamente vegetativo.

Se denomina vegetativo porque las yemas que se desarrollan en el complejo axilar producen exclusivamente ramas en cuyo primer nudo visible se encuentra una hoja trifoliada (Fig. 23).

La yema central se desarrolla primero, formando la rama central. Las dos yemas laterales tienen el potencial para desarrollarse como ramas pero generalmente se desarrolla una sola. Tanto en la rama central como en las laterales el desarrollo después del primer nudo visible es en última instancia dependiente del genotipo y por lo tanto puede o no existir similitud en el desarrollo de las ramas a partir de dicho nudo.

Como consecuencia, se encontrará generalmente la rama central bien desarrollada y una lateral produciendo al menos un nudo visible con una hoja trifoliada. En algunos casos una rama lateral puede tener a su vez dos ramas, es decir, una en cada lado y así sucesivamente.

Este tipo de desarrollo, completamente vegetativo, ocurre generalmente en la parte baja de la planta, o sea, en el nudo cotiledonar, el de las hojas primarias y en los nudos de las primeras hojas trifoliadas del tallo y de las ramas cualquiera que sea el hábito de crecimiento.

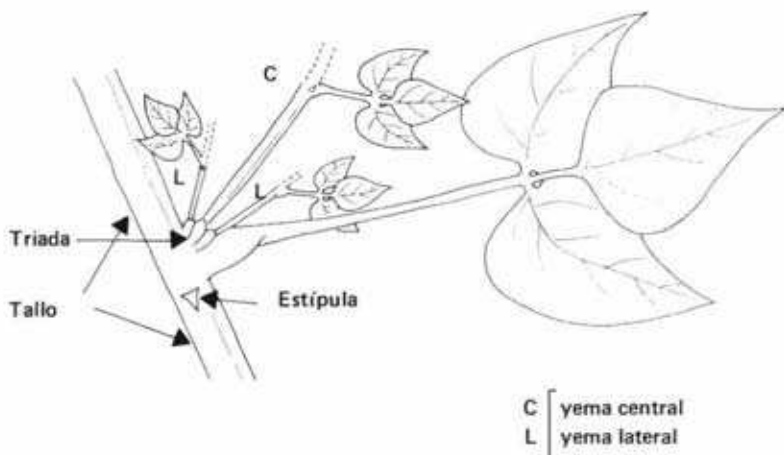


Figura 23. Desarrollo de las yemas. Caso 1: desarrollo completamente vegetativo.

Caso 2: Desarrollo floral y vegetativo.

Se denomina floral porque la yema central, que es la primera en desarrollarse produce tempranamente una inflorescencia; de las otras 2 yemas al menos una produce una rama (Fig. 24).

La yema central se desarrolla en una inflorescencia, es decir un racimo, lo que significa que en esta axila se va a observar primero el racimo floral y después las vainas. Las dos yemas laterales permanecen inicialmente en estado latente.

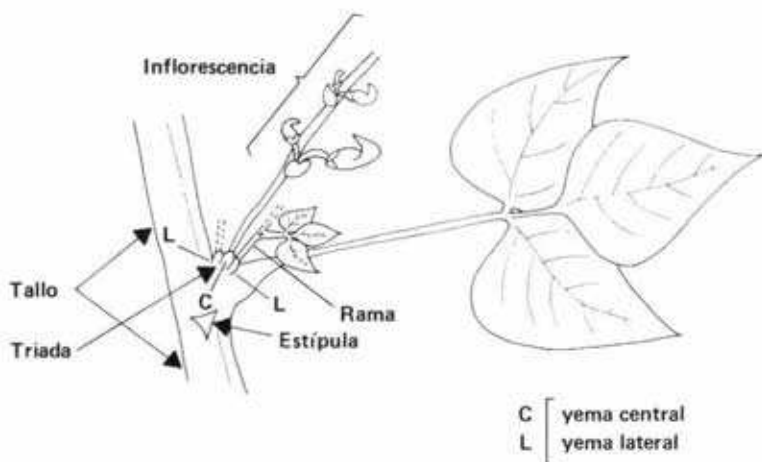


Figura 24. Desarrollo de las yemas. Caso 2: desarrollo floral y vegetativo.

