



Guías para la regeneración de germoplasma

Frijol común

Jesús María Salcedo

Bioversity International, Oficina Regional para las Américas, Cali, Colombia



Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) pertenece a la familia de las leguminosas (Leguminosae). Se cultiva en muchos lugares del mundo y es uno de los principales componentes de la dieta humana en África y América Latina por su alto contenido de proteínas y micronutrientes como el hierro y el ácido fólico. Es uno de los cultivos económicamente más importantes de América Latina y es una fuente de ingreso para los pequeños agricultores (Pachico 1989).

Aunque el frijol común es principalmente autógamo, la literatura hace referencia a poblaciones silvestres y cultivadas en las que se han registrado polinización cruzada o hibridación natural. Ibarra-Pérez *et al.* (1997) reportaron tasas de polinización cruzada entre 0 y 85%. Si bien los casos de alogamia son esporádicos, mantener la integridad genética de la accesión requiere tomar algunas precauciones durante la regeneración, especialmente con las accesiones silvestres cultivadas en invernadero o en campo.

Selección del ambiente y la época de siembra

Condiciones climáticas

- El cultivo del frijol común se ve favorecido por temperaturas entre los 15 y los 27°C y puede tolerar hasta los 29.5°C.
- Las temperaturas altas (cerca o superiores a los 35°C) y el estrés hídrico durante la floración y el establecimiento de las vainas ocasionan el aborto de un gran número de inflorescencias e incluso de otras vainas en etapas tempranas de desarrollo.
- Las condiciones de cultivo ideales se dan con una pluviosidad entre los 350 y los 500 mm anuales y una humedad relativa baja para minimizar el riesgo de enfermedades bacterianas y fúngicas.

Época de siembra

- El frijol se considera un cultivo de clima cálido y es sensible a las temperaturas extremas. Las temperaturas bajas retardan el crecimiento de la planta, mientras que las temperaturas altas lo aceleran. En general, las plantas se adaptan mejor a los días cortos, son muy susceptibles a las heladas y necesitan una temperatura mínima promedio del suelo de 18°C para germinar bien.
- Siembre después de la última helada de la temporada. Al determinar la fecha de siembra, tenga en cuenta la duración del día y la temperatura para garantizar las condiciones más favorables para el cultivo.
- La mayoría de los tipos de frijol requieren un período de cultivo libre de heladas entre 85 y 120 días.

Preparación para la regeneración

Cuándo regenerar

- Cuando la existencia de semilla sea <1200 semillas
- Cuando el porcentaje de germinación haya descendido por debajo del 85% en la prueba inicial de germinación previa al almacenamiento o en el monitoreo periódico de viabilidad realizado cada 5 años
- Cuando se detecte que la semilla en existencia está infectada de hongos, bacterias y virus.

Selección de la parcela y preparación del suelo

- En general, el frijol común requiere suelos profundos y fértiles, de textura entre suelta a ligeramente compacta, con buenas propiedades físicas, un pH entre 5.5 y 6.5, y una topografía ondulada y con buen drenaje
- Prepare el semillero cuidadosamente y luego riéguelo antes de la siembra para que el suelo se humedezca de manera uniforme
- Para garantizar la floración, la altitud del área donde se siembre debe ser la misma, o muy similar, a la altitud de donde proviene cada material
- Para evitar problemas de enfermedades, no cultive frijol en el mismo campo en años consecutivos.

Regeneración en invernadero (foto 2)

- Se recomienda usar macetas de polietileno, de 8 litros de capacidad, como semillero para que haya espacio suficiente para el desarrollo radicular

- Si las macetas son reutilizadas, retire toda partícula de tierra con una brocha, lave las macetas meticulosamente con un desinfectante, enjuáguelas y déjelas en remojo en una solución de hipoclorito de sodio al 5% durante 5 minutos. Déjelas escurrir y arrúmelas para que se sequen.
- Llene las macetas con suelo estéril o un sustituto y apisone suavemente para asentar el suelo.
- Riegue el suelo cuidadosamente para asegurar que se humedezca todo y se asiente en la maceta. El nivel del suelo debe quedar a unos 3 a 5 cm por debajo del borde de la maceta para que el agua no se rebose.

