

42618

52

Tecnologías Poscosecha para Pequeñas Empresas de Semillas:

Demostración con Fríjol



COLECCION HISTORICA

CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical

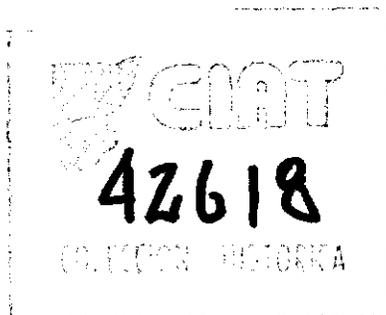

Semillas

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se dedica al alivio del hambre y la pobreza en los países tropicales en desarrollo, mediante la aplicación de la ciencia al aumento de la producción agrícola, conservando, a la vez, los recursos naturales.

El CIAT es uno de los 18 centros internacionales de investigación agrícola auspiciados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI).

El presupuesto básico del CIAT es financiado por más de 20 donantes, entre los que figuran gobiernos de países, organizaciones para el desarrollo regional e institucional, y fundaciones privadas. En 1992, los siguientes países son donantes del CIAT: Alemania, Australia, Bélgica, Canadá, China, España, Estados Unidos de América, Finlandia, Francia, Holanda, Italia, Japón, México, Noruega, el Reino Unido, Suecia y Suiza. Las entidades donantes incluyen el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), la Comunidad Económica Europea (CEE), la Fundación Ford, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de los donantes.



Documento de Trabajo No.115

TECNOLOGIAS POSCOSECHA PARA PEQUEÑAS EMPRESAS DE SEMILLAS:

DEMOSTRACION CON FRIJOL



Adriel E. Garay
Roberto Aguirre
Guillermo Giraldo
Edgar A. Burbano



Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
1992

2011

*Fotografía de la carátula, cortesía del Ing. Rigoberto Hidalgo, de la
Unidad de Recursos Genéticos del CIAT.*

Prefacio y Agradecimientos

Este trabajo presenta los resultados de la investigación realizada en el **Proyecto de Desarrollo de Sistemas de Semillas para Pequeños Agricultores**, llevado a cabo en el CIAT en colaboración con instituciones y proyectos de investigación, extensión, y semillas, especialmente en América Central y países del Pacto Andino, bajo el auspicio de la Cooperación Técnica Suiza (COTESU). Los resultados se presentan en forma de una metodología con el propósito de facilitar su utilización por los interesados. Esta información será útil para investigadores, extensionistas, semillistas, pequeños empresarios de semillas en formación, y otros encargados del manejo poscosecha en pequeña escala de frijol para semilla y granos comerciales en general. Aún cuando la demostración se hace para un solo cultivo, el objetivo de esta publicación es mostrar que es posible ajustar principios y métodos científicos modernos a las necesidades del manejo en pequeña escala que abundan en las comunidades agrícolas del mundo en desarrollo.

Los autores desean expresar su gratitud al CIAT y a COTESU por el interés que han puesto en el tema. A los funcionarios del Proyecto PROGETTAPS de Guatemala y PROTECA de Ecuador por su interés y evaluación de las metodologías a través de su participación activa en los seminarios y cursos sobre este tema. Algunos científicos han contribuido indirectamente a través de su constante estímulo para tratar este tema. Entre ellos sobresalen el Dr. Johnson E. Douglas (q.e.p.d.), quien recibió el Primer Premio Mundial de Semillas y se desempeñó como el primer Jefe de la Unidad de Semillas del CIAT; el Dr. Cilas Pacheco Camargo, quien se desempeñó como el segundo Jefe de la Unidad, y los líderes de los proyectos de Frijol en Centroamérica, Dr. Silvio Hugo Orozco y en los países Andinos, Dr. Guillermo E. Gálvez.

Agradecemos a todo el personal de la Unidad de Semillas del CIAT, quienes trabajaron con mucha dedicación en el diseño, elaboración, y evaluación de los equipos que aquí se presentan. Muy especialmente agradecemos al Dr. Edgar R. Cabrera de la Universidad del Estado de Mississippi, USA y al Dr. Silmar T. Peske de la Universidad Federal de Pelotas, Brasil, por la revisión técnica de esta publicación.

Contenido

Resumen	iii
I. Introducción	1
II. Naturaleza Biológica de la Semilla	3
III. Operaciones Específicas	6
1. Cosecha	7
2. Limpieza	18
3. Secamiento	21
4. Selección	32
5. Almacenamiento	41
6. Tratamiento	45
7. Diferenciación	47
IV. Manejo Integrado	51
Referencias Bibliográficas	56

Tecnologías Poscosecha para Pequeñas Empresas de Semillas: Demostración con Frijol

Adriel E. Garay *
Roberto Aguirre **
Guillermo Giraldo **
Edgar A. Burbano **

RESUMEN

Una de las dificultades para el desarrollo de pequeñas empresas productoras de semillas ha sido la carencia de métodos y equipos para el manejo poscosecha de semillas en pequeña escala. Desde 1987, la Unidad de Semillas del CIAT ha venido investigando y desarrollando métodos y equipos relevantes en esta escala para la cosecha, limpieza, secamiento, selección, almacenamiento, tratamiento, y diferenciación de semillas.

Los métodos propuestos hacen énfasis en la importancia de las medidas preventivas para lograr semillas de alta calidad, a bajo costo. Los equipos que aquí se presentan han sido diseñados y/o adaptados con características de buen desempeño, facilidad de construcción, y bajo costo.

Palabras claves: Manejo poscosecha, semilla, frijol, pequeña escala, pequeñas empresas.

* Miembro del Personal Científico, Unidad de Semillas, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

** Expertos en Semillas, Servicios Internacionales para Sistemas de Semillas Ltda. (SERVISEMILLAS), Apartado Aéreo 1678, Palmira, Colombia.

I. Introducción

La constante evolución de los sistemas nacionales de abastecimiento de semillas exige la búsqueda de nuevos conceptos, métodos, y equipos.

Los mercados desatendidos son pequeños, y exigen una mayor diversidad en términos de especies y variedades. Las empresas grandes tienen limitaciones técnicas y económicas para atender los mercados con estas características. Por tanto surge claramente la necesidad de fomentar el desarrollo de pequeñas empresas de semillas (PES) integradas a la investigación local y a los mercados de las comunidades agrícolas locales.

En la década de los 80 se llevaron a cabo varios proyectos de investigación orientados al desarrollo de sistemas de abastecimiento de semillas en situaciones de pequeños agricultores. Algunos de los esquemas propuestos fueron la producción artesanal de semillas (Ortíz, Trejo, 1980; Rosado, 1990 y 91), y los sistemas participativos (Fuentes, 1989; Rosado, 1990; IPRA, 1991). Proyectos nacionales e internacionales como PROGETTAPS, Guatemala; PROTECA, Ecuador; PROFRIZA, Países Andinos; PROFRIJOL, Centro América* promovieron la producción de semilla en diversas comunidades agrícolas. La característica común en estos esquemas es el manejo de semillas en pequeña escala, lo que ha creado una demanda de tecnologías de poscosecha apropiadas para las pequeñas empresas.

* PROGETTAPS = Proyecto de Generación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria y Producción de Semillas, PROTECA = Programa de Desarrollo Tecnológico Agropecuario, PROFRIZA = Proyecto de Frijol del CIAT para la Zona Andina, PROFRIJOL = Proyecto de Frijol del CIAT para Centro América y el Caribe.

A pesar del creciente interés (CIAT 1986, 1987, 1989), la información sobre metodologías y equipos para el manejo poscosecha en pequeña escala es muy escasa.

Consciente de esta necesidad, la Unidad de Semillas del CIAT ha venido investigando y desarrollando algunos métodos y equipos que permiten manejar pequeñas cantidades de semilla (1 t/día). Actualmente se cuenta con una unidad prototipo para el manejo poscosecha en pequeña escala. La información adquirida en CIAT, en San Gil (Fuentes, 1989) y en Pescador, Colombia (Ashby, 1991); y en Jutiapa, Guatemala (Rosado, 1990) ha servido para documentar los principios, métodos, y equipos que se describen en este documento. Otras informaciones procedentes del Asia (Rajbhandry, 1989) y Africa (comunicación personal) también contribuyeron a estimular la investigación en este campo.

El propósito de este documento es generar interés por las tecnologías para el manejo poscosecha de semillas en pequeña escala que serán útiles para las pequeñas empresas. El proceso se describe utilizando el frijol como ejemplo; pero con algunos ajustes, los métodos descritos son también relevantes para otros granos en general. En lo posible, se trata de evitar el uso de terminología científica semillista con el objeto de facilitar la comprensión y aplicación por parte de un mayor número de usuarios.

II. Naturaleza Biológica de la Semilla

Antes de definir las tecnologías de producción, es necesario entender la naturaleza biológica de la semilla. Aunque estructuralmente la semilla sexual es el mismo grano, funcionalmente aparecen diferencias importantes entre un grano común y una semilla.

Los granos se usan en la alimentación o en la industria; la semilla en cambio debe mantener su pureza varietal y debe dar origen a plantas sanas, vigorosas, y productivas. Para cumplir con esta función, la semilla debe contener atributos claves, los cuales se pueden clasificar en cuatro grupos generales: *genéticos, fisiológicos, fitosanitarios, y físicos.*

En consecuencia no todo grano es apto para ser semilla. El componente *genético* confiere a la semilla las características de la variedad a la que pertenece. Existen métodos adecuados para mantener la pureza varietal a través de los ciclos de producción. El componente *fisiológico* se ve afectado por el clima y las condiciones de manejo de la semilla durante la producción. Este componente es el principal responsable de la vida de las semillas y del vigor de las plántulas. El componente *fitosanitario*, en parte depende de la variedad, pero también depende del clima y del manejo que recibe el cultivo. El componente *físico* se relaciona con la presencia o ausencia de materiales extraños indeseables, tales como las semillas de malezas o el exceso de humedad. Estos cuatro componentes en conjunto definen la calidad de la semilla.

La anatomía de la semilla también merece un examen. En las especies leguminosas como el frijol, la semilla en su totalidad es un embrión. Su única protección es la cubierta (testa); por tanto, cualquier daño causado por el ambiente, los patógenos, los golpes, etc., afecta directamente a la futura planta.

I. Introducción

La constante evolución de los sistemas nacionales de abastecimiento de semillas exige la búsqueda de nuevos conceptos, métodos, y equipos.

Los mercados desatendidos son pequeños, y exigen una mayor diversidad en términos de especies y variedades. Las empresas grandes tienen limitaciones técnicas y económicas para atender los mercados con estas características. Por tanto surge claramente la necesidad de fomentar el desarrollo de pequeñas empresas de semillas (PES) integradas a la investigación local y a los mercados de las comunidades agrícolas locales.

En la década de los 80 se llevaron a cabo varios proyectos de investigación orientados al desarrollo de sistemas de abastecimiento de semillas en situaciones de pequeños agricultores. Algunos de los esquemas propuestos fueron la producción artesanal de semillas (Ortíz, Trejo, 1980; Rosado, 1990 y 91), y los sistemas participativos (Fuentes, 1989; Rosado, 1990; IPRA, 1991). Proyectos nacionales e internacionales como PROGETTAPS, Guatemala; PROTECA, Ecuador; PROFRIZA, Países Andinos; PROFRIJOL, Centro América* promovieron la producción de semilla en diversas comunidades agrícolas. La característica común en estos esquemas es el manejo de semillas en pequeña escala, lo que ha creado una demanda de tecnologías de poscosecha apropiadas para las pequeñas empresas.

* PROGETTAPS = Proyecto de Generación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria y Producción de Semillas, PROTECA = Programa de Desarrollo Tecnológico Agropecuario, PROFRIZA = Proyecto de Frijol del CIAT para la Zona Andina, PROFRIJOL = Proyecto de Frijol del CIAT para Centro América y el Caribe.

A pesar del creciente interés (CIAT 1986, 1987, 1989), la información sobre metodologías y equipos para el manejo poscosecha en pequeña escala es muy escasa.

Consciente de esta necesidad, la Unidad de Semillas del CIAT ha venido investigando y desarrollando algunos métodos y equipos que permiten manejar pequeñas cantidades de semilla (1 t/día). Actualmente se cuenta con una unidad prototipo para el manejo poscosecha en pequeña escala. La información adquirida en CIAT, en San Gil (Fuentes, 1989) y en Pescador, Colombia (Ashby, 1991); y en Jutiapa, Guatemala (Rosado, 1990) ha servido para documentar los principios, métodos, y equipos que se describen en este documento. Otras informaciones procedentes del Asia (Rajbhandry, 1989) y Africa (comunicación personal) también contribuyeron a estimular la investigación en este campo.

El propósito de este documento es generar interés por las tecnologías para el manejo poscosecha de semillas en pequeña escala que serán útiles para las pequeñas empresas. El proceso se describe utilizando el frijol como ejemplo; pero con algunos ajustes, los métodos descritos son también relevantes para otros granos en general. En lo posible, se trata de evitar el uso de terminología científica semillista con el objeto de facilitar la comprensión y aplicación por parte de un mayor número de usuarios.