Sin embargo, muchas veces después de la formación de las vainas en la inflorescencia central, o debido a cualquier accidente ocurrido en este racimo central, las dos yemas laterales o una solamente, pueden salir del estado latente e iniciar un desarrollo vegetativo, produciendo al menos un nudo con una hoja trifoliada.

Este tipo de desarrollo se encuentra generalmente en la parte media y superior de los tallos.

### Caso 3: Desarrollo completamente floral.

Se denomina floral porque las yemas del complejo axilar se desarrollan como órganos reproductivos. Las dos yemas laterales, generalmente se convierten directamente en botones florales (flores solitarias) (Fig. 25).

Este tipo de desarrollo se encuentra generalmente en la parte superior del tallo y de las ramas.

Las ramas potencialmente podrían desarrollarse como el tallo, pero en la realidad su desarrollo es mas reducido; esta similitud en el crecimiento y desarrollo, no se debe al azar; es el resultado de correlaciones que tienen un control genético-fisiológico.

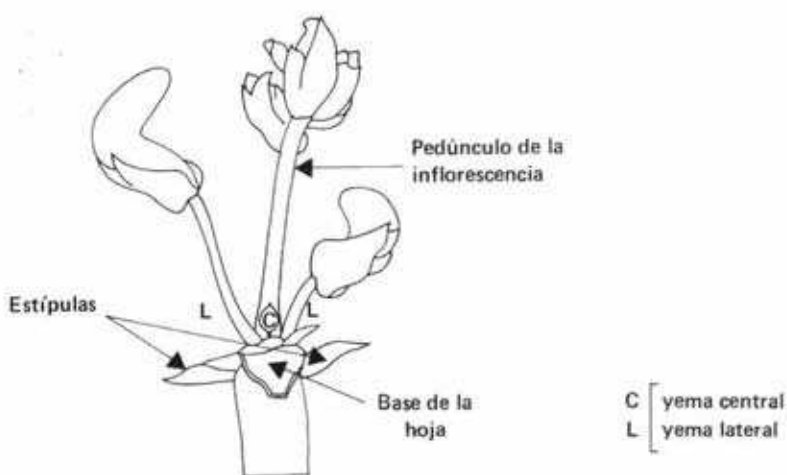


Figura 25. Desarrollo de las yemas. Caso 3: desarrollo completamente floral.

### Hojas

Las hojas del frijol son de dos tipos: simples y compuestas (Fig. 26). Están insertadas en los nudos del tallo y las ramas. En dichos nudos siempre se encuentran estípulas que constituyen un carácter importante en la sistemática de las leguminosas.

En la planta de frijol sólo hay dos hojas simples: las primarias; aparecen en el segundo nudo del tallo y se forman en la semilla durante la embriogénesis. Son opuestas, cordiformes, unifoliadas, auriculadas, simples y acuminadas. Estas caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. Las estípulas son bífidas al nivel de las hojas primarias. (Fig. 27).



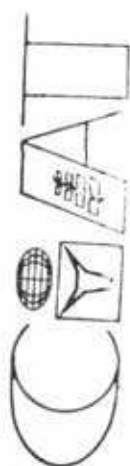
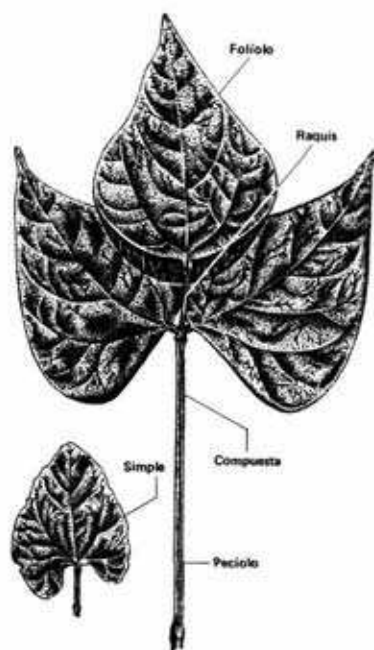


Figura 26. Tipos de hojas de la planta de frijol.