Método para la regeneración

En lo posible, tome la muestra de semilla de la fuente original de manera que mantenga la integridad genética. El procedimiento requerirá un mínimo de 80 semillas, pero si no dispone de esta cantidad, como cuando el germoplasma ha sido donado, regenere con la cantidad de semilla que tenga en existencia.

En el caso de *P. coccineus* L., una de las pocas especies alógamas cultivadas de *Phaseolus*, que requiere polinización cruzada, si no dispone de suficiente cantidad de semilla para la regeneración, haga cruces entre plantas hermanas y polinice artificialmente para obtener una cantidad adecuada de semilla. Tenga en cuenta, sin embargo, que este procedimiento puede no resultar en una buena diversidad.

Distribución espacial de las parcelas, y densidad y distancia de siembra

- Siembre las semillas de frijol en hileras de 2 a 5 m de largo. Dependiendo del número de semillas por accesión que se vayan a sembrar, cada parcela puede tener entre 3 y 5 hileras (foto 3).
- Las variedades de frijol seco de tipo arbustivo se deben sembrar en hileras de 40 cm de largo, o se pueden sembrar en huecos en hileras estrechas para que llenen la hilera más rápidamente y su sombra impida el desarrollo de malezas
- Deje una distancia entre plantas de 20 a 30 cm y siembre tres semillas por hueco a una profundidad entre 3 y 5 cm
- En invernadero, siembre la semilla a una profundidad de 2 a 3 cm. Siembre tres semillas por maceta y elimine una de las plantas después de la germinación. Use 25 macetas (50 plantas) de cada accesión para garantizar diversidad genética.

Método de siembra

En campo

- Siembre manualmente para evitar el daño mecánico de la semilla
- Use una vara de bambú o de un material similar que sirva de tutor para las accesiones de hábito de crecimiento indeterminado (trepadoras)
- En las accesiones de hábito de crecimiento semitrepador o postrado, corte las lianas cuando estén muy vigorosas para evitar la conexión entre accesiones.

En invernadero

- Coloque la semilla en el suelo y presiónela con el dedo para hundirla, o use un escardillo para abrir el hueco donde irá la semilla
- Después de la siembra, riegue cuidadosamente para humedecer el suelo y la semilla.

Manejo del cultivo

Fertilización

- El frijol común responde bien tanto al fertilizante químico como al orgánico. Haga un análisis de suelo para determinar su estado de fertilidad
- Fertilice al momento de la siembra
- En general, se recomienda el uso de materiales orgánicos pues aumentan la población de microorganismos saprófitos y ayudan a reducir la incidencia de enfermedades en el cultivo.

Control de malezas

- Mantenga el semillero libre de malezas para favorecer el establecimiento de las plántulas. El momento más crítico se presenta entre los 15 y los 30 días después de la emergencia de las plántulas
- Si la mano de obra no es una limitante, elimine las malezas manualmente; de lo contrario, use herbicidas recomendados, especialmente los de acción preemergente
- Puede ser necesario desmalezar manual o mecánicamente hasta tres veces antes de que el dosel del cultivo cubra bien el suelo
- Después de la floración, evite el desmalezamiento, o manténgalo al mínimo, pues tiende a resultar en la pérdida de flores.

Raleo

- Ralee 2 semanas después de la emergencia de las plántulas o cuando la planta tenga cuatro hojas, dejando una plántula en cada estación. Esto se debe hacer cuando el suelo esté húmedo y suelto para poder arrancar las plantas fácilmente
- Tenga cuidado de no partir los retoños o lastimar el sistema radicular de las demás plántulas. Ralee durante las horas más frescas del día (temprano en la mañana o al final de la tarde) para no estresar tanto las plantas.