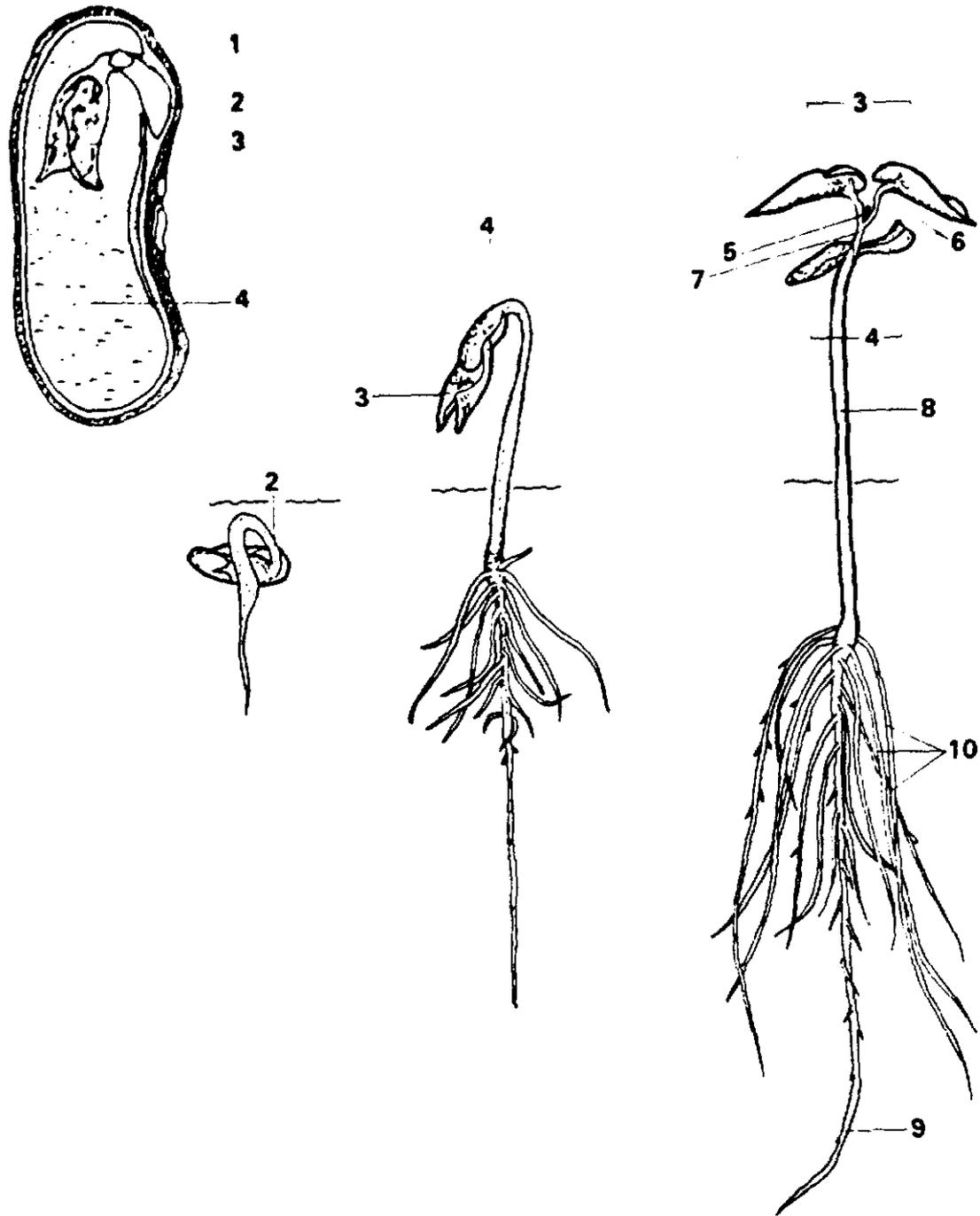


Figura 1. Estructuras esenciales de la semilla y de la plántula de frijol: 1-Testa, 2-Radicula, 3-Hojas primarias, 4-Cotiledones, 5-Yema apical, 6-Pecíolo, 7-Epicotilo, 8-Hipocotilo, 9-Rafz primaria, 10-Raíces secundarias. Tomado de: "Manual para evaluación de plántulas en análisis de germinación", (ISTA, 1979)

III. Operaciones Específicas

En el contexto de este documento la *producción de semillas* incluye las operaciones que se realizan en las fases de campo y poscosecha. La fase de poscosecha se inicia con la cosecha, continuando con las operaciones de limpieza, secamiento, selección, almacenamiento, tratamiento, y diferenciación.

La producción de semillas en *pequeña escala* no se debe confundir con la práctica tradicional del agricultor de guardar grano de la cosecha anterior para la siguiente siembra. Así sea en pequeña escala, la producción de semillas requiere de un conjunto de operaciones con fundamentos científicos. Es decir que requiere un grupo humano (empresa) especializado en su manejo. La diferencia con la producción en gran escala radica en el menor tamaño de la operación, lo que implica la utilización de una infraestructura y equipos acordes con la cantidad de semillas que se maneja y la utilización de recursos y materiales locales. Dependiendo del tamaño del mercado, la producción puede ir desde unas cuantas toneladas hasta algunos centenares de toneladas de semillas al año.

Las técnicas que se presentan son principalmente preventivas, para *evitar* en lugar de *corregir* errores, adaptando las tecnologías existentes, aprovechando los recursos disponibles a nivel local, y tratando de sistematizar la metodología, para llegar finalmente a un proceso integral que asegure la disponibilidad de semilla de buena calidad a un bajo costo.

En gran medida, la calidad de la semilla se obtiene antes de la cosecha. La eficacia de las operaciones de poscosecha depende de la eficacia de las actividades previas a la cosecha. En la fase de campo, además de un buen manejo agronómico es necesario enfatizar el mantenimiento de la pureza varietal y la protección contra enfermedades.

A continuación se presentan algunas alternativas técnicas para cada una de las operaciones de poscosecha utilizando el frijol como ejemplo.

1. COSECHA

Gran parte de los problemas del manejo poscosecha de las semillas en el trópico se puede atribuir al desconocimiento del proceso de maduración y a sus efectos en la calidad de la semilla. De allí la importancia del momento oportuno para cosechar.

- Madurez Fisiológica

Antes de terminar la fase reproductiva, etapa R-8 (CIAT, 1982), se observa un cambio de coloración de verde a verde-amarillento en hojas y vainas y los granos empiezan a pigmentarse del color típico de la variedad. En este momento el cultivo ha alcanzado su madurez (Foto 1). Es el momento en que la semilla alcanza su máximo peso seco, pero aún tiene un alto contenido de humedad (entre 30 y 50%), que implica serios daños físicos a las semillas si se trillara en esas condiciones.

El cultivo entra entonces en la Etapa R-9, durante la cual las vainas y las semillas se deshidratan en forma rápida o lenta, dependiendo de la humedad relativa ambiental, con la cual entran en equilibrio (Fotos 2 y 3). En este momento se considera que la semilla ha alcanzado la madurez de cosecha.



Foto 1. *Plantas de frijol en diferentes etapas de maduración: (izq.) madurez fisiológica; (centro) madurez de cosecha; (der.) deterioro de la planta.*



Foto 2. *Campo de frijol madurado en ambiente seco. Muestra plantas en madurez de cosecha y sin deterioro. Permite obtener semillas de alta calidad.*



Foto 3. *Campo de frijol madurado en ambiente húmedo. Muestra plantas deterioradas por el efecto del ambiente. Sus semillas mostrarán problemas fitosanitarios, deterioro y baja calidad.*

Un buen indicador de que se ha alcanzado la madurez de cosecha es la dehiscencia de la vaina cuando se presiona con la mano. A partir de este momento, la semilla entra en una fase de sobremaduración. La práctica de dejar las plantas en el campo por tiempos prolongados tiene efectos negativos ya que el ambiente (lluvia, calor, insectos, microorganismos, etc.) y el tiempo de exposición en el campo son factores que van a incidir negativamente en el rendimiento, el vigor, y la sanidad de la semilla.

- Epoca Oportuna de Cosecha

Después de la madurez fisiológica, si las condiciones agroclimáticas son secas, el frijol se deshidrata rápidamente y llega a la madurez de cosecha en un período breve. Esto conduce a un alto vigor y a un alto nivel de sanidad de la semilla. La deshidratación excesiva (<15% de las semillas) antes de la trilla las hace frágiles y vulnerables a los daños físicos durante la trilla y puede ocasionar la dehiscencia de las vainas antes de la cosecha.

En climas cálidos, de humedad relativa alta, y lluvias frecuentes, las plantas y las semillas no se deshidratan con facilidad; a veces, a pesar de una

prolongada permanencia en el campo, no llegan al nivel de humedad requerido para la trilla. Cada lluvia esporádica rehidrata la semilla lo cual hace que el productor deba esperar más tiempo antes de proceder a cosechar. La exposición prolongada de la semilla a dichas condiciones climáticas favorece el deterioro fisiológico y sanitario de la semilla (Ellis et al., 1976; Giraldo, 1991).

Está demostrado que las cosechas tardías inciden negativamente en el rendimiento neto de semilla, en el porcentaje de germinación y vigor, y en la contaminación con microorganismos patológicos y saprofitos (Figura 2, Foto 4) (Delouche, 1982; Giraldo, 1991). Por consiguiente, en climas adversos y variables la semilla debe salir del campo tan pronto como sea posible trillar.

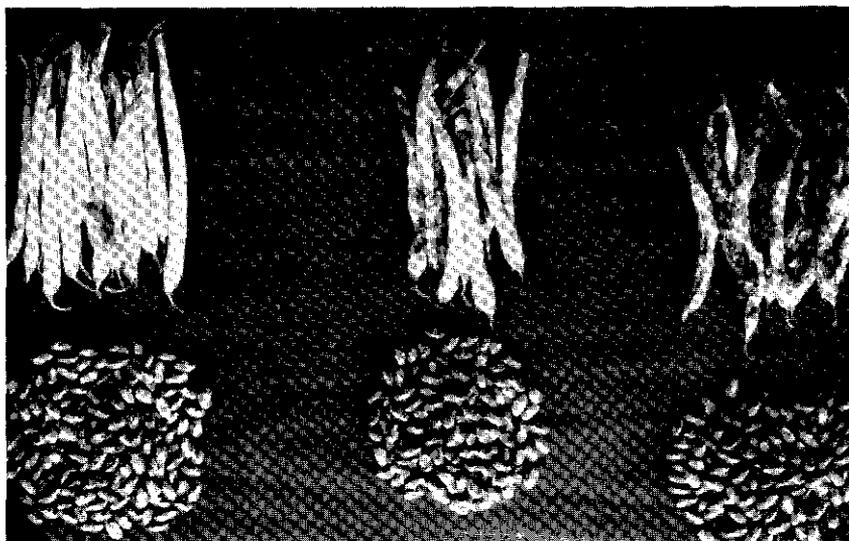


Foto 4. *Vainas y semillas de frijol cosechadas en diferentes etapas de maduración: (izq.) época oportuna de cosecha con alto porcentaje de semillas de alta calidad; (centro y der.) cosecha con retrasos, da origen a un alto porcentaje de semillas infectadas y de menor vigor.*

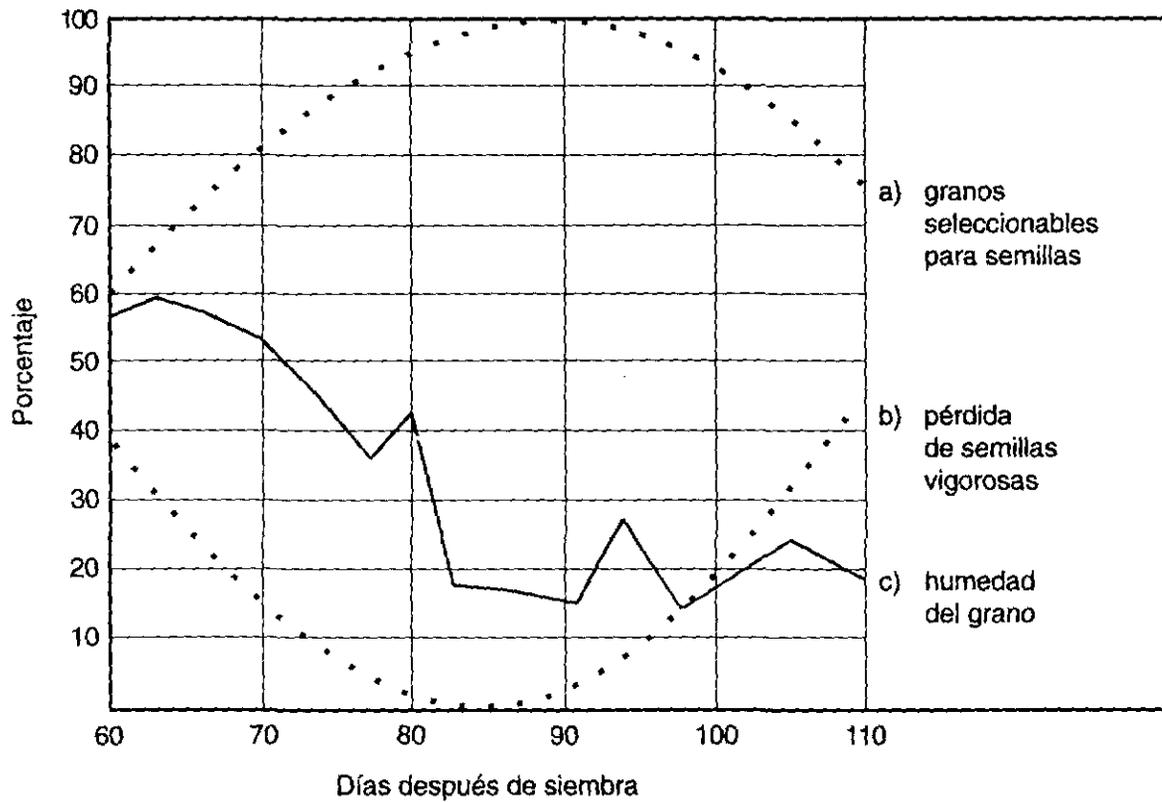


Figura 2. Consecuencias de las cosechas prematuras, oportunas y retrasadas en la cantidad (a) y calidad (b) de las semillas obtenidas de frijol calima. La cosecha oportuna (80-90 días) sería la tecnología más eficiente. Adaptado de Giraldo, 1991.

- Arranque o corte

En la producción de semillas en pequeña escala, la cosecha se hace en dos fases: a) arranque (o corte) y b) trilla.

El arranque es una práctica útil pues acelera la deshidratación de las plantas y semillas. En ambientes secos, es más práctico y económico dejar secar la semilla en pie tanto como sea posible. En algunos casos, se arranca las plantas tardíamente y se arruman sobre el suelo; en estas condiciones las vainas permanecen en contacto con la humedad del suelo, de las malezas, y del mismo follaje de la planta durante un tiempo excesivo, con lo cual se dificulta la deshidratación de la vaina y de la semilla. Existen evidencias prácticas (Rendón, 1989) que demuestran que las semillas de plantas arrancadas, y manejadas en estas circunstancias pierden calidad con mayor facilidad que las de plantas en pie.

Un esquema para prevenir el daño a la semilla por el exceso de humedad puede consistir en arrancar las plantas cuando la mayoría de las vainas (más del 85%) haya llegado a la madurez de cosecha, y dejarlas expuestas al sol para acelerar la deshidratación de vainas, hojas, y tallos.

Cuando el clima es variable y se anticipan lluvias repentinas, es preferible arrancar sólo la cantidad de plantas que es factible trillar ese mismo día. En días soleados, una planta en madurez de cosecha que haya sido arrancada por la mañana está en el punto de trilla por la tarde. En casos excepcionales, la trilla puede retrasarse uno o dos días.

Cuando la planta ha sido arrancada, las raíces pueden contaminar la semilla con tierra, piedras, etc. durante el proceso de la trilla, lo cual dificulta las operaciones siguientes. En algunas regiones los agricultores acostumbran cortar la planta a la altura del cuello; de esta forma se evita la contaminación con tierra y terrones, lo que además permite obtener semillas brillantes y de buena apariencia. Según datos obtenidos en la Unidad de Semillas, para el arranque se necesitan aproximadamente 30 horas-hombre/hectárea y para el corte 50 horas-hombre/hectárea.

Si las condiciones ambientales son lluviosas y es poca la cantidad de semilla cosechada, es posible secar colgando bajo techo los manojos de las plantas

arrancadas (Tapia, 1986). Debe recordarse que el secamiento antes de la trilla no tiene por objeto bajar hasta la humedad de almacenamiento ($\leq 13\%$), sino simplemente deshidratar las vainas y semillas hasta la humedad de trilla ($< 22\%$).

Como regla general, en condiciones agroclimáticas adversas cuanto más rápido se saque la semilla del campo, tanto mejor será su calidad. Por consiguiente, el uso de zonas y/o épocas apropiadas y el arranque oportuno de las plantas son prácticas útiles para obtener semillas en su nivel más alto de calidad fisiológica y sanitaria.