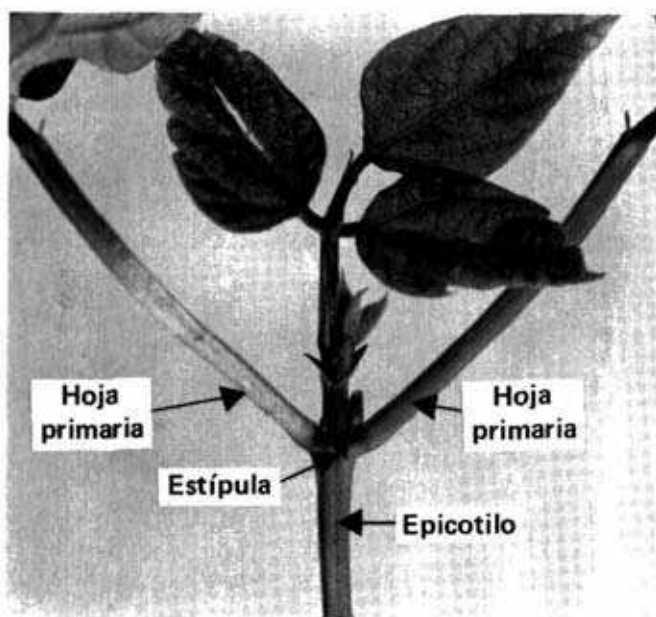


Figura 27. Disposición de hojas primarias.

Las hojas compuestas (Fig. 26), trifoliadas, (trifolioladas), son las hojas típicas del frijol. Tienen tres folíolos, un peciolo y un raquis. Tanto el peciolo como el raquis son acanalados. El folíolo central o terminal es simétrico y acuminado; los dos laterales son asimétricos y también acuminados.

Los folíolos son enteros; la forma tiende a ser de ovalada a triangular, principalmente cordiformes, pero sin aurículas; son glabros o subglabros.

Los folíolos tienen peciolulos que pueden ser considerados como pulvínulos y poseen estípelas; dos en el folíolo central y una en cada folíolo lateral, colocadas en la base de los peciolulos.

En la base del peciolo cerca del tallo o de las ramas están el pulvínulo; los pulvínulos están relacionados con los movimientos nictinásticos de las hojas. En la inserción de las hojas trifoliadas hay un par de estípulas de forma triangular y de inserción basi-fija que siempre son visibles (Fig. 28).

En condiciones normales existe una gran variación en cuanto al color y pilosidad de las hojas la cual está relacionada con la variedad, con la posición de la hoja en el tallo y la edad de la planta. Estos caracteres pueden o no tener relación con el color y la pilosidad del tallo y de las ramas.

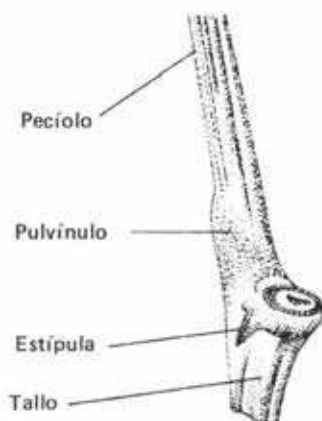


Figura 28. Parte basal de la hoja trifoliada.

### Inflorescencia

Las inflorescencias pueden ser axilares o terminales. Desde el punto de vista botánico se consideran como racimos de racimos: es decir, un racimo principal compuesto de racimos secundarios, los cuales se originan de un complejo de tres yemas (tríada floral) que se encuentra en las axilas formadas por las brácteas primarias y la prolongación del raquis (Fig. 29).