Riego

- Si la regeneración se hace en condiciones de secano, riegue durante los períodos de sequía. Si usa un sistema de riego por aspersión, tenga cuidado de no lastimar las flores
- Use riego por infiltración o por inundación una vez por semana durante 2 horas, y con mayor frecuencia durante la floración.

Plagas y enfermedades comunes

Contacte a sus especialistas en sanidad vegetal para que identifiquen los síntomas de plagas y enfermedades, y recomienden medidas de control apropiadas. A continuación se enumeran las plagas y enfermedades comunes del frijol:

- Gusano soldado o gusano de la remolacha, mosca minadora del tallo, chisa rizófaga, áfidos, minadores de las hojas, escarabajo africano de las vainas, barrenador del tallo, trips, y gorgojos
- Plagas de invernadero: mosca blanca (*Tialeurodes vaporariorum*), trips como el trip occidental de las flores (*Frankliniella occidentalis*) y el ácaro común o arañita de las leguminosas (*Tetranychus urticae*)
- Antracnosis (causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum* portado por la semilla)
- Mancha angular de la hoja, sarna o costra y añublo por *Ascochyta*
- Roya (causada por el hongo *Uromyces phaseoli*)

- Tizones o añublos bacterianos (causados por *Xanthomonas phaseoli*, *Pseudomonas phaseolicola*, *Xanthomonas fuscans* y *Corynebacterium flaccumfaciens*, entre otras bacterias)
- Virus del mosaico común del frijol (Bean common mosaic virus, BCMV) (causado por los virus del mosaico transmitidos por áfidos)

Control de plagas y enfermedades

- Siembre el frijol después de otras gramíneas como maíz, trigo o sorgo, y no después de soya o girasol para evitar enfermedades
- Revise semanalmente el campo y el invernadero para detectar insectos
- En invernadero, elimine las enfermedades controlando la frecuencia del riego en las plantas y verificando que el suelo o el medio de cultivo se hayan esterilizado antes de la siembra. El aumento de la humedad relativa (por ejemplo, con un sistema de nebulización) favorece los insectos predadores benéficos y perjudica las plagas como los ácaros.

Cosecha

- Coseche cuando las vainas estén secas, pero antes del desgrane. Las vainas maduras se pueden identificar porque suenan como una maraca al agitarlas y porque se tornan de color marrón. Coseche inmediatamente para evitar el daño por plagas.
- Coseche una accesión (parcela) a la vez, recolectando manualmente las vainas maduras de cada planta (foto 4) y colocándolas en bolsas de papel u otro recipiente apropiado, los cuales deben ir rotulados por fuera y por dentro con el número de la accesión.
- Junte las bolsas de cada accesión en una bolsa de tela (muselina) rotulada para el secado.

Manejo poscosecha

1. Cuando las condiciones ambientales no favorezcan el secado previo, use una cámara de secado con flujo de aire frío a una temperatura de 20°C y una humedad relativa de 35%. (Se puede improvisar la cámara de secado utilizando ventiladores corrientes para generar un flujo continuo de aire.)
2. Retire manualmente la semilla de las vainas secas para evitar dañar el embrión. Esto puede requerir abrir las vainas individualmente a mano o golpear suavemente la bolsa de muselina que contiene las vainas con una varilla pequeña
3. Elimine las semillas dañadas o inmaduras y descarte cualquier material vegetal extraño. Esto se puede hacer usando canastos y soplándolas al viento
4. Verifique la identidad de cada accesión comparando la semilla con la de la muestra original y con las imágenes fotográficas de las semillas que se sembraron (ver la sección "Monitoreo de la identidad de la accesión")
5. Revise visualmente el lote entero de semilla cosechada de cada accesión y cuente por lo menos 1220 semillas, que es la cantidad mínima requerida de cada accesión para el almacenamiento
6. Seque las semillas una segunda vez en cámaras de almacenamiento selladas y con una temperatura de 20°C y una humedad relativa del 20%. La semilla alcanzará un contenido de humedad cercano al 9%
7. Realice pruebas de viabilidad (50 semillas) y de sanidad (200 semillas) de la semilla
8. Empaque la semilla en recipientes plásticos sin fugas de aire y mantenga los recipientes a una temperatura de 5°C mientras espera los resultados de las pruebas de viabilidad y de sanidad de la semilla