- *Trilla*

Por su forma, tamaño, anatomía, y estructura la semilla de frijol es sensible a los impactos o golpes. Cuando el contenido de humedad de la semilla es alto ($\geq 15\%$), su tejido es elástico y se aplasta o lesiona con facilidad al recibir un impacto; estos daños pueden no ser notorios a simple vista, pero los tejidos golpeados sufren lesiones internas. Por otro lado, las semillas muy secas ($< 15\%$) son frágiles y, al ser golpeadas, sufren fisuramiento de la testa y fracturas en los cotiledones o en el eje embrionario. Dependiendo de su severidad y de las partes afectadas, estos daños causan debilitamiento, anormalidades, o muerte de la semilla. Las lesiones y fracturas de la testa constituyen puertas de entrada para la humedad y los microorganismos comunes. Por consiguiente, la selección del método de trilla debe considerar no sólo la rapidez del proceso sino también la prevención de daños físicos.

La trilla se puede hacer de varias maneras. Un método tradicional consiste en colocar las plantas en arrumes sobre el piso (algunas veces sobre una lona) y golpearlas con garrotes (Foto 5). Se ha evaluado que la trilla con este método requiere de unas 45 horas-hombre/hectárea. Un sistema muy usado en Centro América es la trilla sobre una tarima llamada tapesco o garita, la cual se construye en un lugar adecuado en el campo, utilizando ramas de árboles y tallos de maíz o sorgo (Foto 6). Aprovechando esta idea, el CIAT ha desarrollado una mesa portátil para trillar y desbrozar en una sola operación (Foto 7). Consta de una plataforma rejillada con malla metálica que permite que todo grano desprendido de la vaina por el impacto del garrote, caiga por los orificios de la rejilla a una bandeja con malla de alambre. De este modo se disminuyen los daños a la semilla por los impactos repetidos y se remueve



Foto 5. *Trilla de frijol con garrote en el piso. Método tradicional que exige abundante mano de obra.*



Foto 6. *Trilla de frijol sobre un tapesco; método típico de los agricultores centroamericanos. Requiere abundante mano de obra y ocasiona bajo porcentaje de daño físico al grano.*

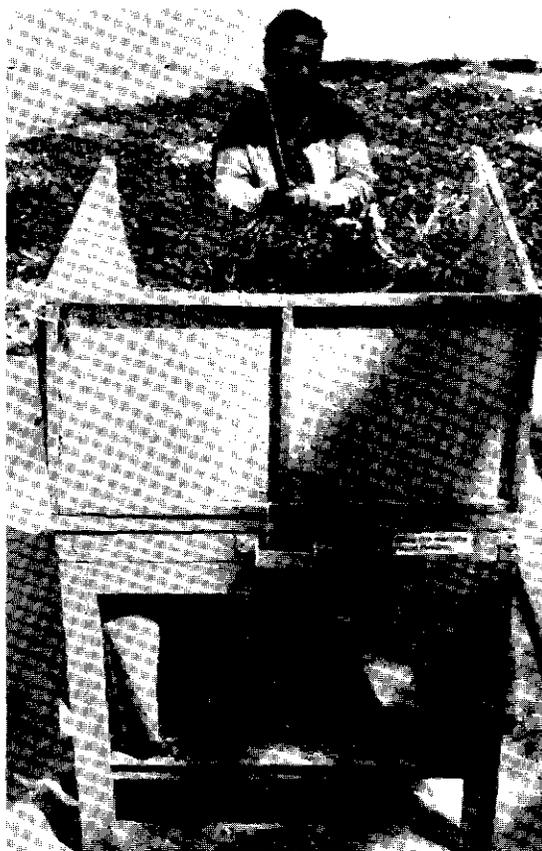


Foto 7. *Mesa para trilla-prelimpieza. Adaptación hecha del tapesco centroamericano por la Unidad de Semillas del CIAT. Incluye malla sobre plataforma para la trilla de granos; una zaranda inferior facilita la prelimpieza.*

gran cantidad de basura. La malla de alambre inferior permite recoger la semilla una vez ha sido trillada; de esta forma se facilita la prelimpieza de la semilla y su recolección. Se ha evaluado que este método de trilla-prelimpieza requiere de unas 50 horas-hombre/hectárea.

Entre los métodos de trilla mecanizados para uso en pequeña escala existen trilladoras estacionarias de martillos o dedos a motor (Foto 8). Estos equipos pueden ser apropiados o no, según el tamaño de la operación, el acceso al terreno, el daño físico causado a la semilla, la capacidad económica del productor, etc. Las trilladoras de martillos tienen mayor capacidad y requieren menos mano de obra (30 horas-hombre/hectárea), pero exigen un mayor entendimiento de la interacción entre la humedad de la semilla y las revoluciones del cilindro para evitar daños físicos; es decir, requiere una mayor especialización para darle un buen uso. En la práctica, las trilladoras de martillo a motor se fabrican para trillar grano para consumo y no necesariamente para trillar grano para semilla. Por tanto, se requieren cuidados especiales para evitar daños que resulten en pérdida de la calidad de las semillas.

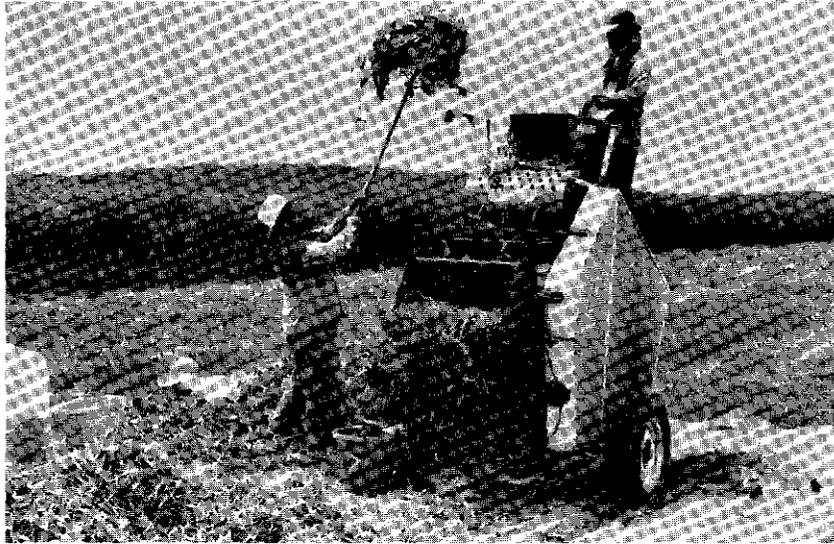


Foto 8. Trilladora estacionaria de martillos a motor. Disminuye la mano de obra y tiene una mayor capacidad. Requiere un cuidado riguroso para evitar daños físicos excesivos.

La Unidad de Semillas ha desarrollado una trilladora a motor que trilla por fricción y no por golpe. De esta manera se disminuye el daño físico a la semilla. Otra ventaja de la trilladora de fricción es que permite trillar en un amplio rango de humedad, lo cual es muy útil cuando las vainas no alcanzan a secarse debido al mal clima. La capacidad de la trilladora de fricción es de 150 kg/hora. (Foto 9).

- Determinación del daño físico

Normalmente sólo se tiene conciencia del daño físico cuando se ven granos totalmente partidos. En realidad, antes de llegar a ese nivel de severidad han ocurrido daños que pasan desapercibidos porque no saltan a la vista.

La magnitud de los daños físicos depende del método de trilla y del contenido de humedad de la semilla; la determinación de estos daños físicos es muy importante para poder evaluar y modificar los métodos de trilla. Un modo sencillo para detectar fisuras y daños en la testa de la semilla de frijol consiste

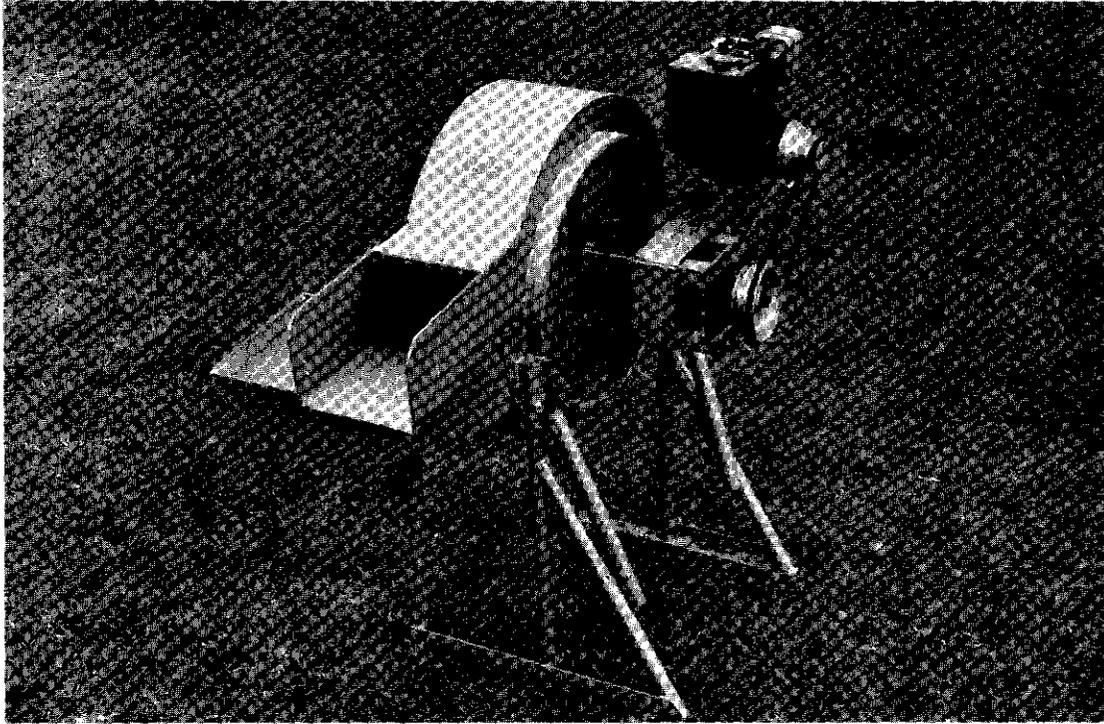


Foto 9. Trilladora de fricción a motor. A diferencia de la trilladora de martillos, no desgrana por golpe sino por fricción, causando menos daño físico a la semilla.

en colocar 100 semillas en un vaso con agua; pasados 15 minutos, la testa de las semillas que no han sufrido daño, estará arrugada pero entera. La testa de las semillas con daño se habrá separado de los cotiledones, indicando que la testa estaba fisurada. Después de la imbibición también será fácil observar las testas con fisuras. En términos prácticos, cuando hay menos del 5% de granos con cáscara fracturada, el método de trilla es adecuado. Si se encuentran entre 5 y 15% de granos dañados, se debe corregir inmediatamente el método. Los lotes con daños del 15% o más no son apropiados para ser utilizados como semilla. Las semillas que han sufrido fracturas presentan anomalías típicas en su fase de germinación, tales como ausencia de la raíz principal, ausencia de uno o ambos cotiledones, cotiledones fracturados, ausencia de la yema apical, ausencia de una o ambas hojas primarias, etc.

La experiencia obtenida en la Unidad de Semillas indica que la trilla sobre el piso, sobre una mesa de trilla, o con la trilladora de fricción causan poco daño físico a las semillas (<5%), mientras que las trilladoras de martillos a motor pueden causar mayor daño. Cuando su uso no es adecuado el daño puede alcanzar niveles superiores al 30%.

La cosecha de las semillas debe hacerse durante la madurez de cosecha y tan pronto como sea posible. En la trilla, se debe evitar causar daños físicos a las semillas, pues estos son irreversibles y disminuyen la calidad de la semilla. Para la trilla de pequeñas cantidades de semilla los métodos de trilla en piso o sobre la mesa de trilla son apropiados. Si se utiliza trilladoras a motor se debe evaluar cuidadosamente la máquina y operar evitando los daños físicos.

2. LIMPIEZA

Los restos de cosecha tales como raíces, hojas, vainas, tallos, polvo, tierra, etc., es necesario removerlos mediante la limpieza, con el fin de facilitar el secamiento y las operaciones posteriores.

El sistema tradicional de limpieza es el venteo, el cual utiliza el viento natural para remover los materiales más livianos (Foto 10). Este método tiene algunas desventajas: a) sólo opera cuando hay viento; b) no es posible regular la velocidad del viento; c) su eficacia y capacidad (aproximadamente 100 kg/h) son bajas; d) es incómodo para el trabajador.

Una máquina sencilla, desarrollada en el CIAT, permite generar manualmente una corriente de aire (Foto 11), resolviendo de esta manera las deficiencias del venteo natural.

Otro equipo, también desarrollado en el CIAT, está construido con tubería de PVC y utiliza una corriente de aire. El equipo, denominado limpiadora neumática ha presentado buen desempeño, con resultados de pureza física



Foto 10. Método tradicional de limpieza utilizando el viento natural. Lento e incómodo.

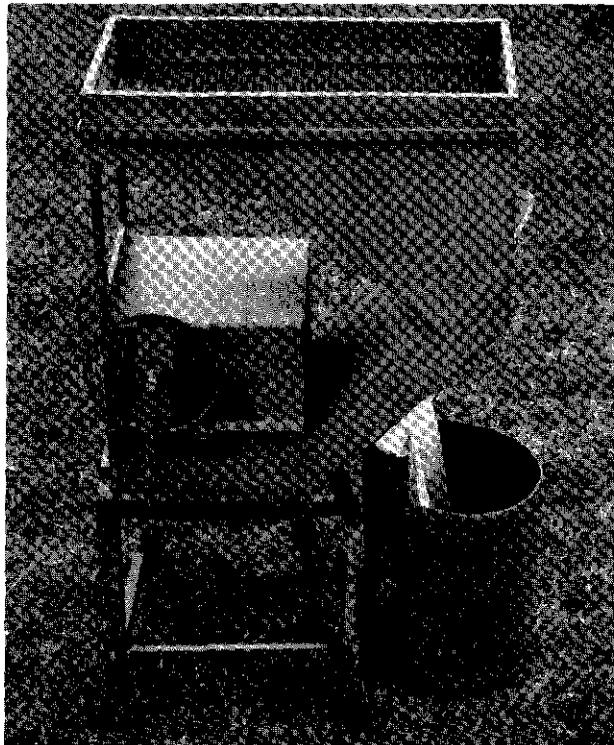


Foto 11. Limpiadora neumática manual; modelo desarrollado en la Unidad de Semillas del CIAT. El ventilador funciona accionado por una manivela.

final de 97.9%, y con capacidades hasta de 800 kg/h. La corriente de aire de esta venteadora puede ser generada con un ventilador accionado por un motor eléctrico (Foto 12) o se puede aprovechar el ventilador de las bombas fumigadoras con motor a combustión. El equipo remueve en forma muy eficaz aquellos materiales livianos como pedazos de tallos; hojas; vainas; insectos; o semillas inmaduras, podridas, o partidas; etc. (Foto 13), dejando los materiales más pesados, como son semillas, piedras, y terrones. (Aguirre, 1990). Las piedras y terrones se remueven posteriormente durante el proceso de selección.