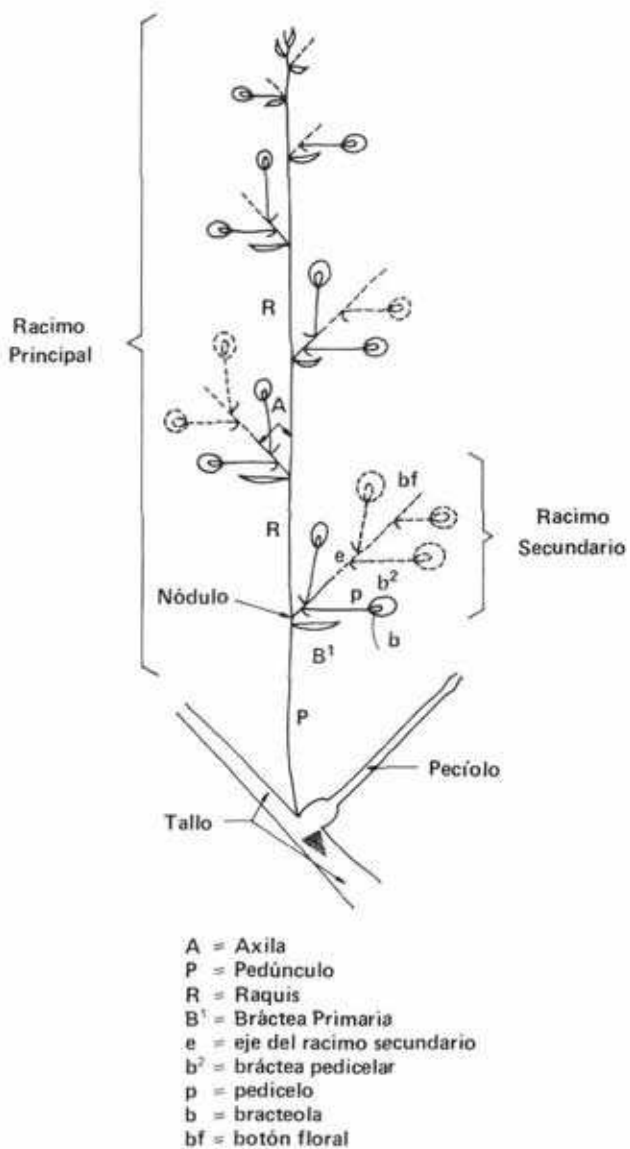


Figura 29. Desarrollo de una inflorescencia. (Líneas punteadas desarrollo teórico).

El racimo se distingue en su estado inicial porque la forma del conjunto tiende a ser cilíndrica o esférica y está cubierto principalmente por dos estructuras foliáceas de forma triangular, es decir las brácteas primarias de las primeras inserciones florales de la inflorescencia; en dicho conjunto también se pueden distinguir las bracteolas redondeadas y multinerviales de las primeras flores.

La inflorescencia tiene tres partes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales. Antes de abrir las primeras flores, el pedúnculo de la inflorescencia se alarga rápidamente. El raquis es una sucesión de nudos. Los nudos se distinguen porque en ellos se localizan las brácteas primarias.

El pedúnculo y el raquis pueden tener colocación y pubescencia características según la variedad, pero siempre tienen pequeños pelos uncinulados. Los nudos del raquis no son notorios y no tienen glándulas pedicelares (nectarios) comunes en muchos géneros afines.

Las brácteas del raquis son permanentes, de triangulares a redondas y multinerviales. En la axila de cada bráctea primaria existe un complejo de yemas denominado tríada floral. El concepto tríada puede ser utilizado de nuevo, pues se tiene un complejo axilar floral formado por tres yemas las cuales, con propiedades distintas, intervienen en el desarrollo reproductivo.

En cada tríada floral cada una de las dos yemas laterales generalmente produce una flor; estas dos yemas laterales son las dos primeras que aparecen sobre el eje del racimo secundario, en sucesión alterna (Fig.30). En cambio la yema central no se desarrolla directamente; como el eje es muy reducido, las dos flores parecen estar al mismo nivel. En algunos casos, especialmente cuando las vainas producto del desarrollo de las flores están ya desarrolladas, la yema central puede producir un pequeño eje con otra tríada floral. De esta nueva tríada puede resultar una tercera flor (Fig. 30). El desarrollo a partir de la tercera flor está limitado por fenómenos de competencia ya que al madurar las vainas de las dos primeras yemas, la planta generalmente está en la etapa de maduración y por lo tanto presenta disminución de su actividad fotosintética y normalmente esta flor no se desarrolla.