9. Verifique que la viabilidad sea superior al 85%
10. Verifique que la semilla esté sana, libre de hongos, bacterias y virus
11. Realice un tercer secado en cámara de almacenamiento sellada a una temperatura de 15°C y una humedad relativa del 10%, donde la semilla alcanzará un contenido de humedad cercano al 6%. Otra alternativa es reducir el contenido de humedad de la semilla usando gel de sílice (en una proporción de 2:1 o 3:1) en gabinetes cerrados o en campanas de desecación si se trata de volúmenes pequeños de semilla
12. Verifique la humedad de cada accesión en hornos pequeños usando 1 g de semilla molida de cada accesión. El contenido de humedad también se puede determinar con métodos no destructivos utilizando medidores electrónicos de humedad
13. Empaque la semilla al vacío en paquetes de lámina de aluminio identificados con el código de barras y el número de la accesión, separando muestras para diferentes propósitos: 1) distribución, 2) colección base, 3) monitoreo periódico, 4) duplicado de seguridad y 5) devolución al país de origen.

Monitoreo de la identidad de la accesión

Compare las características de la semilla obtenida en el proceso de regeneración con la información de pasaporte y las características morfológicas registradas para la muestra original. Si requiere más detalles o si tiene dudas, use los descriptores estándar para frijol común (IBPGR 1982).

Principales características para tener en cuenta en plántulas y plantas maduras:

- Tipo de germinación (hipógea/epígea)
- Color del hipocótilo
- Hábito de crecimiento
- Días a la floración
- Color de la flor
- Tipo de vaina
- Altura

Principales características para tener en cuenta en semillas:

- Color predominante
- Color secundario
- Color terciario
- Forma de la semilla
- Peso de 100 semillas
- Brillo u opacidad de la semilla

Regeneración del frijol común silvestre

Las poblaciones silvestres del frijol común generalmente tienen semillas más pequeñas, las cuales, en algunos casos, aún tienen niveles de dormancia bastante altos y requieren condiciones más específicas para germinar. Antes de la siembra, someta la semilla a un proceso de pregerminación en condiciones de laboratorio.

- Desinfecte las semillas siguiendo un protocolo estándar: 1) póngalas en remojo durante 1 minuto en alcohol al 70%, 2) añada fungicida durante 10 min y 3) añada hipoclorito de sodio al 2.5% durante 5 min.

- Ponga a germinar las semillas sobre papel de germinación o sobre papel filtro, colocado en platos Petri, y coloque éstos en cabinas de germinación o en condiciones de laboratorio, a 30°C con 8 horas de iluminación y 16 horas de oscuridad
- Una vez hayan emergido la radícula y el meristemo apical, transfiera las plántulas a macetas plásticas con suelo estéril, ligeramente fertilizado
- Use invernaderos cerrados para eliminar el riesgo de polinización exogámica
- Separe las macetas entre sí, de 20 a 30 cm
- Dependiendo del hábito de crecimiento del material, se requieren ciertas condiciones para facilitar el buen desarrollo (por ejemplo los tipos trepadores necesitan hilos tutores, las plantas postradas requieren más distancia entre macetas, y los tipos arbustivos necesitan varas de madera de 80 cm de largo)
- Algunos materiales silvestres aún presentan dehiscencia precoz de las vainas. Cuando los frutos empiecen a madurar, revíselos diariamente para cosechar la semilla antes de que las vainas empiecen a abrirse y se pierda parte de la semilla
- El manejo poscosecha es igual al de los materiales cultivados.