Foto 12. *Limpiadora neumática a motor. Modelo desarrollado en la Unidad de Semillas del CIAT. Permite utilizar corrientes de aire generado por diversos tipos de ventiladores.*

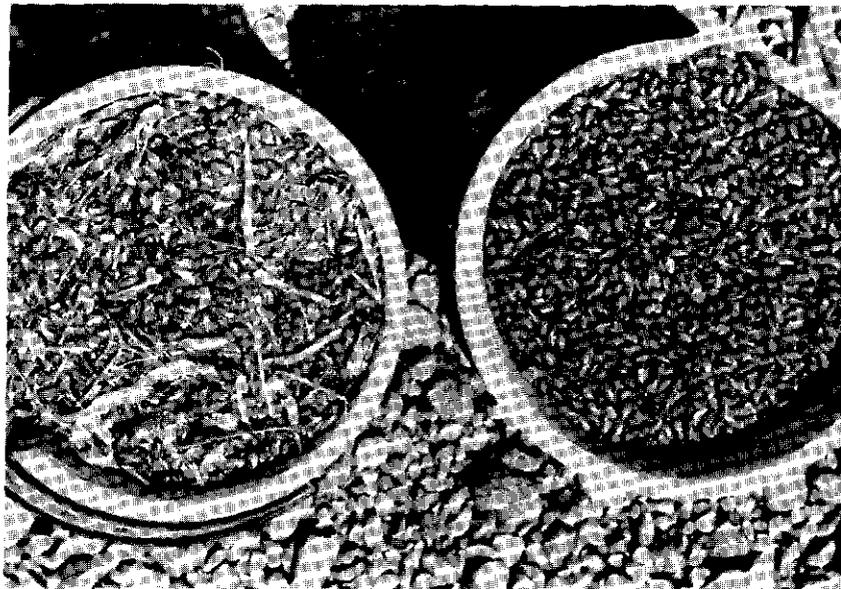


Foto 13. *Semilla de frijol, antes y después de la limpieza con la limpiadora neumática a motor. La semilla limpia supera el 97% de pureza física.*

La limpieza facilita el secamiento de las semillas. Debe hacerse rápidamente con el fin de empezar a secar las semillas lo más pronto posible.

3. SECAMIENTO

La semilla húmeda respira activamente. Este proceso de respiración consume las reservas nutritivas de la semilla y genera calor, agua, y anhídrido carbónico. En una masa de semillas húmedas, el agua liberada en el proceso de respiración incrementa la humedad relativa del aire en los espacios entre granos, creando un ambiente propicio para la proliferación de microorganismos. La misma masa de semillas impide la migración del calor al ambiente exterior, ocasionando el calentamiento de las semillas y acelerando el proceso de respiración, con lo cual se incrementa el proceso de deterioro de las semillas. El método más práctico para prevenir todos estos riesgos es el secamiento. Si la semilla tiene un contenido de humedad mayor del 13% es necesario secarla (Garay, Aguirre y Giraldo, 1989).

El secamiento se basa en la propiedad higroscópica de la semilla y del aire que la rodea. El contenido de humedad de las semillas depende en gran medida de la humedad relativa del aire. La Tabla 1 presenta el contenido de humedad al cual se equilibran las semillas de frijol con el aire que las rodea, en función de la temperatura y de la humedad relativa.

En la Tabla 1 se observa que entre menor sea la humedad relativa del aire, menor será la humedad de la semilla. Para que las semillas de frijol bajen a humedades inferiores al 13% deben estar en ambientes con humedades relativas inferiores al 60%. En regiones secas la humedad relativa del aire es baja y el aire en estas condiciones secará las semillas. Por el contrario, cuando la humedad relativa del aire es alta (mayor de 60%) la humedad de la semilla tenderá a alcanzar niveles superiores al 13%. En estas situaciones para poder secar las semillas es necesario calentar el aire utilizando fuentes artificiales de calor.

Otro factor importante es el movimiento del aire. Si la capa de semillas es delgada (menos de 5 cm), el aire puede pasar naturalmente a través de ella; pero si es muy gruesa, es necesario forzarlo a pasar utilizando ventiladores.

- Métodos de secamiento

Un método tradicional de secamiento consiste en exponer la semilla al sol sobre una superficie. Este sistema es de fácil implementación. Normalmente se coloca la semilla sobre un piso de cemento o una lona (Foto 14). En suelos húmedos es necesario colocar la semilla sobre un material impermeable al vapor de agua, como por ejemplo plástico u otro material similar.

Un método de secamiento natural exitoso muy utilizado con el café en Colombia son las plataformas con techo movible sobre rieles. Las semillas se exponen al sol sobre la plataforma y se remueven periódicamente. De noche y en casos de lluvia, se corre el techo para cubrir la semilla (Foto 15).

Un método similar es el secamiento en bandejas con fondo de malla. Las bandejas deben quedar suspendidas (Foto 16) a una altura cómoda para el trabajador (1 m), para aislar la semilla de la humedad del suelo, y facilitar el

Tabla 1. Contenido de humedad de semillas de frijol en equilibrio con aire a diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa.

HR (%)	TEMPERATURA (°C)		
	15	25	35
30	8.8	8.5	8.2
35	9.4	9.0	8.7
40	10.0	9.6	9.2
45	10.6	10.2	9.8
50	11.3	10.8	10.4
55	12.0	11.5	11.1
60	12.8	12.3	11.9
65	13.7	13.2	12.8
70	14.8	14.3	13.8
75	16.1	15.6	15.1
80	17.6	17.1	16.7
85	19.5	19.1	18.6
90	21.8	21.4	21.1

Tomada de Aguirre y Peske, 1988.

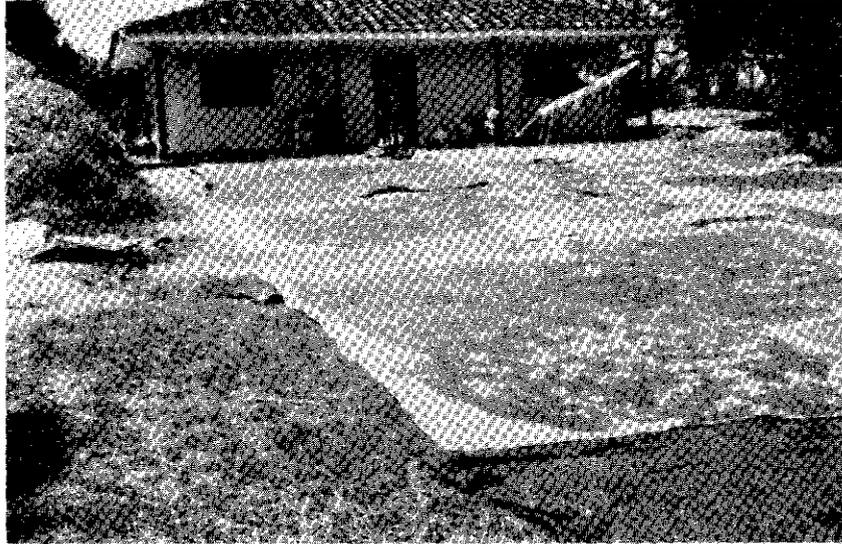


Foto 14. *Secamiento tradicional sobre el piso. El método es laborioso y puede ser mejorado utilizando lonas impermeables que impidan la migración de la humedad del piso hacia la semilla.*



Foto 15. *Secador de bandejas utilizado por los cafeteros. Nótese el techo y las bandejas que son corredizas con el fin de proteger rápidamente el grano en caso de lluvia.*

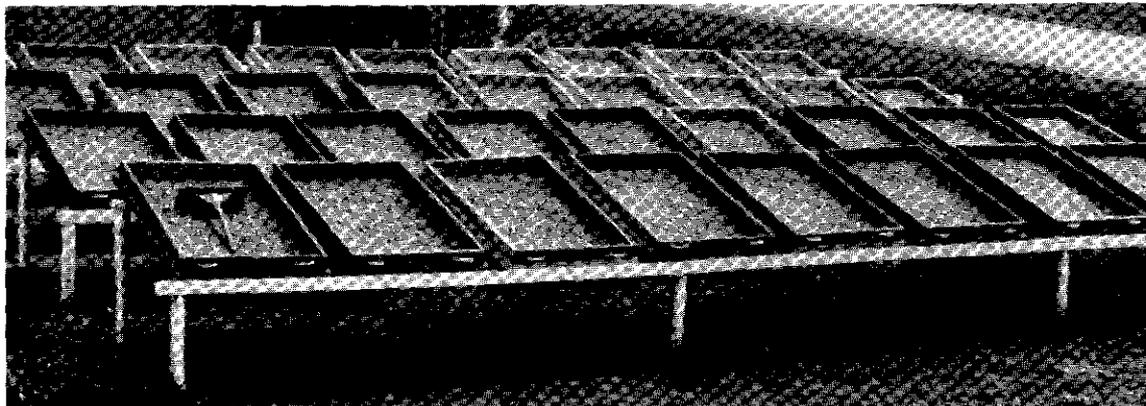


Foto 16. Secamiento natural en bandejas de malla suspendidas. El método facilita la distribución y recolección. La capacidad depende del número de bandejas de que se disponga.

movimiento de aire por debajo de la bandeja. Este método expone la capa de semillas al aire tanto por la parte superior como por la inferior, permitiendo que este fluya a través de la masa de semillas, lo cual aumenta la extracción de humedad. En pruebas comerciales, en un día soleado este método permite bajar de 18% a 13% de humedad en un día. En un ambiente soleado, con una temperatura ambiental de 30°C, la semilla expuesta al sol puede alcanzar temperaturas superiores a los 40°C. Para evitar este sobrecalentamiento es necesario revolver las semillas periódicamente.

Para que seque, la semilla no tiene necesariamente que estar expuesta al sol; lo importante es que el aire seco pase a través de la capa de semillas. Por lo tanto, una capa delgada de semillas se puede secar incluso en la sombra, durante la noche, o en un fin de semana, aún sin la atención del operario (Foto 17). Se recomienda que el espesor de la capa sea ≤ 5 cm lo cual dará una capacidad de 35 kg/m².

Cuando se manejan mayores cantidades de semilla y/o cuando se necesita un método de secamiento independiente del ambiente natural, el secamiento con aire forzado es una alternativa. Este método es utilizado en empresas grandes y puede ser adaptado con facilidad para la producción en pequeña escala. El secador consta de tres partes esenciales: un ventilador, para mover el aire; una fuente de calor, cuando se necesita calentar el aire; y un depósito para la

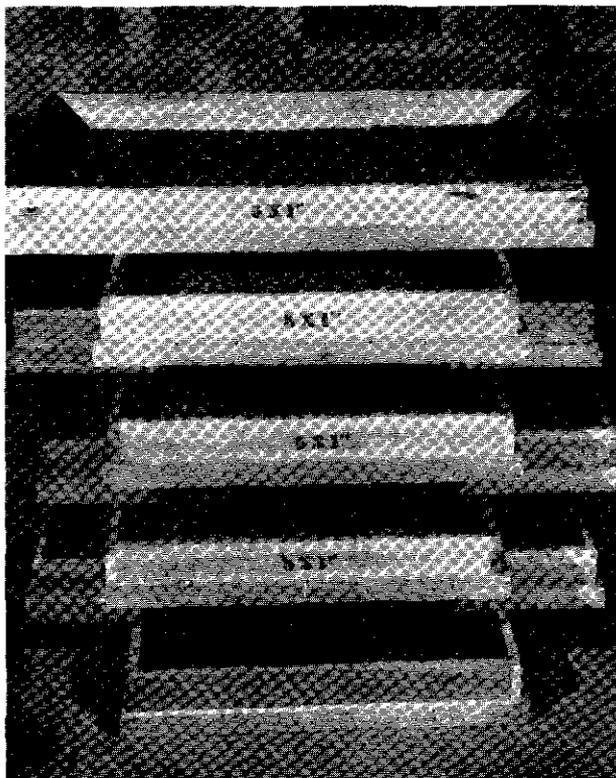


Foto 17. Secamiento en bandejas bajo techo. Capas delgadas de semillas colocadas sobre bandejas evitan el calentamiento. Cuando el aire natural es seco, también permite secar.

semilla. Si la humedad relativa del aire es baja ($\leq 60\%$), lo cual ocurre en regiones secas, en épocas secas del año, o durante ciertas horas del día, puede no ser necesario calentar el aire. Independientemente del tamaño del secador, el espesor o altura de la capa de semillas no debe ser superior a 1 m, lo cual da una capacidad de secamiento de 700 kg/m^2 de secador.

En el CIAT se han adaptado varios de estos secadores (Foto 18). Uno de ellos utiliza el aire caliente atrapado en la cámara formada por el techo y el cielo raso. El aire caliente atrapado en la cámara es llevado por un ducto al ventilador del secador. En días soleados se logra utilizar este aire calentado naturalmente para el secamiento de la semilla. Durante la noche, cuando aumenta la humedad relativa, se requieren otras fuentes de calor tales como resistencias eléctricas o quemadores de carbón, gas, madera, cáscara de arroz, etc. Los recipientes para las semillas pueden ser construidos en madera, ladrillo, cemento, metal, etc. El piso debe ser una superficie de malla metálica o plancha metálica perforada que permita el paso del aire pero no de la semilla. El piso puede ser horizontal o inclinado para facilitar el vaciado de las semillas.

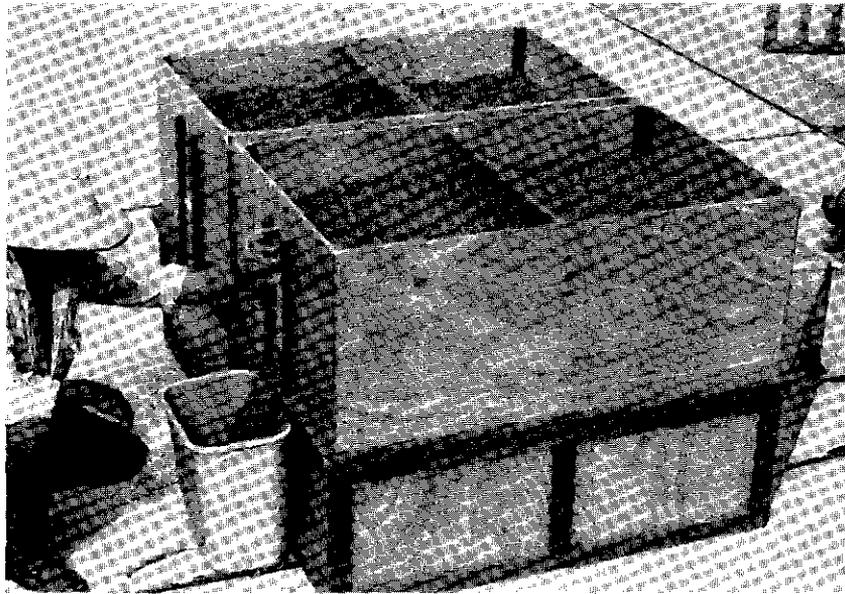


Foto 18. *Secadora portátil de aire forzado. La fuente de aire es un ventilador, la fuente de calor puede ser diversa. Los silos pueden ser de madera. Un secador con un ventilador de 1 H.P. permite secar 1 tonelada por tanda.*

Se recomienda que la temperatura del aire no exceda los 40°C. Para asegurar que la velocidad de secamiento sea adecuada, se debe utilizar un caudal de aire del orden de los 10 m³ de aire/minuto/tonelada de semillas.