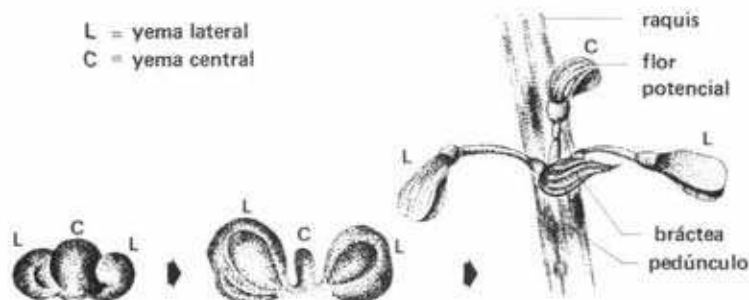
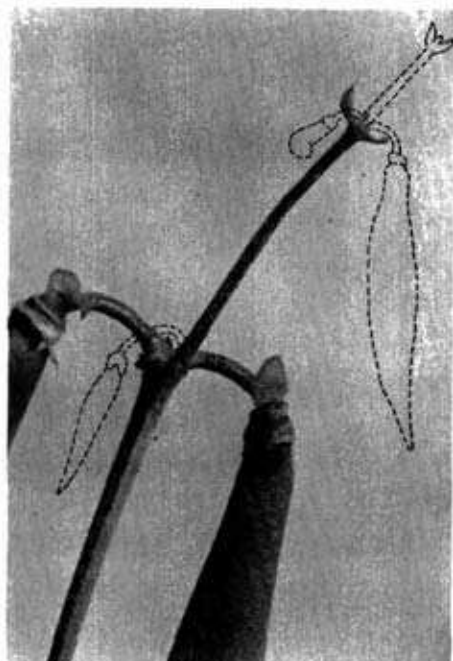


Figura 30. Desarrollo de la tríada floral.

El desarrollo y la estructura de la tríada se repite en todas las inserciones de la inflorescencia; teóricamente se pueden esperar más de dos o tres inserciones florales por racimo en el raquis, y más de dos vainas por cada inserción (Fig. 31). Sin embargo, como ya se explicó el completo desarrollo de esta estructura está limitado por procesos fisiológicos, especialmente de competencia, resultantes de la formación y llenado de vainas.



**Figura 31. Desarrollo teórico de la inflorescencia e inserciones florales.**

### Flor

La flor del frijol es una típica flor papilionácea. En el proceso de desarrollo de dicha flor se pueden distinguir dos estados; el botón floral y la flor completamente abierta.

El botón floral, bien sea que se origine en las inserciones de un racimo o en el desarrollo completamente floral de las yemas de una axila, en su estado inicial está envuelto por las bracteolas que tienen forma ovalada o redonda. En su estado final, la corola que aún está cerrada sobresale y las bracteolas cubren sólo el cáliz.

Cuando ocurre el fenómeno de antesis la flor se abre. La flor tiene simetría bilateral con las siguientes características (Fig. 32).

1. Un pedicelo glabro o subglabro con pelos uncinulados y en su base una pequeña bráctea no persistente, unilateral, llamada bráctea pedicelar.