Registro de la información durante la regeneración

Colecte la siguiente información durante la regeneración y regístrela en el sistema de documentación del banco de germoplasma:

- Nombre y datos georreferenciados o mapa del sitio donde se realizó la regeneración
- Nombre de la persona que tomó los datos
- Número de referencia del campo/la parcela/el vivero/el invernadero
- Número de la accesión: identificación de la población
- Referencia de multiplicaciones o regeneraciones previas (si no se conoce la generación)
- Preparación de los materiales de siembra (tratamientos previos)
- Fecha y densidad de siembra
- Distribución espacial de las parcelas en el campo
- Detalles sobre el manejo del cultivo en campo (riego; fertilización; control de malezas, plagas y enfermedades; estreses registrados; y otras prácticas)
- Condiciones ambientales del sitio de regeneración (altitud, precipitación, tipo de suelo, otras características)
- Emergencia en campo o invernadero (número de plantas germinadas)
- Número de plantas establecidas
- Número de días desde la siembra hasta la floración
- Sistema de cruzamiento
- Método de polinización controlada utilizado (método, número de plantas polinizadas)
- Fecha y método de cosecha
- Número de plantas cosechadas
- Cantidad de semilla cosechada
- Evaluación agronómica; características agromorfológicas
- Comparación con los materiales de referencia (registre todos los números de identificación o las referencias de las muestras tomadas de esta parcela de regeneración)
- Poscosecha (describa cualquier procedimiento relevante)

Referencias y lecturas adicionales

- Ibarra-Pérez FJ, Bahman E, Saines G. 1997. Estimation of outcrossing rate in common bean. *Crop Science* 37:60–65.
- IBPGR. 1982. Descriptor for *Phaseolus vulgaris* L. International Board for Plant Genetic Resources, Roma, Italia. Disponible en la dirección http://www.bioversityinternational.org/nc/publications/publications/publication/?user_bioversitypublications_pi1%5BshowUid%5D=2220. Disponible también en portugués en <http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/674.pdf>. (Vínculos válidos el 21 de octubre de 2008)
- Lewis G, Schrie B, Mackinder B y Lock M, editores. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Garden Publishing, Kew, Reino Unido. p. 592.
- McCormack J. 2004. Bean Seed Production. An organic seed production manual for seed growers in the Mid-Atlantic and Southern U.S. Disponible en: <http://www.savingourseeds.org>.
- Pachico D. 1989. Trends in world common bean production. In: Schwartz HF, Pastor-Corrales MA, editores. Bean production problems in the tropics. CIAT, Cali, Colombia. pp. 1–8.
- Rios M, Quirós J, Arias J, editores. 2003. Frijol. Recomendaciones generales para su siembra y manejo. Antioquia, Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica.
- Salcedo J, Debouck DG, Torres AM, Guevara C. 2006. Flow chart of operations for bean and tropical forage germplasm. Genetic Resources Unit files (Poster). CIAT, Colombia. Disponible en la dirección: <http://isa.ciat.cgiar.org/urg/showunitfiles.do?type=unitfiles&by=&collection>. (Vínculo válido el 21 de octubre de 2008).
- Welsh MM. 2008. Operations Manual for the Phaseolus Germplasm Collection. Western Regional Plant Introduction Station, Pullman, Washington, EE.UU. Disponible en la dirección: http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/ad_hoc/53481500PhaseolusGeneticStockCollection/USDA-ARS-WRPIS_Phaseolus_Operations_Manual.pdf (Vínculo válido el 21 de octubre de 2008).

Reconocimientos

El contenido científico de esta guía fue revisado por Molly Welsh, USDA Western Regional Plant Introduction Station, EE.UU., y Jaime Roberto Fonseca y Tereza Cristina de Oliveira Borba, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Brasil.

Cómo citar esta publicación

Salcedo, J.M. 2008. Guías para la regeneración de germoplasma: frijol común. En: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 10 pp.



1 Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en el invernadero.

Orlando Toro/CIAT

2 Regeneración de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en invernadero en CIAT, Palmira, Colombia.

Orlando Toro/CIAT

3 Parcelas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en campos de CIAT, en Tenerife, Colombia.

Orlando Toro/CIAT

4 Cosecha de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en campos de CIAT, en Tenerife, Colombia.

Orlando Toro/CIAT