El secamiento de la semilla es una actividad obligatoria. Toda semilla cosechada que tenga más del 13% de humedad se debe secar inmediatamente. En regiones con baja humedad relativa (< 60%), la semilla se puede secar naturalmente en el campo aún antes de la trilla; en regiones con alta humedad relativa (≥ 60%), es necesario contar con otras alternativas para poder secar oportunamente hasta niveles de bajo riesgo (≤ 13%).

- Determinación de la humedad

La humedad de la semilla es un factor de preocupación constante a partir de la fase de maduración. Por consiguiente, es necesario contar con métodos prácticos para estimar el contenido de humedad en campo.

Los métodos más utilizados para medir el contenido de humedad de las semillas son el horno y los probadores electrónicos (Burbano, 1991b). El horno es un método estandarizado y confiable (Foto 19). Los probadores electrónicos son prácticos y algunos son portátiles y permiten estimar la humedad de la semilla en el campo (Foto 20).

Sin embargo, si no se dispone de estos equipos, el contenido de humedad de las semillas se puede estimar con otros métodos. El método del aceite caliente permite obtener resultados confiables y no es costoso. La práctica consiste en colocar una muestra de 100 g de semilla durante 5 min en aceite caliente (a una temperatura de 180°C, hasta que el aceite comience a humear). A esta temperatura, el agua contenida en la semilla sumergida se evapora; el peso perdido (en gramos) indica directamente el porcentaje de humedad de la semilla.



Foto 19. Horno para secar muestras con el fin de determinar el contenido de humedad de la semilla.

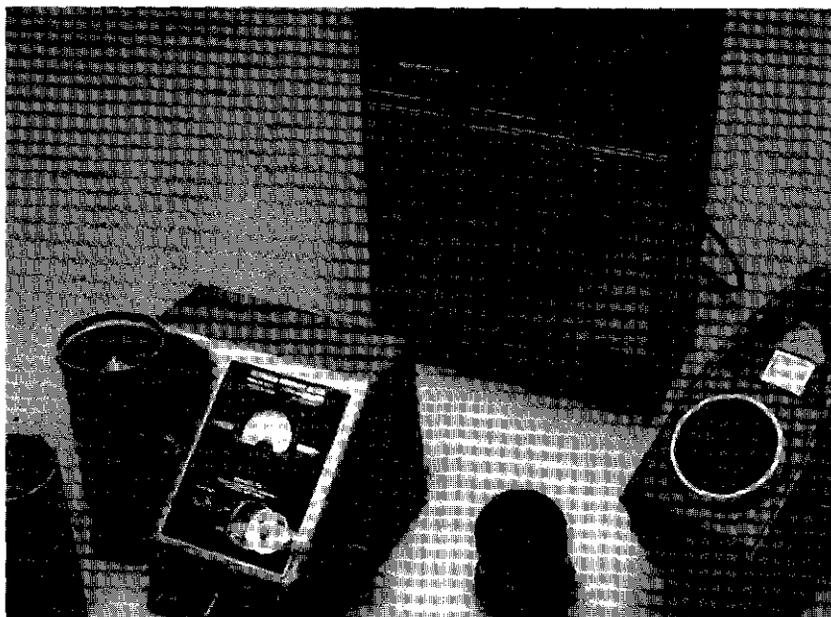


Foto 20. Algunos de los equipos electrónicos utilizados para determinar el contenido de humedad de la semilla.

La Unidad de Semillas ha venido estudiando las características higroscópicas de la sal común y de las semillas para desarrollar un método sencillo que pueda ser utilizado por el agricultor para determinar contenidos de humedad. Básicamente el método consiste en lo siguiente: se lava y seca bien un recipiente mediano (250 cc) de vidrio, que tenga tapa. Utilizando la tapa para medir, se colocan en el frasco 7 porciones de semilla por 1 porción de sal común de mesa (NaCl), la cual ha sido previamente secada al sol o en estufa durante 10-15 minutos. Se tapa el recipiente, se mezclan la sal y la semilla durante 15 seg y se espera 20 min. Al cabo de este tiempo, se observa la reacción: si la sal no se encuentra adherida a las paredes del frasco, la semilla tiene un contenido de humedad por debajo del 13% (Foto 21) (Burbano, 1991b).

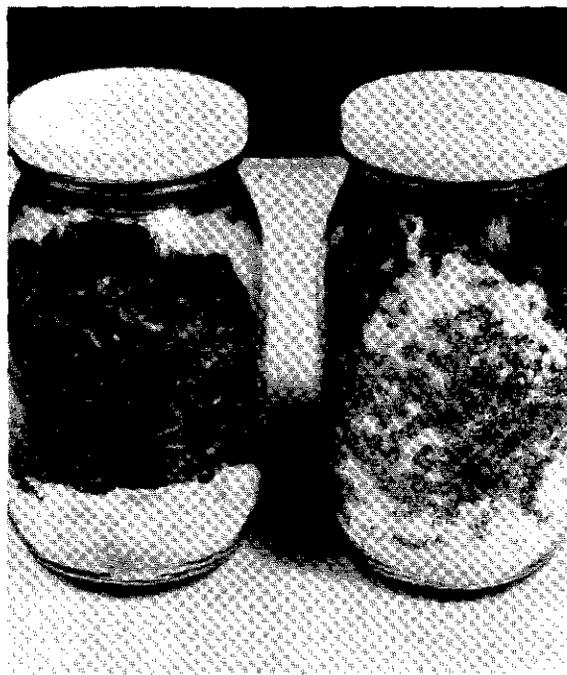


Foto 21. *Estimación de humedad con base en la higroscopicidad de la semilla. Semilla seca ($< 12\%$) (izq.) y semilla húmeda ($\geq 13\%$) (der.). La semilla húmeda ($\geq 12\%$) libera humedad. Esta humedad es absorbida por la sal, la cual se humedece y se adhiere a la pared interna del vidrio. Esto no ocurre con semillas secas ($< 12\%$).*

Otra opción práctica es usar el método tradicional del agricultor. Cuando se habla de humedad del grano, no existe agricultor que resista la tentación de hundir la uña o poner el grano entre sus dientes para probar la dureza (resistencia a la presión). Si la semilla está húmeda ($> 13\%$ de humedad), la uña o el diente dejan marcas visibles en la testa de la semilla; por el contrario si la semilla está seca ($\leq 13\%$ de humedad), la uña o el diente no dejarán marca visible de la presión ejercida (Foto 22). Estas reacciones son consistentes con las variaciones de resistencia de los tejidos de la semilla según los cambios en su contenido de humedad (Burbano, 1991b).

En casos donde no hay probadores de humedad, estos indicadores prácticos, aún cuando no fueren precisos, son de gran utilidad. Como regla práctica, cuando la semilla se ha secado hasta llegar a una consistencia dura que no permite dejar marca con la uña, su humedad está en un nivel que implica bajo riesgo de deterioro.

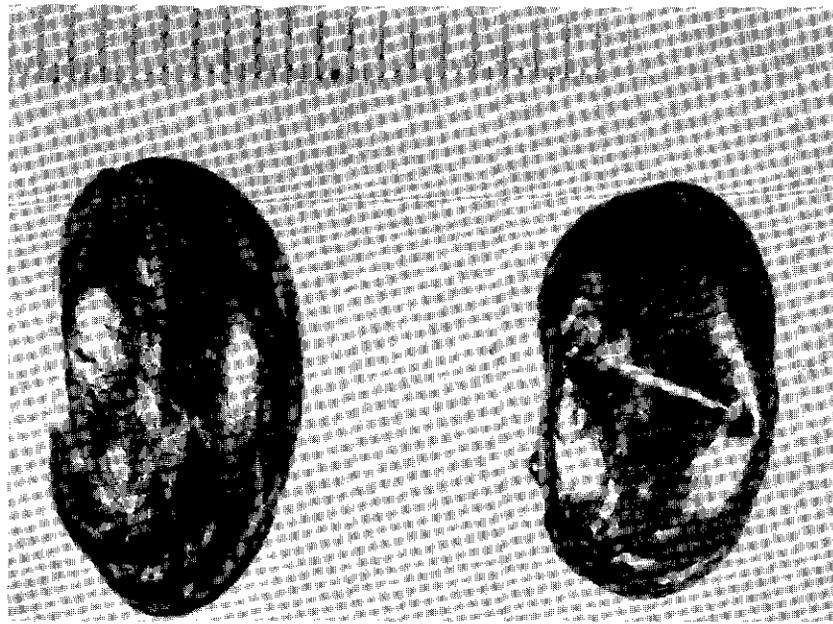


Foto 22. *Estimación de la humedad con base en la reacción de la semilla a la presión. Semilla húmeda ($\geq 12\%$) (izq.) y semilla seca ($< 12\%$) (der.). Obsérvese que la presión de la uña no deja señal en la semilla que tiene menos del 12% de humedad. Semillas con menos del 12% se encuentran en un nivel de bajo riesgo y pueden ser almacenadas.*

Las semillas provenientes de campos bien manejados, cosechadas oportunamente, trilladas sin fracturar, y secadas hasta el 13% de humedad, prácticamente han superado las etapas más peligrosas. La cosecha y el secamiento son operaciones que no pueden postergarse, pero la semilla seca sí puede guardarse por tiempos más prolongados sin mayores riesgos, en espera de las operaciones posteriores.

4. SELECCION

La limpieza realizada al lote de semillas utilizando aire y/o zarandas, debió remover la mayoría de los materiales inertes tales como restos de cosecha, polvo, etc., quedando pendiente una selección final de mayor precisión. Con la operación de selección se busca remover los granos no aptos para ser semillas así como también las piedras y terrones que no fueron removidos durante la limpieza.

Las actividades preventivas que se llevan a cabo en las fases previas a la selección tienen un efecto apreciable en la calidad de las semillas. Estudios realizados en CIAT (Rendón, 1989) muestran que la selección final será más fácil y más eficaz cuando la semilla ha sido cosechada oportunamente y se han minimizado los daños físicos durante la trilla.

- Métodos de selección

Los granos de menor tamaño normalmente incluyen semillas inmaduras, enfermas, arrugadas, u otras que por razones de tipo agronómico, patológico, o fisiológico, no alcanzaron el tamaño normal de la variedad. Estas semillas son de inferior calidad que las semillas que han llegado a su tamaño normal. Su separación se consigue utilizando zarandas de orificios apropiados.

Dado que el tamaño de las semillas cambia con la variedad, la región, el año, el nivel de sequía, etc., es necesario contar con un juego de zarandas con perforaciones de diferentes tamaños para poder realizar un trabajo efectivo. La forma y el tamaño de las perforaciones de las zarandas dependerá del tipo de contaminantes que se desea remover. En actividades en pequeña escala, las zarandas manuales permiten desarrollar esta selección satisfactoriamente (Foto 23).

Otra alternativa para llevar a cabo la selección de las semillas es utilizar una corriente de aire. Con este fin la Unidad de Semillas ha mejorado la limpiadora neumática de la Foto 11, añadiéndole un alimentador y una compuerta para regular el paso del aire. De esta forma se logra que el aire realice un trabajo de selección mucho más preciso, levantando no sólo la materia inerte liviana, sino también gran parte de los granos inmaduros, partidos, mal formados, y

enfermos, facilitando o eliminado de esta manera el trabajo de selección manual. La capacidad de esta seleccionadora neumática es de 1000 kg/hr (Foto 24).

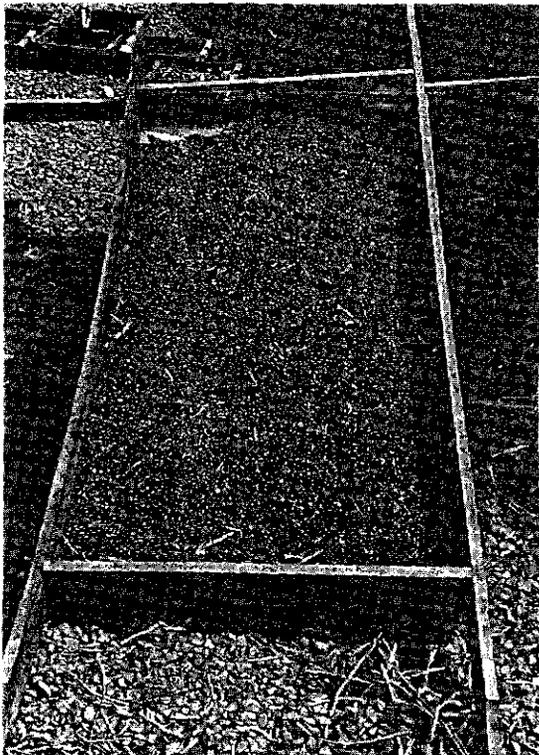
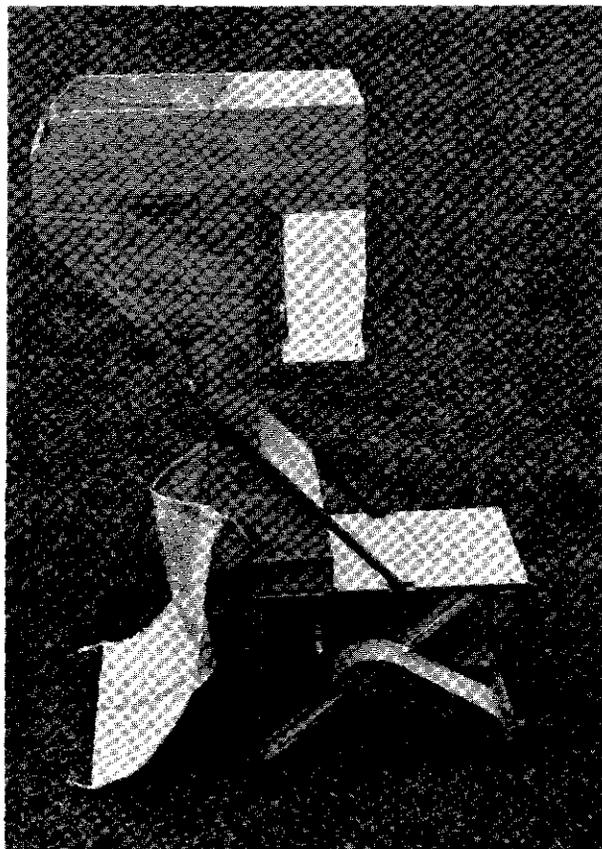


Foto 23. Zaranda manual para limpieza de semillas. La utilización de zarandas con orificios apropiados permite separar parte de los materiales indeseables.

Foto 24. Seleccionadora neumática de semillas modelo CIAT. Permite regular la alimentación de las semillas y el flujo de aire para lograr una mejor selección.



Las semillas seleccionadas con zarandas y/o aire son de tamaño uniforme; pero generalmente quedan algunos granos manchados, decoloridos, podridos, infectados, pregerminados, y otros que, a pesar de tener la forma/tamaño similar a los granos seleccionados, tienen serios defectos. También pueden quedar piedras, terrones u otros materiales que no fue posible separar en las etapas previas.