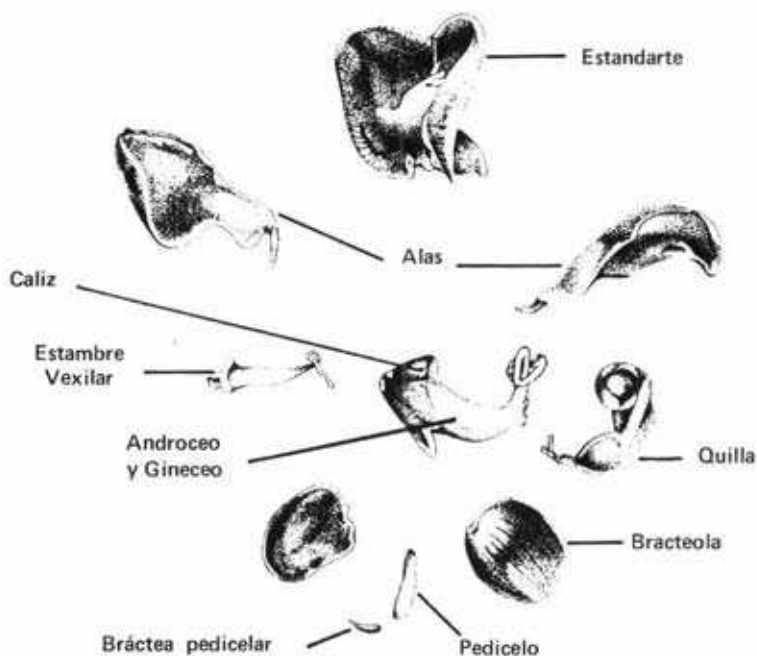


Figura 32. Componentes de la flor.

2. El cáliz es gamosépalo, campanulado, con cinco dientes triangulares dispuestos como labios en dos grupos, en la siguiente forma: dos en la parte alta completamente soldados y tres más visibles en la parte baja. En la base del cáliz hay dos bracteolas ovoides y multinerviales que persisten hasta poco después de la floración; ordinariamente de un tamaño equivalente a dos veces la longitud del cáliz.
3. La corola es pentámera y papilionácea, con dos pétalos soldados por su base y tres no soldados. En ella se pueden distinguir:
  - El pétalo más sobresaliente corresponde al estandarte y es uno de los no soldados; es glabro, simétrico, con un apéndice ancho y difuso en la cara interna. Puede ser de color blanco, verde, rosado o púrpura, pero nunca amarillo. En la mayoría de las flores de colores claros la corola se torna amarillenta después de la fecundación.
  - Dos alas cuyo color puede ser muy variado: blanco, rosado o púrpura. En general las alas son más oscuras que las otras partes de la corola; pero puede ocurrir también lo contrario, que el estandarte sea de un color más intenso que las alas.
  - La quilla presenta forma de espiral muy cerrada, es asimétrica y está formada por dos pétalos completamente unidos. La quilla envuelve completamente el androceo y el gineceo.

El androceo está formado por nueve estambres soldados por su base en un tubo y por un estambre libre llamado vexilar que se encuentra al frente del estandarte (Fig. 34).

El gineceo es supero e incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal. Debajo del estigma se puede observar una agrupación de pelos en forma de brocha (Fig. 33).

La morfología floral de *Phaseolus vulgaris* L. favorece el mecanismo de autopolinización. En efecto, las anteras están al mismo nivel que el estigma y además ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Cuando se produce la dehiscencia de las anteras (antesis) el polen cae directamente sobre el estigma.



Figura 33. Componentes del gineceo.

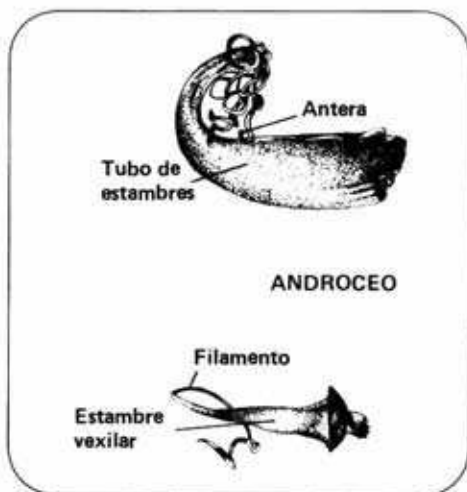


Figura 34. Componentes del androceo.

## Fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa.

Dos suturas aparecen en la unión de las dos valvas: una es la sutura dorsal, llamada placentar; la otra sutura se denomina sutura ventral (Fig. 35).

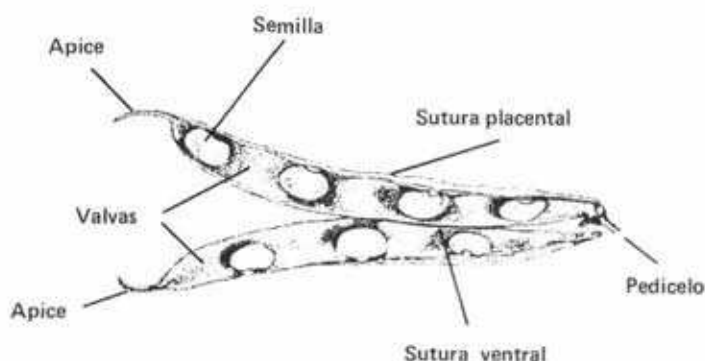


Figura 35. Fruto de la planta de frijol.

Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar; en consecuencia, las semillas también alternan.

Las vainas son generalmente glabras o subglabras con pelos muy pequeños; a veces la epidermis es pilosa (Fig. 36). Pueden ser de diversos colores, uniformes con rayas, existiendo diferencias entre las vainas jóvenes o estado inmaduro, las vainas maduras y las vainas completamente secas. El color depende de la variedad.

## Dehiscencia

La presencia de fibra en las suturas y en las capas pergaminosas adheridas a la superficie interna de las valvas determina la dehiscencia, carácter morfo-agronómico usado algunas veces para clasificar las variedades de frijol. La textura de la vaina permite considerar tres tipos de dehiscencia (Cuadro 2).

1. El tipo pergaminosa posee fibras fuertes y orientadas en la capa pergaminosa, induce una fuerte dehiscencia en la maduración. Las variedades con este tipo de dehiscencia son cultivadas exclusivamente para la cosecha de granos secos.
2. El tipo coriáceo es aquel en el cual se separan las dos suturas levemente sin que haya separación total de las dos valvas. Estas vainas se pueden consumir como habichuelas cuando están inmaduras, o como frijoles secos cuando están maduros.



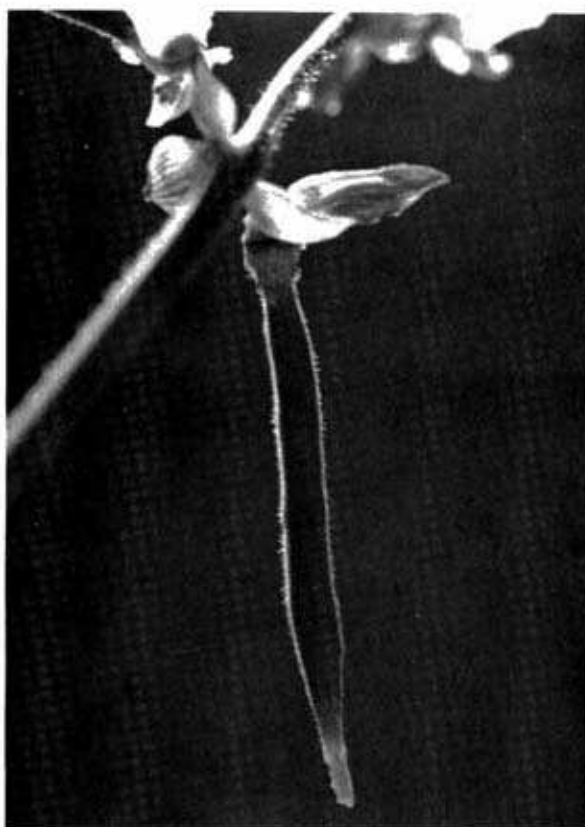


Figura 36. Pilosidad de la vaina.

Cuadro 2. Tipos de dehiscencia de acuerdo a la presencia de fibra.

Tipo Dehiscencia	Presencia de Fibra	
	Capa pergaminosa	Sutura
Pergaminosa	+	+
Coriáceo	+	-
Carnoso	-	-

3. En el tipo carnoso o no fibroso la vaina es casi indehisciente, las valvas no poseen fibra y se consumen como habichuela, ya que no presenta separación de las valvas a lo largo de las suturas.

### Semilla

La semilla es exalbuminosa es decir que no posee albumen, por lo tanto las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. Se origina de un óvulo campilótropo (Fig. 37). Puede tener varias formas: cilíndrica, de riñón, esférica u otras.