La remoción de estos materiales indeseables se puede hacer manualmente (Foto 25). Para sistematizar esta labor, en el CIAT se han construido varios modelos de mesas de selección que permiten utilizar la mano de obra familiar o local. Un modelo consta de una tolva de alimentación de piso inclinado que automáticamente deja caer el grano a una malla perforada (Foto 26). La selección manual se realiza sobre la malla. La labor de la persona se concentra en la selección. Dado que la superficie sobre la cual se selecciona es una zaranda, la selección por tamaño ocurre simultáneamente en la selección manual. La capacidad de la operación dependerá de la cantidad de granos indeseables con que viene la semilla de las etapas anteriores. Esta selección final permite obtener un producto selecto, puro, sano, y con óptima presentación (Foto 27). La Tabla 2 muestra el resultado de la selección en la obtención de lotes de semilla con buena calidad fisiológica.

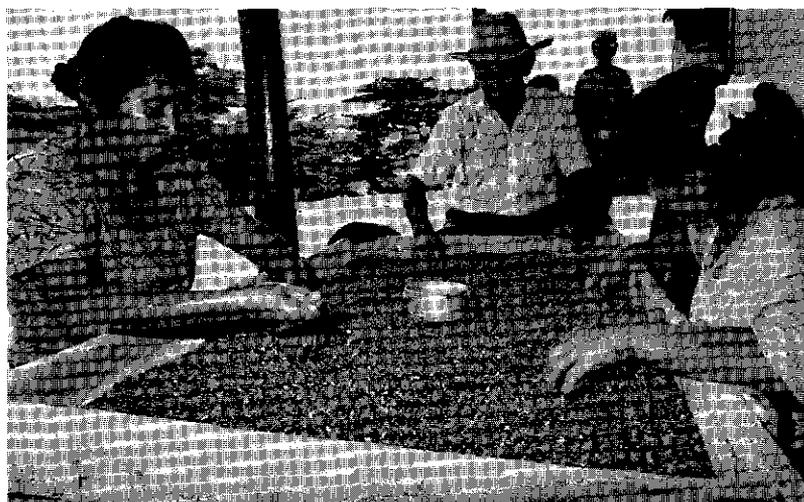


Foto 25. Selección manual sobre una zaranda. La zaranda permite descartar granos pequeños e indeseables, durante la remoción de los granos dañados y otras materias extrañas a mano.



Foto 26. Mesa para selección manual de semillas, modelo diseñado en la Unidad de Semillas del CIAT. La mesa consta de una tolva que alimenta el grano constantemente. La plataforma de trabajo es de malla de calibre apropiado para el tipo de grano con que se trabaja.

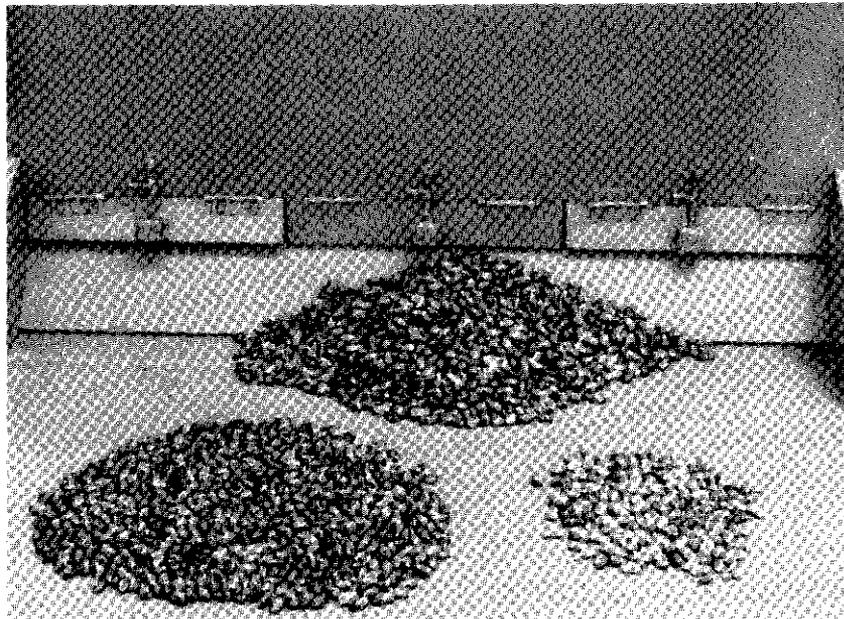


Foto 27. Muestras de semilla antes (centro arriba), fracción selecta (izq.), y fracción descartada (der.). La fracción selecta muestra alta pureza, sanidad y uniformidad. Esta fracción es la que se embolsa para la venta como semilla.

Tabla 2. Calidad de semillas seleccionadas manualmente con base en la apariencia física del grano (17 lotes).

Evaluaciones	Muestra inicial ^a	Fracciones de selección manual	
		Granos rechazados	Semillas selectas
Germinación (%)	91	79	95
Emergencia en campo (%)	59	54	79

^a Semillas seleccionadas con zarandas.

Fuente: Rendón, 1989.

Estos resultados demuestran que la calidad de las semillas selectas es superior a la de aquellas que sólo han tenido la selección con zarandas (muestra inicial) y contrastantemente superior a la de los granos removidos manualmente con base en sus defectos. Investigaciones recientes, aún sin publicar, reafirman estos resultados y muestran además que la selección manual permite también separar muchas semillas infectadas con patógenos.

- *Determinación de la capacidad de germinar*

No es posible conocer el nivel de germinación o vigor de una semilla con sólo observarla. Las semillas pueden tener una excelente apariencia y estar muertas, o mostrar mala apariencia y tener buena germinación y vigor.

Las propiedades fisiológicas de la semilla, aquellas que le dan la capacidad de mantenerse viva y producir una plántula vigorosa, son propiedades que se deterioran fácilmente. La metodología presentada en este documento se basa principalmente en prácticas preventivas que permiten obtener semillas buenas consistentemente. Los métodos preventivos aumentan la probabilidad de que las semillas selectas sean puras, sanas, y germinables al final del proceso. La evaluación de la germinación constituye entonces una verificación necesaria.

El entendimiento de algunos principios básicos permite el desarrollo de métodos simples para evaluar la germinación. Cuando una semilla está seca, se encuentra en estado de reposo. Cuando se humedece en un sustrato con temperatura y oxígeno apropiados, la semilla viva germina.

En situaciones de laboratorio, este fenómeno se simula usando diferentes sustratos, como son papeles de germinación, arena, o tierra. Entre éstos, la arena tiene ventajas por la facilidad de implementación y replicabilidad (Burbano, 1991a). La tierra es también una buena alternativa siempre disponible aunque de difícil replicación por las variaciones existentes. El papel utilizado en las pruebas de germinación no es fácil de conseguir pero es necesario si se desea estandarizar el proceso y cuando se usan cabinas de germinación en las que el espacio es un limitante (Foto 28).



Foto 28. Evaluación de la germinación usando rollos de papel como sustrato. Los rollos, colocados en recipientes que mantienen la humedad y permiten el paso de la luz, favorecen el desarrollo y la evaluación de las plántulas.

En ambientes tropicales y subtropicales, la temperatura ambiental no es un limitante para la germinación. Temperaturas ambientales entre 20 y 30°C son apropiadas y frecuentes. En climas frescos (< 20°C) se pueden colocar las cajas de germinación al sol y esperar algunos días adicionales hasta que alcance el desarrollo necesario para evaluar las plántulas.

Un método sencillo para evaluar la germinación consiste en humedecer el sustrato (tierra o arena) hasta capacidad de campo. Se dice que está a capacidad de campo, cuando al apretarlo con el puño se forma un terrón que no se deshace. Se preparan bandejas con una capa de sustrato de 4 cm de espesor. Las semillas se siembran a una profundidad de 2-3 cm. Las bandejas se colocan en estanterías de madera y se ubican en un área protegidas del sol, la lluvia, y los vientos fuertes. La humedad del sustrato se mantiene cubriendo la estantería con plástico transparente y/o por medio de riegos periódicos de acuerdo con la necesidad. En condiciones de temperaturas normales en el trópico, el frijol estará suficientemente desarrollado para la evaluación a los 7-10 días después de la siembra (Foto 29). Es deseable que las plántulas se desarrollen con luz natural indirecta para que adquieran su color verde normal. La evaluación de la germinación se facilita con este método, pues las semillas muertas no emergen del sustrato. Entre las plántulas que han emergido, basta diferenciar las plántulas normales de las anormales para saber el porcentaje de germinación.

Otra manera sencilla de evaluar la germinación de las semillas es sembrándolas directamente en miniparcels en el suelo (Foto 30), donde las condiciones de humedad, temperatura, suelo, plagas, etc. son más aproximadas a las condiciones reales de estrés a las que estará sometida durante la emergencia en el campo. Catorce días después de la siembra se evalúa la germinación tal como se mencionó anteriormente. El porcentaje de plántulas normales representa el nivel de emergencia del lote de semillas. En cualquiera de los métodos descritos, las plántulas deben ser evaluadas como normales o anormales. Para ser catalogada como normal (que son las que se reportan como germinadas), la plántula debe tener las raíces, el hipocótilo, los cotiledones, y las hojas primarias presentes y sanos. (Figura 1, Foto 31). También se consideran como normales aquellas plántulas que tienen pequeñas imperfecciones, tales como la ausencia de una hoja primaria, la falta de un cotiledón, o una necrosis superficial.

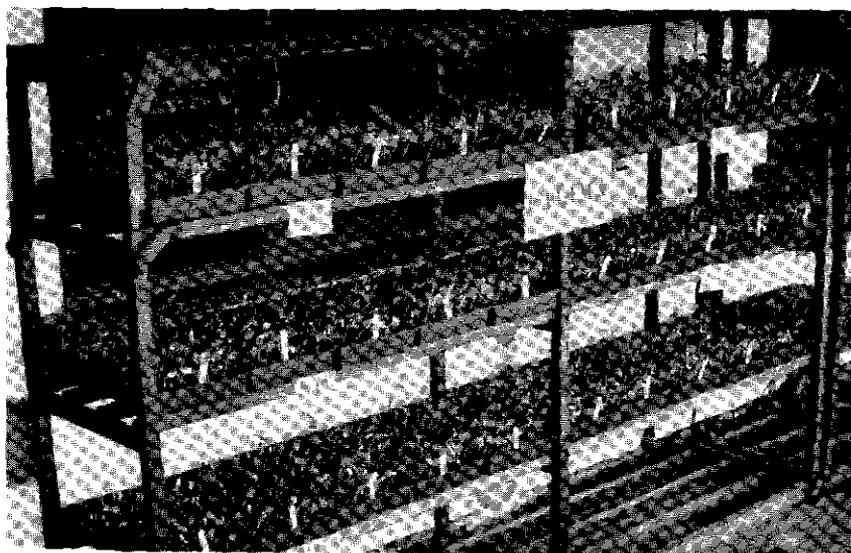


Foto 29. Evaluación de la germinación usando cajas con arena, colocadas en sitios con buena luz indirecta. El buen desarrollo que las plantas alcanzan con este método facilita la evaluación.

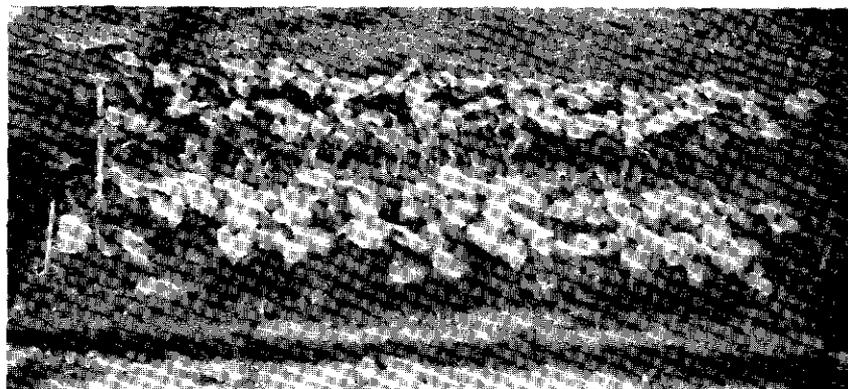


Foto 30. Prueba de germinación empleando miniparcelas en el campo. Semillas sembradas en el suelo en condiciones similares al campo permiten estimar el porcentaje de emergencia que se podrá tener.

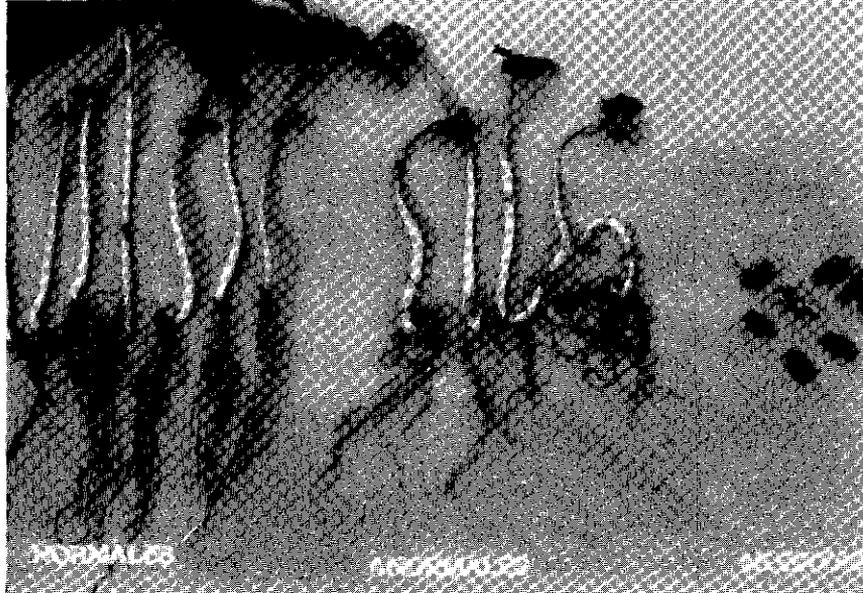


Foto 31. *En la evaluación de la germinación, se separan plántulas normales, plántulas anormales y semillas muertas. El porcentaje de germinación está dado por el porcentaje de plántulas normales.*

Se considera que un lote es bueno para semilla cuando tiene una germinación superior al 80%. Semillas que germinan en forma rápida y uniforme, que muestran plántulas sanas, y que alcanzan niveles superiores al 90% de germinación total, se pueden considerar como semillas de alta calidad. Cuanto más se acerque al 100%, tanto mejor será el lote de semilla.

Las semillas selectas constituyen el producto final. Si la metodología utilizada ha sido correcta, su pureza física será muy alta y su apariencia inmejorable; asimismo su capacidad de germinar será alta.

5. ALMACENAMIENTO

La empresa productora de semillas debe planificar la producción de tal modo que evite o acorte el tiempo de almacenamiento. Esta estrategia permite resolver los problemas técnicos y económicos que implica el almacenamiento prolongado. Si la semilla no es distribuida/sembrada en un tiempo breve, se deben tener precauciones especiales para mantener las semillas viables y libres de hongos e insectos hasta el momento de la distribución y utilización.

El almacenamiento, así como el secamiento, tiene una relación estrecha con el ambiente físico imperante (humedad relativa y temperatura). Frecuentemente, técnicos y agricultores atribuyen las pérdidas de germinabilidad y la contaminación por hongos exclusivamente a las condiciones de almacenamiento. También se tiene el concepto de que la semilla está almacenada únicamente cuando está guardada en la bodega. Esta mentalidad induce a hacer énfasis casi exclusivo en infraestructuras para almacenar la semilla, olvidando la búsqueda y aplicación de esquemas preventivos y otras alternativas.

Para comprender el problema del almacenamiento, se requiere primero entender algunos conceptos sobre la naturaleza de la semilla y conocer el ambiente físico que requiere para su buena conservación. Como ya se mencionó, en términos biológicos, la semilla ha llegado a su estado de desarrollo total en el momento en que alcanza su madurez fisiológica. Aunque físicamente la semilla aún está dentro de la vaina, biológicamente la semilla inicia su fase de almacenamiento desde que llega a la madurez. Por eso debe recordarse que la semilla empieza su fase de almacenamiento antes de llegar al almacén o bodega.

Para ampliar un poco estos conceptos, el almacenamiento se puede dividir en tres fases: 1) fase de secamiento, 2) fase de acondicionamiento, y 3) fase de bodega.

- Fase de secamiento

La fase de secamiento se inicia cuando la semilla ha llegado a la madurez fisiológica y termina cuando su humedad está por debajo del 13%. El clima juega un papel muy significativo en esta fase, pudiendo acelerar la deshidratación del grano con los consiguientes efectos benéficos o impidiendo

la deshidratación con los consiguientes efectos negativos. Como regla general cuanto más corta sea esta fase, tanto mejor será para la calidad de la semilla.

La producción de semillas en condiciones ambientales secas, en las que la semilla se deshidrata en el campo rápidamente, tiene resuelto los problemas de deterioro de la fase húmeda. En cambio, en ambientes en los que la deshidratación no ocurre rápidamente, las cosechas oportunas y el secamiento artificial tienen gran importancia. Los daños que la semilla haya sufrido en esta etapa repercuten en la germinación, el vigor, la sanidad, el rendimiento de la semilla y el tiempo que durará viva en las etapas siguientes.

- Fase de acondicionamiento

La fase de acondicionamiento es la fase durante la cual la semilla se selecciona, trata (opcionalmente), y envasa. Por razones técnicas y/o administrativas, estas actividades pueden durar o pocos días o algunos meses. Sin embargo, aunque la semilla está seca, durante esta fase puede sufrir daños por gorgojos, impactos físicos, altas temperaturas, rehidratación u otros factores.

- Fase de bodega

La fase de bodega es la fase que clásicamente se ha denominado como almacenamiento. Cuando las condiciones agroclimáticas (trópico y subtropical) permiten planificar la producción, esta fase puede ser acortada y en algunos casos eliminada.

Si la semilla no ha sufrido deterioros en las fases anteriores, esta fase debería ser la menos problemática, especialmente en regiones con baja humedad relativa ($< 60\%$) donde la semilla no se rehidrata (ver Tabla 1). Esto permite almacenarla en condiciones ambientales (Foto 32) durante períodos largos (hasta 9 meses).

En regiones húmedas ($HR \geq 60\%$), el almacenamiento natural es posible, pero solamente durante cortos períodos de tiempo (< 2 meses). Para almacenamiento a más largo plazo (hasta 9 meses), una alternativa es el almacenamiento de semillas en recipientes que impiden la entrada del aire húmedo. Semillas de frijol, de buena calidad inicial, libres de insectos, y con

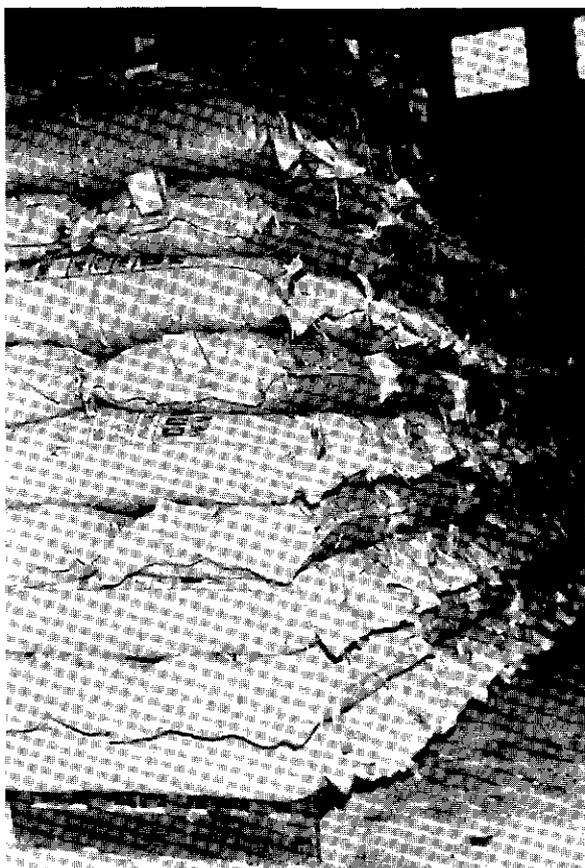


Foto 32. Almacenamiento de semillas en empaques comunes (tela, papel, etc.) que permiten el intercambio de gas y vapor de agua.

Método práctico para almacenamiento corto y en lugares con baja humedad relativa.

un contenido de humedad por debajo del 11%, pueden ser almacenadas herméticamente a 30°C hasta por 8 meses, sin sufrir pérdidas significativas en su calidad fisiológica (Aguirre, 1989). Para este tipo de almacenamiento se pueden usar diferentes recipientes: bolsas de plástico gruesas o multilaminadas, recipientes de plástico o de metal, silos metálicos herméticos, etc. (Foto 33). En Centro América es común el uso de silos metálicos de fabricación casera para el almacenamiento de semillas y granos de maíz (Ministerio, 1985).

Si no se usa almacenamiento hermético, para controlar el ataque de insectos (especialmente gorgojos) se deben hacer fumigaciones con productos que no tengan efecto residual; así la semilla también podrá ser utilizada para consumo humano o animal en caso de no ser sembrada (Foto 34). Además de los insecticidas comerciales, el ataque de gorgojos puede prevenirse mezclando las semillas con diferentes sustancias tales como aceite vegetal (Gutiérrez y Schoonhoven, 1981), arena, ceniza, y otras sustancias caseras.



Foto 33. Almacenamiento de semillas en recipientes herméticos. La colocación de semillas secas (menos del 12%) en recipientes que impiden el ingreso de vapor de agua permite mantener la calidad por mayor tiempo. También impide el ingreso de insectos y vertebrados. Método adecuado para pequeña escala en zonas con alta humedad relativa.

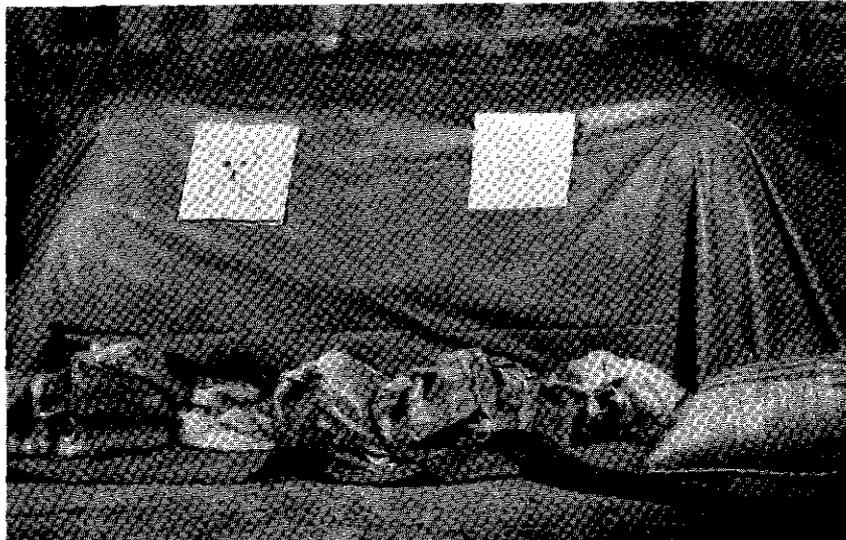


Foto 34. Precauciones que se deben tener en la fumigación de semillas con productos tóxicos volátiles tales como la fosfamida. La estiba se cubre con lona impermeable al gas, pisando los bordes con bolsas de arena para evitar filtraciones.

El almacenamiento debe ser lo más corto posible, y se debe hacer en ambientes secos, frescos, y limpios.

Los recipientes utilizados para el almacenamiento hermético además de impedir el ingreso de humedad, impiden también el ingreso de insectos, roedores, y aves.

6. TRATAMIENTO

El tratamiento de las semillas con fungicidas constituye una forma efectiva de controlar algunos problemas fitosanitarios del suelo o que se transmiten a través de la semilla. También permite proteger las semillas y plántulas durante la emergencia y los primeros estadios en el campo. El tratamiento no es necesario para todos los casos y es más importante en lotes con bajo vigor pues éstos requieren mayor protección. Existe gran diversidad de productos comerciales entre los cuales se deben utilizar aquellos que tengan efectividad contra los problemas existentes y que no presenten peligros a la salud y al ambiente.

Sólo se deben tratar las cantidades que a ciencia cierta se han de vender como semillas. Esto exige un método eficiente de tratamiento con base en pedidos. La aplicación del producto a las semillas utilizando una tratadora de tambor (Foto 35) es eficiente en estos casos; con este tambor, dos personas pueden tratar hasta 300 kg/h. Con el fin de lograr un cubrimiento homogéneo de las semillas y disminuir los riesgos de intoxicación, es recomendable hacer tratamiento húmedo disolviendo en agua los productos que se van a utilizar. La cantidad de agua debe ser apropiada: si es insuficiente no habrá buen cubrimiento y si es excesiva la semilla se humedecerá. La cantidad de agua que se debe utilizar depende del tamaño de las semillas. Para semillas de frijol de tamaño mediano, se puede utilizar 6 ml de mezcla por cada kilogramo de semillas. Esta cantidad es insuficiente para causar cambios considerables en el contenido de humedad de la semilla y es suficiente para cubrir las semillas.

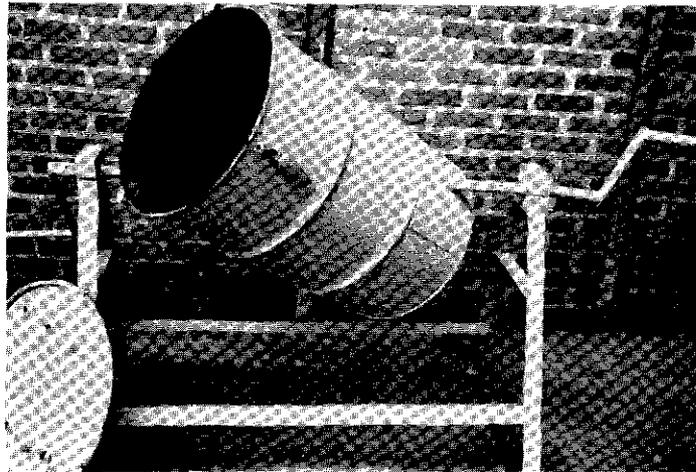


Foto 35. *Tratadora manual de semillas construida con tambor metálico de 50 galones. Un tambor accionado por dos personas permite un trabajo cómodo. Capacidad: 300 kg/hr.*

Se recomienda también utilizar productos adherentes, los cuales ayudan a fijar a las semillas los productos aplicados, una vez que el agua se ha evaporado. Una vez tratada, la semilla está lista para pesar y empaquetar. La Foto 36 muestra una tolva sencilla que facilita estas operaciones.

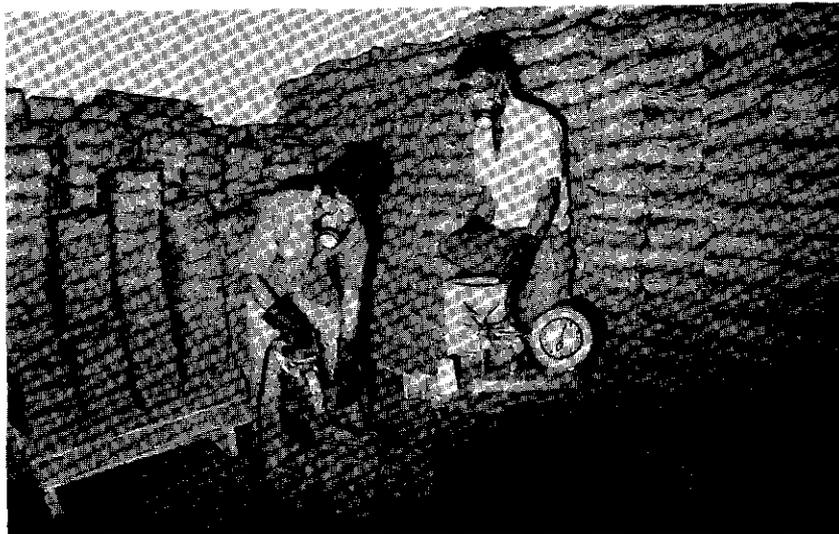


Foto 36. *Proceso de envasado de semillas. Tolvas sencillas y balanzas de plataforma permiten colocar con facilidad los pesos exactos deseados. Según las necesidades predominantes del mercado la cantidad por bolsa puede ser 5, 10, 15, 20 kg, etc.*

El tratamiento debe hacerse cuando se requiera y con los productos adecuados para cada caso. La semilla debe tratarse en el momento y en cantidades apropiadas. Es preferible hacer el tratamiento utilizando agua y adherente.

7. DIFERENCIACION

Tener un producto de excelente calidad no es condición suficiente para que se venda, el cliente quede satisfecho, y se amplíe el mercado. La situación es más difícil aún cuando se trata de semillas para un cultivo para el cual el agricultor ha utilizado por tradición su propio grano para la siembra.

El grano de frijol es un producto natural de la agricultura y todo productor de frijol cuenta con el grano de su cosecha anterior. Si bien es cierto que los avances científicos y tecnológicos permiten producir semillas mejoradas, el grano que el agricultor produce es aparentemente similar a la semilla mejorada. Este hecho y otros factores tales como el desconocimiento de las bondades de las semillas mejoradas, la desconfianza inicial, los esquemas de mercadeo inapropiados, la falta de liquidez financiera, etc. hacen que muchos agricultores acudan a la técnica que conocen y disponen: utilizar su propio grano como semilla.

Aunque la semilla haya sido producida con la tecnología más avanzada y tenga una alta calidad, esta calidad no se percibe a simple vista. No es posible formarse un juicio sobre su identidad genética, sanidad, germinabilidad, vigor, y productividad con una observación visual. El comprador sólo podrá ver estos atributos y sus efectos después de la siembra. Entonces ¿con base en qué criterio se espera que el agricultor tome el riesgo de comprarla?

Las razones arriba indicadas demuestran la necesidad de tecnologías de diferenciación (Garay, et al., 1989). Toda empresa moderna diferencia su producto. Las pequeñas empresas de semillas que se inician en regiones de agricultura tradicional, cuyos mercados son pequeños y poco desarrollados,

requieren establecer rápidamente una identidad para sus productos. Así, los compradores podrán reconocerlos con facilidad como abastecedores de semilla. El sólo hecho de poder ser identificados es una herramienta efectiva para vincular la oferta y la demanda; pero también implica mayor responsabilidad por parte del productor en cuanto a la calidad de su producto.