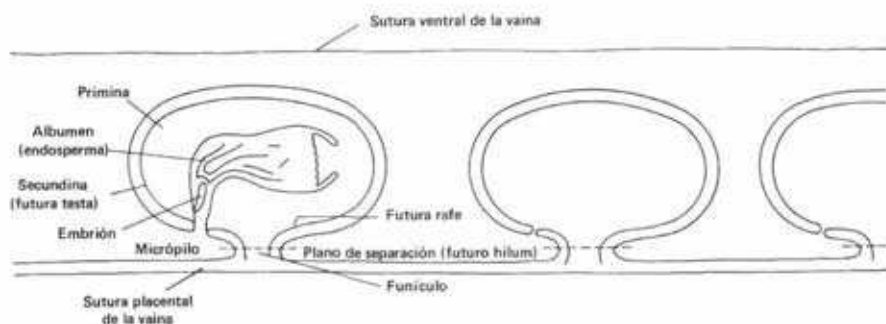


Figura 37. Esquema del óvulo campilótropo.

Las partes externas más importantes de la semilla son (Fig. 38):

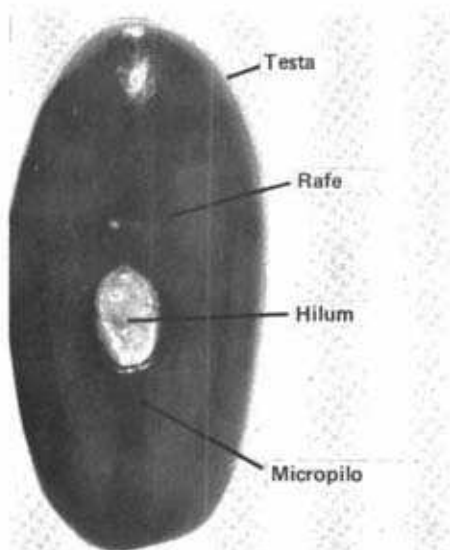


Figura 38. Partes externas de la semilla de frijol.

1. La testa o cubierta, que corresponde a la capa secundina del óvulo.
2. El hilum, o cicatriz dejada por el funículo, el cual conecta la semilla con la placenta.
3. El micrópilo que es una abertura en la cubierta o corteza de la semilla cerca del hilum. A través de esta abertura se realiza principalmente la absorción del agua.
4. La rafe, proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos del óvulo campilótropo.

Respecto a la posición de la semilla en la vaina, los micropilos están dispuestos en la dirección del ápice de la vaina y las rafes en la dirección del pedicelo.

Internamente la semilla está constituida solamente por el embrión el cual está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula (Fig. 39).

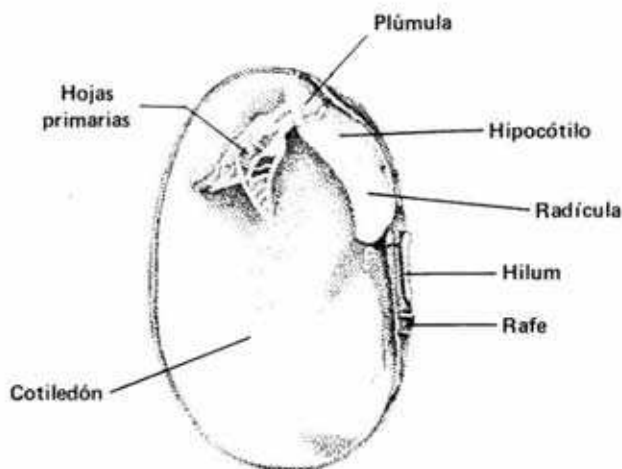


Figura 39. Composición interna de la semilla.

El complejo plúmula-radícula está situado entre los cotiledones, al lado ventral del grano de tal manera que la radícula está en contacto con el micrópilo. En el grano seco el complejo plúmula-radícula, ocupa solamente una parte muy reducida del espacio libre entre los cotiledones.

Calculado en base a materia seca de la semilla, la testa representa el 9%, los cotiledones 90% y el embrión el 1%.

La semilla tiene una amplia variación de color (blanco, rojo, crema, negro, café, etc.), de forma y de brillo. La combinación de colores también es muy frecuente. Esta gran variabilidad de los caracteres externos de la semilla se tiene en cuenta para la clasificación de variedades de frijol como consecuencia de la gran diversidad genética que existe dentro de esta especie.