En términos generales la diferenciación de la semilla requiere dos componentes esenciales: a) calidad del producto, y b) los distintivos físicos externos. La calidad de la semilla es "la característica principal" por el cual se interesan las empresas y sus clientes (los agricultores), pues de ella dependen los resultados en el campo. Por tanto, la semilla que se ofrece a la venta siempre tiene que ser mejor que la "semilla" que posee el agricultor (Delouche, 1982).

Ya se ha discutido cómo la calidad de la semilla se obtiene aplicando tecnologías mejoradas en todas y cada una de las etapas de producción y verificando los distintos atributos de calidad. Si la semilla es de una buena variedad, si está libre de malezas y enfermedades, y si germina y es vigorosa, el agricultor que la ha comprado va a descubrir con satisfacción en el campo sus efectos benéficos. Si la semilla es mala y tiene resultados desastrosos en el campo, el agricultor también lo descubrirá. Pero al momento de comprar, a simple vista, el cliente no puede determinar si la semilla es buena o mala. De allí la necesidad de que los empaques lleven distintivos físicos e información clave que los distinguan como un producto de buena calidad.

Algunos distintivos físicos comúnmente utilizados son: bolsas visualmente atractivas, nombre y logotipo de la empresa, marca del producto, emblemas oficiales, etc. El solo hecho de empacar la semilla en bolsas con determinados datos básicos permite diferenciarla (Foto 37, Foto 38). Las etiquetas provistas por los organismos de certificación, fiscalización, y extensión constituyen símbolos adicionales de confianza. Estos distintivos permiten al cliente crearse un concepto favorable acerca de las semillas mejoradas. Si se compra con base en esa confianza y si la calidad satisface las expectativas del agricultor en el campo, los distintivos ayudarán al agricultor a identificarla en futuras oportunidades y le instarán a recomendarla a otros. De la repetición de las ventas y de la obtención de nuevos compradores dependerá la supervivencia y el desarrollo autosostenido de la empresa.



Foto 37. *Semilla mal empacada, mal almacenada, y no identificada. La falta de una buena presentación causa una impresión desfavorable en los clientes.*



Foto 38. *Semilla en empaques claramente rotulados. El nombre de la empresa o la marca del producto permite que la empresa sea reconocida por los clientes.*

Los organismos públicos creados para la certificación, la fiscalización, y la extensión agrícola tienen diversas oportunidades de contribuir a la diferenciación de la semilla, no sólo a través de la asistencia técnica en los procesos de producción, sino también respaldando a las organizaciones que ofrecen semillas de calidad, por medio de símbolos (certificados, etiquetas, etc.). Una forma efectiva de respaldo, en países con programas funcionales de certificación, ha sido la etiqueta oficial de certificación y fiscalización. En regiones en las que estos servicios no operan, se deben explorar otras alternativas. Existen casos exitosos en los que los organismos de extensión agrícola y los organismos no gubernamentales están apoyando al desarrollo de pequeñas empresas de semillas y a la diferenciación de sus productos.

La diferenciación del producto es una estrategia básica del mercadeo que ayuda a vincular la oferta y la demanda. La semilla diferenciada es fácilmente reconocida por los clientes.

IV. Manejo Integrado

Las técnicas aisladas no generan la misma credibilidad que el proceso integral llevado a cabo en forma organizada y sistemática. Así por ejemplo, secar adecuadamente las semillas pierde su utilidad si la semilla viene deteriorada del campo, si se humedece después de secarla, o si sufre daños físicos en la trilla. Por consiguiente, es necesario organizar el proceso con una secuencia racional.

En la definición del flujo de operaciones en el proceso total, se debe pensar en la ruta más eficiente para obtener los mayores rendimientos, con alta calidad, a bajo costo. El concepto de la *ruta de calidad* es común en empresas grandes y es igualmente necesaria en las pequeñas empresas productoras de semillas. Un lote de semillas cosechado oportunamente, trillado adecuadamente, secado a tiempo, y bien seleccionado será consistentemente bueno.

El flujo de operaciones (Tabla 3) tiene entonces un fundamento técnico y económico. Cada actividad correctamente ejecutada contribuye a la efectividad de las actividades subsiguientes. Los atributos de calidad se aseguran sistemáticamente en el mismo proceso de producción. Asimismo, la mala ejecución del trabajo en cualquier fase disminuye o anula (según su severidad) el efecto positivo de otras operaciones.

Se debe recordar que cuando se produce semilla se está produciendo una tecnología viva. En cualquiera de las etapas de producción, sólo hay una oportunidad para hacer el trabajo correctamente. Existen pocos casos en los que el daño puede ser corregido, y la corrección implica siempre costos adicionales. La semilla de buena calidad se obtiene aplicando métodos adecuados en todas y cada una de las etapas de producción, siguiendo una

Tabla 3. Flujo de operaciones y controles básicos para asegurar una alta eficiencia y buena calidad de la semilla.

FLUJO DE OPERACIONES	CONTROL DE CALIDAD
<p style="text-align: center;">FASE DE CAMPO</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Observar prácticas agronómicas adecuadas - Asegurar pureza varietal - Asegurar sanidad
<p style="text-align: center;">COSECHA</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosechar oportunamente - Trillar con humedad adecuada - Trillar sin ocasionar daño físico
<p style="text-align: center;">LIMPIEZA</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar evitando causar daño físico - Limpiar evitando pérdida de semilla - Evitar contaminaciones varietales
<p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">SECAMIENTO</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Secar con prontitud - Verificar la humedad - Evitar sobrecalentamiento y sobresecamiento
<p style="text-align: center;">SELECCION</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Descartar los granos defectuosos - Evaluar pureza física - Evaluar germinación
<p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">ALMACENAMIENTO</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenar en ambiente seco, fresco, y limpio - Controlar insectos, aves, y roedores - Verificar humedad cada mes - Verificar germinación cada tres meses - Verificar hermeticidad de los recipientes
<p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">TRATAMIENTO</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar fungicidas e insecticidas adecuados - Dosificar agua y productos correctamente - Identificar la semilla tratada
<p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">EMPAQUE Y DIFERENCIACION</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar variedad, germinación - Verificar peso neto - Usar bolsas apropiadas - Envasar en recipientes rotulados claramente
<p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">FASE DE DISTRIBUCION</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar variedad, germinación - Mantener registros de existencia - Mantener contramuestras de entrega - Hacer seguimiento de las ventas

----- : Puede ser opcional en algunos casos.

secuencia racional, y verificando los parámetros de calidad en las etapas críticas. Toda persona que participa en el proceso debe estar capacitada para prevenir los problemas. No se debe dejar pasar los problemas pensando que serán resueltos en las operaciones siguientes. De allí la necesidad de incorporar los conceptos de control de calidad en las empresas productoras de semillas, aunque éstas sean pequeñas y se encuentren en sus estados iniciales de desarrollo.

La presentación del proceso con un flujo de operaciones secuencial en este texto no se debe tomar como un modelo rígido. Pueden existir situaciones en las que una buena planificación y prevención ayuden a simplificar algunas actividades e inclusive a prescindir de otras actividades. Por ejemplo, cuando la producción se hace con riego en regiones o épocas secas, las semillas pueden secarse en el campo sin necesidad de secadores especiales. En regiones en las que existen dos cosechas al año, puede ser posible organizar la producción de tal manera que se evite el almacenamiento en bodega.

En la producción de semillas abundan los daños irreversibles; no existen tecnologías ni capitales que puedan vigorizar las semillas debilitadas por cosechas tardías, daños físicos, secamiento incompleto, o almacenamiento inadecuado. La mejor forma de obtener semillas de buena calidad a bajo costo es mediante prácticas preventivas y siguiendo la ruta de calidad.

La implementación de las operaciones de poscosecha requiere de algunas estructuras físicas y equipos; estos pueden variar, dependiendo de cómo se organiza el proceso y la cantidad de semilla producida. Cuando la cantidad de semilla es pequeña (<10t), es factible llevar a cabo las actividades de poscosecha a nivel de finca y sin necesidad de una infraestructura centralizada. En esta modalidad, cada agricultor, socio, o cooperado de la empresa lleva a cabo las operaciones de campo, cosecha, limpieza, secamiento, y selección de las semillas en su propia finca. Este ha sido el caso de una cooperativa en el Cauca, Colombia (IPRA, 1991). Esta modalidad tiene la ventaja de que el productor puede utilizar la mano de obra familiar.

Los lotes de semilla que han sido producidos y seleccionados por los diferentes agricultores se juntan y se identifican con la marca de la empresa para la fase de distribución.

Cuando las cantidades de semilla son mayores (>10t), las labores de poscosecha se pueden llevar a cabo en pequeñas unidades de beneficio de semilla. En esta modalidad, las semillas recién cosechadas por los agricultores se llevan a la unidad de beneficio donde la semilla sigue un flujo sistemático de operaciones hasta obtener el producto listo para la venta. En este caso es necesario contar con una infraestructura mínima, con los equipos mínimos requeridos, y con el personal capacitado para operarlos. Este es el caso de la cooperativa de productores en San Gil, Colombia (Gutiérrez y Fuentes, 1991). Dependiendo del tamaño de la operación se pueden utilizar diferentes alternativas (Tabla 4).

Tabla 4. Equipos alternativos para el manejo poscosecha de semillas de frijol en pequeña escala.

OPERACION	EQUIPO	CAPACIDAD
TRILLA	Mesa para trilla-prelimpieza*	25 hr/ha con 2 personas
	Trilladora de fricción*	8 hr/ha con 2 personas
LIMPIEZA	Venteadora manual*	200 kg/hr con 1 persona
	Limpiadora neumática en PVC*	800 kg/hr con 1 persona
SECAMIENTO	Bandejas suspendidas	35 kg/m ² por tanda
	Secador en madera*	700 kg/m ² por tanda
SELECCION	Seleccionadora neumática*	1000 kg/hr con 2 personas
	Consola para selección manual*	20 kg/hr con 1 persona
TRATAMIENTO	Tratadora de tambor	300 kg/hr con 2 personas

* Modelos desarrollados en el CIAT.

En resumen, existen alternativas para el manejo técnico y científico de semillas en pequeña escala. Por su facilidad de implementación, pueden ser utilizadas por empresas pequeñas que abastezcan de semillas mejoradas a los mercados pequeños, locales, y específicos que abundan en los países en desarrollo. La facilidad de la replicación de estas tecnologías también puede ser un factor importante para la formación de numerosas empresas pequeñas, que en suma total, pueden constituirse en abastecedoras importantes de semillas mejoradas en aquellos mercados donde las empresas grandes han tenido limitaciones para operar.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, R. 1990. Diseño y evaluación de una venteadora portátil de flujo continuo para la limpieza de granos y semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) XIII Seminario Panamericano de Semillas. Guatemala, 19-25 Agosto, 1990.
- _____. 1989. Efecto de la humedad en el almacenamiento hermético a corto plazo de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 1: 35-44.
- _____; Peske, S.T. 1988. *Manual para el beneficio de semillas*. CIAT, Cali, Colombia. 261p.
- Ashby, J.A.; Roa, J.I.; Gracia, T.; Guerrero, Ma. del P.; Quirós, C.A. 1991. Investigación participativa en la producción de semilla mejorada por pequeños agricultores. El caso de Ashortop, Pescador, Cauca, Colombia. PROFRIJOL-CIAT-DIGESA.
- Burbano, E.A. 1991a. Métodos prácticos para la evaluación de germinación de semillas. CIAT, Colombia.
- _____. 1991b. Alternativas para estimar el contenido de humedad del grano de frijol en el campo. Documento de Trabajo No.105. CIAT, Colombia.
- CIAT. 1989. *Semillas para los pequeños agricultores*. CIAT International, Vol.8(1). CIAT, Colombia.
- _____. 1987. Cooperativa campesina produce semilla mejorada de frijol. CIAT Internacional, Vol. 6(1).
- _____. 1986. Semilla mejorada para el pequeño agricultor. *Memorias de Seminario*. CIAT, Colombia.

- _____. 1982. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. Guía de Estudio. CIAT, Colombia.
- Delouche, J. 1982. Seed quality guidelines for the small farmer. In: Improved seed for the small farmer. Conference Proceedings. CIAT, Colombia.
- Ellis, M.A.; Gálvez, G.E.; Sinclair, J.B. 1976. Effect of foliar applications of systemic fungicides and late harvest on seed quality of dry bean (*Phaseolus vulgaris L.*). Plant Disease Reporter, Vol. 60(12).
- Fuentes, C. 1989. Producción de semilla seleccionada de frijol para el pequeño agricultor. Caso COAGROSANGIL. En: Curso de Sistemas de Semillas para Pequeños Agricultores. CIAT, Cali, Colombia.
- Garay, A.E.; Aguirre, R.; Giraldo, G. 1989. La dinámica de la humedad de la semilla y sus implicaciones en la producción de semillas. Documento de Trabajo No.110. CIAT, Colombia.
- _____; Monares, A.; Camargo, C.P. 1989. Diferenciación del producto semilla. En: Primer curso avanzado sobre sistemas de semillas para pequeños agricultores. CIAT, Cali, Colombia.
- Giraldo, G.; Aguirre, R.; y Garay, A.E. 1991. El efecto de las cosechas prematuras oportunas, y tardías en la cantidad y la calidad de las semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Documento de Trabajo No.101. CIAT, Colombia.
- Gutiérrez, U.; Fuentes, C.; Velásquez, I. 1991. Desarrollo de una pequeña empresa de semillas (PES): El caso de la Cooperativa "COAGROSANGIL" Colombia. Documento de Trabajo No.103. CIAT, Colombia.
- Gutiérrez, B.A.; Schoonhoven, A. van. 1981. Proteja su cosecha de frijol contra el ataque de los gorgojos. ICA. Reg. 5. Boletín No.66. Colombia.
- IPRA. 1991. Investigación participativa en la producción de semilla mejorada por pequeños agricultores. El caso de Ashortop, Pescador, Cauca, Colombia. PROFRIJOL-CIAT-DIGESA.
- ISTA. 1979. Handbook for seedling evaluation. 130p.

- Ministerio de Recursos Naturales de Honduras y Cooperación Suiza para el Desarrollo. 1985. Silo metálico tipo plano, su fabricación y manejo. Proyecto de poscosecha. Honduras, Centro América.
- Ortíz, R.; Trejo, J.A. 1988. Semilla mejorada para pequeños agricultores de Guatemala. Boletín de Semillas. Vol.8(2). CIAT, Cali, Colombia.
- Rajbhandary, K.L.; Bal, S.A. 1989. Private (small-scale) producer-sellers seed program. An innovation for seed dissemination in the hills of Nepal. Progress Report.
- Rendón, M.C. 1989. Efecto de prácticas culturales sobre la producción y calidad de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Tesis de grado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia.
- Rosado, P. 1991. La organización de agricultores, nuevo componente en el modelo artesanal de producción de semillas. Caso: Cooperativa "Santa Gertrudis", Quesada, Jutiapa, Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección General de Servicios Agrícolas.
- _____. 1990. Producción artesanal de semilla mejorada. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación - Dirección general de servicios agrícolas - Producción artesanal de semilla mejorada. PROGETTAPS.
- Tapia, B.H. 1986. Producción artesanal de semilla de frijol común de buena calidad. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua.