



Autores:
José S. Velásquez
Alvaro R. Monteros
César G. Tapia

Semillas

Tecnología de Producción y Conservación



**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**





El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, es una institución ecuatoriana encargada de generar, validar y transferir tecnologías apropiadas, orientadas al incremento de la producción y productividad de los sistemas pequeños, medianos y grandes productores a fin de contribuir al desarrollo sostenible del sector agropecuario y forestal y al uso adecuado y preservación de los recursos naturales y el ambiente.



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

Semillas, Tecnología de Producción y Conservación

José Sergio Velásquez Carrera
Alvaro Ricardo Monteros Altamirano
César Guillermo Tapia Bastidas

Quito - Ecuador
2008

Semillas

Tecnología de Producción y Conservación

GOBIERNO NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Econ. Rafael Correa Delgado
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL

Econ. Walter Poveda Ricaurte
MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUICULTURA Y PESCA

Dr. Julio César Delgado Arce
DIRECTOR GENERAL DEL INIAP

Semillas

Tecnología de Producción y Conservación



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

Semillas, Tecnología de Producción y Conservación

Ing. Agr. MSc. José Sergio Velásquez Carrera
INIAP, Estación Experimental Santa Catalina Dpto. de Producción de Semillas
MSc. Tecnología de Semillas, Universidad Federal de Pelotas, Brasil.

Ing. Agr. MSc. Alvaro Ricardo Monteros Allamirano
INIAP, Estación Experimental Santa Catalina Dpto. Nacional de Recursos Fitogenéticos
MSc. Biología de Semillas, Oregon State University, USA.

Ing. Agr. MSc. César Guillermo Tapia Bastidas
INIAP, Estación Experimental Santa Catalina Dpto. Nacional de Recursos Fitogenéticos
MSc. Biodiversidad Agrícola, CATIE, Costa Rica

Reservados todos los derechos

Impreso por Editorial Chiriboga
Impreso en Quito, Ecuador

Levantamiento de texto, Patricia Medina
Correcciones: Ing. Zoo MBA Luis Rodríguez, Ing. Agr. Fernando Chamorro e Ing. Agr. Sandra Garcés

GOBIERNO NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR
Econ. Rafael Correa Delgado
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL

Econ. Walter Poveda Ricaurte
MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERIA, ACUICULTURA Y PESCA

Dr. Julio César Delgado Arce
DIRECTOR GENERAL DEL INIAP

2008 INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP)
Registro Nacional de Derechos N° 145 ISBN - 978 - 9978 - 92 - 658 - 1

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. FORMACIÓN Y DESARROLLO DE LAS SEMILLAS	3
1.1 Flor	
1.2 Óvulo	
1.3 Macroesporogénesis y macrogametogénesis	
1.4 Microesporogénesis y Microgametogénesis	5
1.5 Grano de polen	5
1.6 Doble fecundación o Singamia	6
1.7 Embriogénesis	7
1.8 Formación y desarrollo de la semilla	
1.9 Composición química de la semilla	8
1.10 Maduración de la semilla	8
2. PRODUCCIÓN DE SEMILLAS	
2.1 Atributos de calidad de semillas	15
2.2 Técnicas de producción de semillas	17
2.3 Inspección de campos para producción de semillas	28
2.4 Certificación de semillas	32
2.5 Componentes de un sistema formal de producción de semillas	32
2.6 Control de generaciones	33
2.7 Normas de certificación	34
2.8 Control externo de calidad y fiscalización	34
3. BENEFICIO DE SEMILLA	
3.1 Recepción	36
3.2 Pre-limpieza y operaciones especiales	36
3.3 Limpieza y clasificación de semillas	38
4. SECADO DE SEMILLAS	
4.1 Humedad de la semilla	51
4.2 Métodos de secado	53
4.3 Secamiento continuo	61
4.4 Secamiento intermitente	61
4.5 Ventilador	63
4.6 Selección del ventilador	65
4.7 Consumo de energía	65
4.8 Aeración	66
4.9 Demora en el secado	67
4.10 Temperatura de secado	67
4.11 Velocidad de secado	68
4.12 Velocidad del aire	68

4.13	Descuento por humedad	68
5.	ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS	70
5.1	Longevidad y potencial de almacenamiento	70
5.2	Deterioro de las semillas	73
5.3	Factores que afectan la calidad de las semillas durante su almacenamiento	76
5.4	Tipos de almacenamiento de semillas	82
5.5	Plagas de semillas almacenadas	87
6.	MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SEMILLAS EN EL BANCO DE GERMOPLASMA DEL INIAP	
6.1	Introducción	94
6.2	Por qué INIAP conserva semillas ortodoxas?	9
6.3	Protocolo de manejo de germoplasma de semillas	96
6.4	Inventario de germoplasma de semillas conservadas en el INIAP	104
7.	ANÁLISIS DE SEMILLA	117
7.1	Muestreo	118
7.2	Conceptos	118
7.3	Como obtener la muestra de envío	119
7.4	Análisis de pureza	121
7.5	Procedimiento	123
7.6	Cálculo y emisión de resultados	123
7.7	Indicación de los resultados	123
7.8	Determinación del contenido de agua de las semillas	123
7.9	Análisis de germinación	126
7.10	Materiales y equipos	127
7.11	Agua	128
7.12	Origen de las semillas	128
7.13	Germinadores	
7.14	Destilador de agua	129
7.15	Duración de la prueba y conteos	129
7.16	Interpretación de la prueba	129
7.17	Prueba de tetrazolio	130
7.18	Vigor	132
8.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	134

PRESENTACIÓN

En los últimos años la producción de semillas ha experimentado un avance significativo, debido principalmente a la necesidad de obtener mayor producción y productividad en los cultivos, para suplir la continua demanda de alimentos por parte de una población cada día más exigente.

Al ser la semilla uno de los elementos básicos para obtener un cultivo en óptimas condiciones, se requiere que los estudiantes, docentes, profesionales agrícolas y productores tengan conocimiento de cómo obtener, producir y utilizar semillas de calidad.

Tres destacados técnicos de la Institución presentan en esta publicación siete capítulos con información relevante, a través de los cuales los lectores pueden obtener información para la conservación y producción de semillas de calidad.

El INIAP pone a disposición de ustedes esta obra que aportará al sector agrícola nacional.

Ing. Zool. MBA. Luis Fernando Rodríguez I.
DIRECTOR ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
INIAP

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias (INIAP). Al equipo técnico, que conforman los Departamentos de Producción de Semillas y Recursos Fitogenéticos de la Estación Experimental Santa Catalina. Un reconocimiento especial al Agrónomo Néstor Arregui Pozo por su honestidad y perseverancia durante 21 años en la producción de semillas de calidad.

SEMILLAS TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN

INTRODUCCIÓN

No se sabe exactamente cuando la agricultura tuvo su inicio; sin embargo, se presume que nuestros antepasados ya practicaban una agricultura incipiente desde hace al menos 10 000 años (Castillo *et al.*, 1991). Evidencias arqueológicas que datan de 7 000 años antes de Cristo sugieren, incluso, que la domesticación se inició simultáneamente en el nuevo y viejo mundo (Frankel y Bennett, 1970).

Muchas de las conclusiones que en la actualidad se pueden hacer del origen de la agricultura son suposiciones y aquellas más acertadas provienen de datos arqueológicos o de las mismas plantas que hoy se cultivan. Es así que se han reconocido dos tipos de pre-agricultura: aquella realizada por cazadores especializados quienes dependían de una explotación de pocas especies y plantas silvestres; y, otra relacionada con recolectores cazadores y pescadores, quienes explotaban una gama más amplia de cultivos. Se puede concluir que aparentemente el segundo grupo humano fueron los que domesticaron las plantas debido a un sistema más estable de vida, menos nómada y más sedentario (Castillo *et al.*, 1991).

En estas épocas, es decir hace más de 10 000 años el hombre ya verificó que las semillas sembradas en el campo daban origen a una planta que multiplicaría decenas de veces la semilla original. Concientos de este hecho, que en esa época debió haber modificado la vida de esos seres humanos, las semillas pasaron a ser de gran importancia en la vida y prosperidad de los pueblos. En aquellos tiempos debieron haber surgido también agricultores dedicados como hasta hoy, a producir semillas los cuales comercializaban con sus vecinos, a medida que su mentalidad y negocios se expandían (Carvalho y Nakagawa, 1983). Este tipo de actividad debió seguir una trayectoria irregular, alternando fases de rápidos avances y recesos acordes con el progreso de la humanidad. Con el inicio de la revolución industrial, la producción de semillas presentó un gran progreso, pues, a medida que crecía la población y las ciudades, era necesaria una mayor producción de alimentos y materia prima para la industrialización, siendo la semilla el insumo agrícola fundamental para esos cambios.

No se puede descartar que la producción de semillas también pudo haber sido objeto de muchos fraudes, pero a partir de los primeros años del siglo XIX, es que se tomaron las primeras medidas efectivas para controlar los abusos en este sector y en 1816 en Viena, Suiza, surgió el primer decreto prohibiendo la venta de semillas adulteradas. En 1869, en Tharandt, Alemania se crea el primer laboratorio de análisis de semillas en el mundo. Con la creación de este laboratorio, empiezan a surgir otros laboratorios en varios países de Europa, es así que en 1893 solo en Alemania se registran 40 laboratorios y en Estados Unidos en 1905 ya estaban en funcionamiento 130. En 1921 para normalizar los análisis, se crea en Copenhague, Dinamarca, la "International Seed Testing Association" (ISTA), la cual en 1931 edita por primera vez las reglas internacionales para análisis de semillas que son revisadas periódicamente de acuerdo con los avances de la ciencia y que rigen a nivel mundial (Carvalho y Nakagawa, 1983).

Se debe afirmar que la productividad de los cultivos y hasta la viabilización económica de una actividad agrícola, depende directamente de la calidad de la semilla. En una semilla de calidad que garantiza los mejores resultados, están involucrados atributos de mucha importancia (Velásquez, 2002). Con seguridad la calidad de una semilla no puede ser solamente definida por su poder germinativo, existen otros factores tan importantes como vigor, pureza genética y pureza física, los cuales deben ser controlados y mantenidos desde la formación y desarrollo de la semilla, tal como se detalla en el Capítulo 1.

La producción de semillas dentro de un sistema formal está conformado por una cadena de actividades estrechamente ligadas unas con otras; el éxito de la producción dependerá de las técnicas de producción tales como: calidad inicial y categoría de la semilla, selección del área de siembra, aislamiento, fertilización, así como una perfecta planificación con la fiscalización de los lotes para su comercio, aspectos que son abordados en el Capítulo 2, donde se hace referencia también sobre los atributos de calidad de las semillas.

Las semillas de alta calidad dependen directamente de las condiciones de producción en campo; sin embargo, estas después de ser cosechadas aún contienen materiales indeseables que deben ser removidos de los lotes de semillas, por lo que en el Capítulo 3, se hace una amplia descripción de las técnicas de pre-limpieza, limpieza, clasificación, homogenización y tratamiento de semillas, como parte fundamental en la obtención de semillas de calidad.

Mantener la calidad fisiológica y sanitaria de las semillas depende en gran medida del grado o porcentaje de humedad interna que ésta tenga, así en el Capítulo 4 se hace énfasis en los diferentes métodos y sistemas de secamiento.

Por ser la semilla un organismo vivo, esta tiene que ser perfectamente cuidada desde su cosecha hasta que sea sembrada en el siguiente ciclo agrícola, de esta manera, almacenarla en condiciones adecuadas, garantizará también mantener su calidad, de esto se trata en el Capítulo 5.

El éxito de una industria de semillas depende en gran medida de la investigación para la obtención de variedades mejoradas, las mismas que se obtienen de los genes almacenados en los bancos de germoplasma. Es así que, por ser clave en la investigación y desarrollo agrícola del país, se ha descrito ampliamente en el Capítulo 6, el manejo de semillas en el Banco de Germoplasma del INIAP.

Finalmente, ningún agricultor aceptará a una empresa que le provea semillas de mala calidad, por lo que el control interno de calidad, garantizará las semillas que se producen; de estos aspectos se trata en el Capítulo 7.

CAPÍTULO 1

1. FORMACIÓN Y DESARROLLO DE LAS SEMILLAS

El inicio de una nueva generación o de nuevas plantas está representado por la semilla y el primer paso en su formación, es la apertura del botón floral cuando la planta alcanza su madurez sexual. Esta estructura floral en las plantas superiores que difieren en número, forma y arreglo, contiene el androceo con sus componentes estaminados y en su interior las microsporas o granos de polen; y el gineceo con sus estructuras ováricas conformando las macrosporas o saco embrionario (Sánchez, 1991). Una vez completada la fase vegetativa de una planta, cuyo periodo en días puede variar en una misma variedad, se inicia la fase reproductiva, la misma que es prácticamente constante para cada variedad. Una vez iniciada la fase reproductiva de una planta, ésta se vuelve irreversible y determina la perpetuidad de la especie.

1.1 Flor

La flor es una yema con crecimiento limitado, generalmente originado en las axilas de las hojas, cuyas partes son adaptadas y modificadas para la formación y desarrollo de células reproductivas y posteriormente del fruto y semilla (Marcos Filho, 2005). Las flores completas o hermafroditas (Figura 1), poseen órganos masculinos, que son los estambres con sus granos de polen (ANDROCEO), y el femenino, compuesto por el pistilo con sus óvulos (GINECEO). Muchas especies de plantas tienen flores unisexuales, en las cuales los órganos pueden encontrarse en la misma planta (plantas monoicas) o en plantas diferentes (plantas dioicas). En esas flores unisexuales puede comprobarse frecuentemente que los órganos que faltan abortaron durante el desarrollo de la flor y puede decirse que toda flor, potencialmente, es hermafrodita. Esto es sumamente importante, pues posibilita la conversión de flores unisexuales en hermafroditas y viceversa; útil en la práctica para la obtención de híbridos.

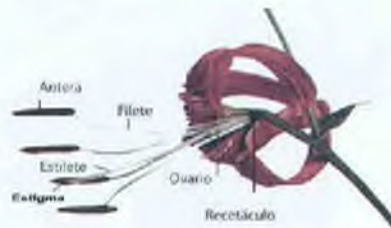


Figura 1. Partes de una flor de Lirio (*Lilium henryi*), (Raven et al., 2001).

1.2 Óvulo

El óvulo llamado también Megasporangio es el precursor de la semilla. Un óvulo normal está constituido de las siguientes partes: funículo, pedúnculo, integumentos, micrópila, núclea y saco embrionario. El funículo es el soporte del óvulo que une a la placenta, los integumentos son capas que se desarrollan a partir de la base de la núclea envolviéndola casi completamente, quedando una pequeña abertura llamada micrópila que es el punto donde los integumentos se encuentran (Carvalho y Nakagawa, 1981).

La núclea es el cuerpo del óvulo y contiene en su interior el saco embrionario, sirve de alimento al embrión durante su desarrollo pudiendo ser absorbida completa o parcialmente. Cuando no es absorbida completamente permanece como tejido de reserva en la semilla madura tomando la denominación de perisperma. El saco embrionario está dentro del tejido nucelar y contiene ocho núcleos (Popinigis, 1977).

1.3 Macrosporogénesis y macrogametogénesis

La macrosporogénesis se inicia con el apareamiento de la célula parietal primaria en el interior del tejido nucelar. Ésta célula se divide en dos, la interior toma el nombre de célula asquesporial que se transformará en la célula madre del saco embrionario. Después de divisiones meióticas, se forma una tetrada lineal de megasporas (macrosporogénesis). Las tres células de la parte micropilar no son funcionales y degeneran. La megaspora funcional sufre tres divisiones mitóticas resultando en la formación de ocho núcleos polares de los cuales tres se aíslan en pequeñas células en una posición opuesta a la micrópila, denominándose antípodas. Otros tres núcleos también se aíslan y se agrupan junto a la micrópila, de éstas, la célula central se diferencia en gameto femenino denominado oosfera y las dos laterales toman el nombre de sinérgidas (Figura 2). En la parte central del saco embrionario (gametofito femenino) se quedan los dos núcleos restantes y toman la denominación de núcleos polares (macrogametogénesis).

Los dos núcleos polares migran al centro del saco embrionario, de esa forma se completa el desarrollo del saco embrionario, con tres antípodas (n), dos sinérgidas (n) y la oosfera, célula huevo o gameto femenino (n) (Marcos Filho, 2005).

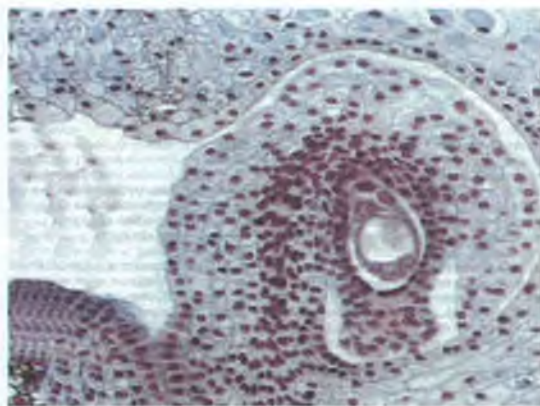


Figura 2. Estado final de desarrollo del óvulo y saco embrionario (Raven *et al.*, 2001).

1.4 Microesporogénesis y microgametogénesis

En el inicio de la formación de la yema o botón floral, el primordio de la antera es constituido por un tejido uniforme, compuesto por una masa de células meristemáticas homogéneas, protegido por una epidermis bien definida. En esa fase la antera ya presenta cuatro lóbulos correspondientes a las regiones ocupadas por los sacos polínicos longitudinales (Marcos Filho, 2005). Las primeras estructuras a ser diferenciadas son las células asquerosiales, las mismas que sufren una primera división formando una camada parietal primaria, que por divisiones sucesivas formará una camada intermedia denominada endotecio, estrato medio y tapete. La camada interna toma el nombre de esporogina primaria o célula esporogónica (Figura 3).

Simultáneamente a estas alteraciones las células de la camada esporogina después de sufrir varias divisiones darán origen a las tecas o células madres de los microsporos que por meiosis formarán tetradas de microsporos haploides.



Figura 3. Antera indicando los cuatro sacos polínicos recubiertos por el tapete nutritivo. (Raven *et al.*, 2001).

1.5 Grano de polen

El grano de polen o microspora se forma en la antera la cual es parte del estambre. Está envuelto en una cobertura protectora formada por dos membranas, una externa denominada exina y otra interna llamada intina; en la mayoría de los casos la exina es cutinizada y puede presentar espinos o estructuras características. Es interrumpida en algunos puntos formando una especie de poros a través de los cuales crecerá el tubo polínico (Popinigis, 1977). En la parte interna del grano surge un vacuolo central y posteriormente el núcleo de éste sufre una división mitótica (Figura 4), de esta división resulta una pequeña célula generativa y una célula más grande denominada célula vegetativa.

Cuando el grano de polen entra en contacto con el estigma, éste absorbe la secreción exudada del estigma y germina, desarrollando lo que se denomina tubo polínico que es el resultado del crecimiento de la célula vegetativa. El tubo polínico crece a través del estilo hasta llegar al óvulo a través del cual se desplaza la célula generativa, ésta sufre una división mitótica durante su trayecto en el tubo polínico formando dos células espermáticas.

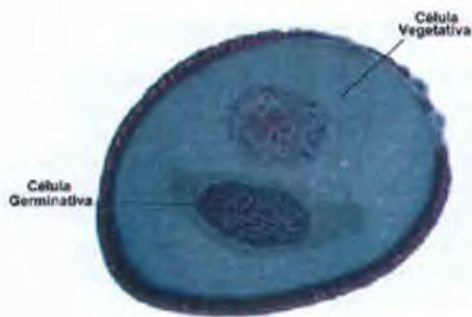


Figura 4. Grano de polen, conteniendo las estructuras del gameto masculino (Raven *et al.*, 2001).

1.6 Doble fecundación o singamia

La formación de la semilla comienza con el proceso de fecundación mediante la unión de los gametos. Las anteras al llegar a la maduración se rompen liberando los granos de polen, los cuales son transportados por insectos, viento o agua. Cuando los granos de polen alcanzan el estigma, se adhieren a la superficie gracias a las características de la exina y de las peculiaridades de la superficie del estigma (Marcos Filho, 2005). Luego los granos de polen absorben los líquidos estigmáticos y germinan emitiendo el tubo polínico que atraviesa el canal del estilo, llegando hasta el óvulo.

A través del tubo polínico pasan al interior del óvulo, por la micrópila, las dos células espermáticas del grano de polen y una de ellas se une con el núcleo de la oosfera (gameto femenino) dando lugar al cigoto, a partir del cual surge el embrión de la semilla. La otra célula espermática del gameto masculino se une con el núcleo diploide del saco embrionario (núcleos polares) y de esa unión se desarrolla el endosperma (Figura 5). Este proceso se denomina doble fecundación o singamia, típico de las angiospermas.



Figura 5. Doble fecundación o singamia (Raven *et al.*, 2001).

1.7 Embriogénesis

El embrión de las dicotiledóneas está constituido por un eje embrionario y dos cotiledones. Los cotiledones sirven como órganos de almacenamiento de reservas alimenticias, en tanto, que el eje embrionario se compone de tres partes principales: el epicótilo o plúmula que es la parte situada arriba del punto de unión de los cotiledones y el eje; la radícula en la extremidad inferior del eje y el hipocotilo entre la radícula y los cotiledones (Popinigis, 1977). En las monocotiledóneas el embrión es constituido esencialmente por un eje embrionario y un cotiledón (Figura 6). El cotiledón es llamado escutelo o escudete y queda en contacto con el endosperma. El eje embrionario es constituido por la plúmula en la extremidad superior donde se originarán las primeras hojas, éstas son envueltas en una vaina protectora o coleoptilo. En la extremidad inferior del eje embrionario se encuentra la radícula que dará origen a las raíces, que se encuentran envueltas en una vaina denominada coleorriza.



Figura 6. Sección transversal de una semilla madura de maíz, mostrando las principales estructura de una monocotiledonea (Raven *at al.*, 2001).

1.8 Formación y desarrollo de la semilla

De forma general, las semillas presentan características típicas según la especie, siendo los elementos básicos de la estructura de la semilla; el embrión, tegumento y tejido de reserva (Arias, 1993). Desde el punto de vista funcional, está compuesta de una cobertura protectora, un eje embrionario y un tejido de reserva.

La cobertura protectora tiene funciones delimitadoras, protectoras y regula el intercambio de humedad y gases. El eje embrionario tiene funciones reproductivas y es la parte vital de la semilla, porque de este eje se inicia el crecimiento en dos direcciones, hacia las raíces y hacia el tallo; en tanto que el tejido de reserva, es la fuente de energía y de sustancias orgánicas que son utilizadas por el embrión en el proceso de germinación y vida de la semilla, hasta que la pequeña plántula se vuelve autotrófica, es decir, hasta que la plántula sea capaz de sintetizar materias orgánicas por el proceso de fotosíntesis. Estas sustancias de reserva, pueden estar almacenadas en los cotiledones o en el endosperma.

1.9 Composición química de la semilla

Las principales sustancias almacenadas por las semillas son los carbohidratos, lípidos y las proteínas (Arias, 1993). El almidón es el principal carbohidrato de reserva de los granos. Cuando el almidón es la principal sustancia de reserva, las semillas son denominadas amiláceas, si fueran los lípidos la principal sustancia de reserva, la semilla es denominada oleaginosa y es proteico, cuando las principales reservas son proteínas.

Considerando la principal sustancia de reserva, las semillas pueden ser clasificadas como ricas en carbohidratos destacándose los cereales. Las semillas ricas en lípidos, son utilizadas principalmente para cultivos destinados a la agroindustria; y aquellas semillas cuyo principal componente son las proteínas, son menos conocidos a excepción de la soya, pero se destacan granos andinos como el chocho (*Lupinus mutabilis*), la quinua (*Chenopodium quinoa*), el amaranto (*Amaranthus spp*), entre otras. Es de suma importancia el conocimiento de la composición química de las semillas, ya que su vigor potencial de almacenamiento y otro están directamente influenciados por los componentes que en la semilla se encuentran presentes.

Existe una gran diferencia en la composición química de las semillas, dependiendo de la predominancia del material acumulado, así las leguminosas son más ricas en proteína en tanto que las gramíneas son en general ricas en carbohidratos; a continuación se presenta en la Tabla 1 la composición de algunas semillas.

Tabla 1. Composición química de la principales semillas producidas por el INIAP-Ecuador, 2005. (%)*

Especie**	Agua	Proteína	Lípidos	Carbohidratos		Cenizas
				Total	Fibra	
Trigo (<i>Triticum vulgare</i>)	13.0	12.2	1.0	61.3	10.9	1.7
Maiz (<i>Zea mays</i>)	13.5	8.8	4.8	69.1	2.2	1.6
Soya (<i>Glycine max</i>)	11.5	37.9	20.0	18.2	6.5	5.9
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	13.0	9.7	1.7	68.6	4.5	2.4
Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	12.0	20.0	1.3	56.1	8.0	2.6
Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	12.5	39.9	13.0	23.0	8.7	3.0
Haba (<i>Vicia faba</i>)	12.0	25.8	1.1	57.9	1.8	1.4
Avena (<i>Avena spp.</i>)	13.5	9.0	5.0	58.1	10.0	4.3
Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	11.5	19.0	1.5	59.4	4.2	4.5

*Valores calculados para la humedad en el punto de equilibrio de las isoterms de adsorción

**Fuente: Departamento de Nutrición y Calidad. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP

1.10 Maduración de la semilla

El desarrollo y maduración de la semilla, son aspectos importantes a ser considerados en la tecnología de producción de semillas. El conocimiento del proceso de maduración de semillas y de los principales factores involucrados, es de fundamental importancia para la orientación de los productores en el control de calidad, principalmente respecto a la planificación de la época ideal de cosecha, con el objeto de obtener calidad y productividad (Dias, 2001).

Después de la fecundación o doble fertilización, el óvulo sufre una serie de modificaciones, tanto en sus funciones, como en la fisiología, originando la semilla que alcanza su mayor tamaño y peso seco. En este punto más alto para las diversas especies, las semillas llegan también a la máxima germinación y vigor. Las transformaciones ocurridas durante el periodo de formación de la semilla se reflejan en el grado de humedad, peso, tamaño, germinación y vigor.

Entre los aspectos más importantes en la producción de semillas se debe considerar el momento exacto en el cual la semilla tiene la mejor calidad física, fisiológica y sanitaria, para iniciar la cosecha, por lo que no se trata de un hecho sencillo y aislado, sino que se trata de un compromiso entre el rendimiento en semilla y la calidad de la misma; en este sentido, se recalca como criterios fundamentales para juzgar la calidad de las semillas, el contenido de humedad, la consistencia del endosperma y cotiledones, la viabilidad del embrión, los cambios bioquímicos, la sanidad y el desgrane entre otros.

Durante el desarrollo de las variedades mejoradas y en la multiplicación de semillas, un estudio obligado es la determinación del punto de madurez fisiológica (MF), es decir, el punto en el que las semillas alcanzan el máximo de germinación, vigor y materia seca. En este punto la semilla ya no depende más de la planta madre por lo tanto, ya no recibe fotoasimilados de ésta y pasa a ser un organismo individual e independiente, que tiene que mantenerse con vida recibiendo el alimento de las sustancias de reserva almacenadas en el endosperma o cotiledones. La Figura 7, muestra como luego de la fertilización del óvulo, la germinación, el vigor, la materia seca, la humedad y la sanidad van cambiando conforme pasan los días y la semilla va madurando, hasta alcanzar sus puntos máximos.

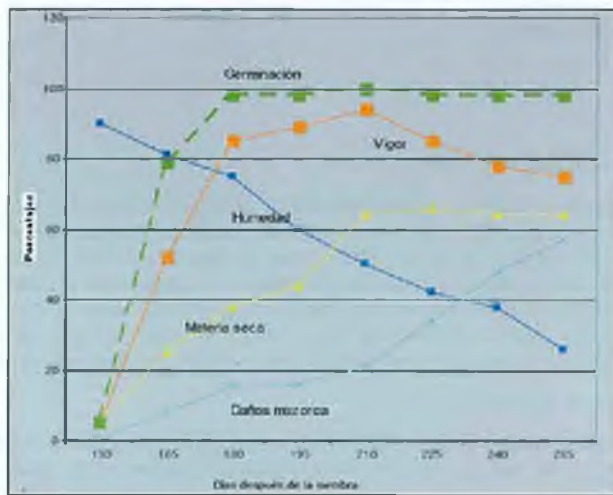


Figura 7. Tendencia general de la maduración de semillas de maíz amiláceo, variedad INIAP-101, a 3 058 m.s.n.m. INIAP-Santa Catalina, 2003.

1.10.1 Contenido de humedad

En el momento de la fecundación, el contenido de humedad del óvulo es elevado, generalmente más del 80%. Este valor tiende a aumentar, llegando muchas veces a 90% por períodos cortos. A medida que la semilla se va formando, la humedad disminuye gradualmente, ocurriendo el intercambio de humedad por aumento de materia seca.

Normalmente, el agricultor cosecha la semilla cuando la humedad llega a valores entre 13 y 20%, mucho después que ocurrió la MF. Como se puede observar en la Tabla 2, el porcentaje de humedad a la MF es diferente para cada una de las especies.

La velocidad de deshidratación, también depende de las características de la especie; por ejemplo, en maíz, la presencia de las hojas y la proximidad de las semillas en la mazorca, imponen mayores restricciones a la difusión del agua para la atmósfera que en semillas de soya y trigo (Marcos Filho, 2005).

Tabla 2. Contenido de humedad de semillas de varias especies en el punto de maduración fisiológica. INIAP, Santa Catalina, 2008

Especie	Humedad (%)
Avena (<i>Avena sativa</i>)	32
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	30
Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	40
Maíz (<i>Zea mays</i>)	35
Ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i>)	40
Trigo (<i>Triticum spp.</i>)	32
Soya (<i>Glycine max</i>)	45

1.10.2 Peso de la semilla

A medida que la semilla se desarrolla, aumenta su peso tanto de materia verde como de materia seca, llegando a su máximo, exactamente cuando alcanza la MF. En el punto de máximo peso, la semilla tiene un elevado contenido de humedad y la cantidad de sustancias orgánicas a ella transportadas, se equilibra con aquella consumida en la respiración. El punto de máximo peso de materia seca, coincide con aquel en que la semilla llega al máximo vigor y germinación (Popinigis, 1977). En este momento la semilla tiene la capacidad plena e ideal de respuesta en campo y este estado es conocido como punto de MF.

1.10.3 Tamaño de la semilla

El óvulo fecundado es una estructura minúscula en relación al tamaño final de la semilla. Las primeras etapas de la embriogénesis comprenden intensas divisiones celulares y su expansión; esos hechos determinan un aumento progresivo del tamaño de la semilla en formación (Marcos Filho, 2005), llegando al máximo en el momento de la MF. Después de ésta, la tendencia es a disminuir en tamaño, en razón de las pérdidas de humedad, la reducción del tamaño de las semillas de leguminosas es más evidente que en semillas de gramíneas.

1.10.4 Poder germinativo

La germinación asegura al productor que la semilla que está sembrando, genere una nueva planta; al germinar el embrión, podrá garantizar, en condiciones ambientales favorables, la formación de plántulas normales. Muchas especies adquieren su capacidad de germinación días después de la fecundación. Esa situación ocurre paulatinamente en la semilla llegando a un máximo en la MF. De la misma forma que los otros parámetros citados, el vigor también aumenta a medida que la semilla se forma, y llega a su punto máximo en la MF. La suma de todos los atributos tales como: peso (materia seca), tamaño, germinación y vigor y las variaciones ocurridas en términos de proteínas, lípidos y carbohidratos; además, de los mecanismos de auto protección, como la aparición de inhibidores en el momento de la MF, son hechos determinantes en la formación completa de la semilla.

1.10.5 Vigor

Según Delouche y Cadwell (1960), el vigor de la semilla, es la suma de todos los atributos de ésta, que favorecen el establecimiento en campo de un número adecuado de plantas, en condiciones desfavorables de clima y suelo.

De manera general, el vigor de las semillas aumenta conforme se incrementa el contenido de materia seca, alcanzando el máximo en el punto de mayor peso seco. De tal forma que para la obtención de semillas con máximo vigor, la cosecha deberá realizarse cuando ésta haya alcanzado el punto de MF. En este momento el secamiento hasta humedades seguras (promedio 13%), deberá ser efectuado inmediatamente, para reducir la velocidad de respiración y disminuir el deterioro.

1.10.6 Germinación

La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión en condiciones adecuadas de clima y suelo. El embrión de la semilla inicia su formación a partir del momento de la fertilización del óvulo y se desarrolla durante la maduración hasta que su crecimiento se detiene y el contenido de humedad disminuye a niveles que permitan reducir la actividad metabólica.

Teóricamente, es lícito considerar que el porcentaje de semillas aptas a germinar sea creciente durante la maduración, llegando al nivel máximo en la época próxima a la paralización del flujo de materia seca de la planta para las semillas (Marcos Filho, 2005). Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas, y la fase final de la germinación consiste primero en la activación de aquellos procesos por el aumento del contenido de humedad y de la actividad respiratoria de la semilla. La germinación comprende varias fases entre las que se puede citar: la embibición de agua, hidratación de tejidos, absorción de oxígeno, actividad enzimática, división celular, diferenciación celular y tejidos, crecimiento y diferenciación de tejidos, emergencia de plántulas, entre los principales.

1.10.7 Factores que afectan la germinación

La capacidad germinativa de las semillas que normalmente vienen rotuladas en términos de porcentaje de germinación en las fundas de semilla, es aquel que fue obtenido en laboratorio sobre condiciones controladas (Nakagawa, 1999). Así se determina que la germinación es la capacidad que tiene el eje embrionario en reiniciar el crecimiento bajo condiciones adecuadas y normales de agua, temperatura, oxígeno y luz.

La primera condición para la germinación de una semilla viable es la disponibilidad de agua para su rehidratación, de esta manera el aumento de la humedad acrecentará la actividad respiratoria a un nivel que sea capaz de producir el crecimiento del embrión con el aporte suficiente de energía de las sustancias orgánicas almacenadas en el endosperma. Delouche (1965), realizó algunos estudios sobre la velocidad respiratoria en semillas de maíz, en función del aumento y grado de hidratación, pudiéndose observar que la velocidad respiratoria aumenta con el aumento de la humedad (Tabla 3).

Tabla 3. Velocidad respiratoria de semillas de maíz en relación con su contenido de humedad (Delouche, 1965).

Contenido de humedad %	Velocidad respiratoria <i>ml CO₂/g peso seco/día</i>
12,8	0,0014
15,8	0,0144
17,9	0,0840
20,1	0,1680
22,1	0,2760
45,0	2,1600

Según la constitución de las semillas, las diferentes partes de ésta absorben agua a diversas velocidades, así el tegumento absorbe más lentamente que otras estructuras ya que este desempeña funciones de transportación de agua del medio ambiente para el interior de la semilla. En tanto que el eje embrionario absorbe la humedad rápidamente y de forma continua, puesto que a más del alargamiento de sus células, dará origen también a nuevas células y parte de esta agua se tomará elemento de constitución de estas nuevas células. Los tejidos de reserva absorben agua a una velocidad intermedia y luego de completar su rehidratación actúan como reservorio (Popinigis, 1977).

La germinación es un proceso complejo que comprende diversas fases en las cuales la temperatura juega un rol importante, así los efectos de la temperatura no presentan un valor específico pero generalmente pueden ser identificados tres puntos críticos:

- 1) Temperatura mínima, es aquella bajo la cual no existe germinación visible en un periodo de tiempo razonable.
- 2) Temperatura máxima, es aquella encima de la cual no hay germinación.
- 3) Temperatura óptima, es aquella en la cual un número máximo de semillas germina en un periodo de tiempo mínimo.

Según Popinigis (1977), los efectos de la temperatura pueden ser influenciados por la condición fisiológica de las semillas, así, semillas recién cosechadas generalmente presentan dormancia residual, por lo que exigen temperaturas diferentes de aquellas exigidas por semillas no dormantes. A medida que las semillas pierden esa dormancia residual, la temperatura óptima de germinación cambia para más o para menos y la distancia entre los límites de variación de temperatura aumenta de la mínima a la máxima.

La mayoría de especies necesitan de aereación, es decir, requieren de oxígeno para germinar, ya que el proceso germinativo demanda energía que es proporcionada por las reacciones oxidativas. Generalmente cuando mayor oxígeno se encuentra en el ambiente, existirá un aumento en velocidad de absorción, incidiendo en el aumento de la velocidad respiratoria del embrión.

En referencia a la luz, se ha podido observar que las semillas de la mayoría de plantas cultivadas, germinan tanto en presencia como en ausencia de luz. La exigencia de luz para germinar por parte de determinadas especies, está más relacionada a un tipo de dormancia específica. Toole (1973) cita a Flint McAlister quienes por primera vez determinaron los efectos de varias longitudes de onda luminosa sobre la germinación de semillas de lechuga. Ellos encontraron que los efectos más pronunciados de la irradiación en el aumento de la germinación ocurren en la región de la luz roja del espectro 600-700 nm. en tanto, que la inhibición máxima ocurre en la faja de la luz infrarroja de 720 a 770 nm.

10.8 Tipos de germinación

La germinación de las semillas, puede ser EPIGEA o HIPOGEA. Estos tipos dependen del modo por el cual el sistema caulinar emerge de la semilla durante la germinación. Así, por ejemplo, en el caso del fréjol (*Phaseolus vulgaris*), el hipocótilo se alarga y dobla durante el proceso, de esta manera forma un gancho que llega a la superficie del suelo halando los cotiledones y la plúmula al exterior. Esta forma de germinación de las semillas en la cual los cotiledones son llevados fuera del suelo se llama germinación epigea (Raven *et al.*, 2001).

En la germinación hipogea en cambio, los cotiledones quedan bajo el suelo, este tipo de germinación se puede observar en el desarrollo de plántulas de maíz (*Zea mays*), que presenta un embrión altamente diferenciado; la coleoriza que envuelve a la radícula es la primera estructura que crece a través del pericarpio. Después que la raíz primaria emerge, el coleóptilo, que envuelve a la plúmula es empujado para arriba por acción del alargamiento del mesocotilo y cuando la base del coleóptilo alcanza la superficie del suelo, sus márgenes se abren en ápice y las primeras hojas de la plúmula comienzan a emerger (Figura 8).

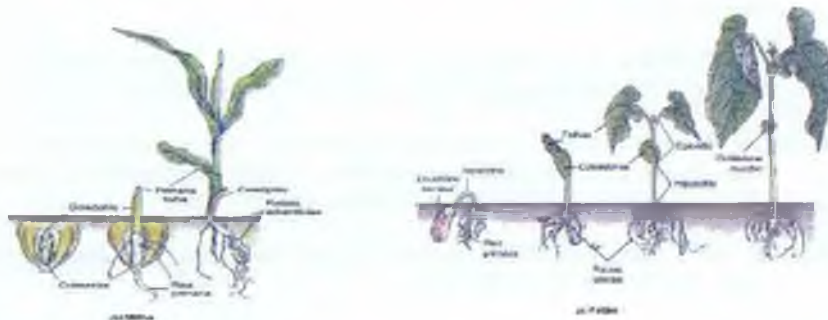


Figura 8. Tipos de germinación: Hipogea para maíz y Epigea para fréjol (Raven *et al.*, 2001).

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS, C. 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Reimpreso en Quito Ecuador 1996. Santiago, Chile. 392 pp.
- CASTILLO, R.; ESTRELLA, J. y TAPIA, C. 1991. Técnicas para el manejo y uso de recursos genéticos vegetales, Quito-Ecuador. 248 p.
- CARVALHO, N. y NAKAGAWA, J. 1983. Sementes-Ciencia, Tecnologia e Produção. Fundação Cargil. Campinas- Brasil. 429 p.
- DELOUCHE, J.C. y CADWELL, W.N. 1960. Seed vigor tests. Proc. Ass. Oficina. Seed Analysts, 124 p.
- DELOUCHE, C. 1965. Deterioration of Crimson clover seed in stage. Proc. Ass. Off. Seed Analysts, 55.66-75 p.
- DIAS, D C.F. 2001. Maduración de la semilla. *In*. SeedNews, La Revista internacional de semillas. Edição Nº 6. Año V. Noviembre/Diciembre ISSN 1415-0387. Pelotas-Rs. Brasil. 30 pp.
- FRANKEL, O.H. y BENNETT, E.1970. Genetic Resources *in* Plants their exportation and conservation. International Biological Programme. IBP. Handbook. N. 11. Great Britain. p. 21.
- MARCOS FILHIO, J. 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz-FEALQ. Piracicaba, SP, Brasil. 495 p.
- NAKAGAWA, J. 1999. Germinação das Sementes. *In*. SeedNews A Revista internacional de sementes. Edição Nº 13. Setembro/Octubro ISSN 1415-0387. Pelotas-Rs. Brasil. 38 p.
- POPINIGIS, F. 1977. Ministerio da Agricultura AGIPLAN. Fisiologia de sementes, Brasília - Brasil. 289 p.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S.E. 2001. Biología Vegetal. Sexta Edición. Editorial Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. RJ. Brasil. 906 p.
- SANCHEZ, D. 1991. Formación y desarrollo de la semilla. *In*. Técnicas para el manejo y uso de los recursos genéticos vegetales: (Castillo R, Estrella J y Tapia C. Editores). Empresa Editora Porvenir. Quito, Ecuador. 250 p.
- TOOLE, V.K. 1973. Effect of light, temperature and their interaction on the germination of seeds. Seed Sci. & Tech, 1(2):339 p.
- VELASQUEZ, J.S. 2002. Setor de sementes de batata na Região Andina do Equador. Rio Grande do Soul. Brasil. 59 p.

CAPÍTULO 2

2. PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

En todo cultivo, la semilla es el medio por el cual se entrega al agricultor todo el potencial genético de una variedad con características superiores y para que esta tenga impacto en la agricultura, además de ser de alta calidad, es necesario que sea utilizada por muchos agricultores (Peske y Barros, 2000). Nuevas variedades mejoradas, se toman insumos agrícolas importantes, cuando las semillas están a disposición de los agricultores y son del agrado de ellos, pero semillas de alta calidad utilizadas con prácticas culturales inadecuadas, no reflejarán todo su potencial. Las semillas son la base genética para la producción de mayores cosechas y el agente de cambio en las situaciones de producción agrícola (CIAT, 1981).

2.1 Atributos de calidad de semillas

Es a través de una semilla de alta calidad que se consigue otorgar a los agricultores el resultado de varios años de trabajo de investigación, permitiéndoles utilizar todo el potencial genético de una nueva variedad superior (Martins *et al.*, 1993). De esta manera, la preocupación de los productores de semilla con respecto a la calidad de su semilla debe ser constante, en el sentido de alcanzarla, mantenerla y evaluarla. En este aspecto, la tecnología de semillas ha definido cuatro atributos de calidad que son: genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios.

2.1.1 De calidad genética

La calidad genética de la semilla involucra, características de pureza varietal, potencial de productividad, resistencia a plagas y enfermedades, precocidad, calidad de grano y resistencia a condiciones adversas de suelo y clima. La mayoría de estas características son influenciadas por el medio ambiente. La contaminación genética es aquella resultante del intercambio de granos de polen entre variedades diferentes, en cambio la mezcla varietal, es el resultado de la mezcla de semillas de diferentes variedades. La primera ocurre en la etapa de producción y la segunda en la etapa de post-cosecha. La pureza genética de una variedad, garantiza la obtención en el campo de plantas que van a reproducir fielmente las características seleccionadas por el mejorador y esperadas por agricultores y consumidores.

2.1.2 De calidad física

Pureza física.- Es la característica que refleja los componentes físicos de un lote de semillas, éste atributo indica el grado de contaminación del lote con semillas de malezas, de otras variedades y la cantidad de material inerte. Las semillas de malezas en lotes comerciales, se dividen en comunes y prohibidas, en función de los problemas que pueden causar, dificultades de control, capacidad de multiplicación, dificultad de separación, etc. En el caso de forrajeras como rye-grass, debido a la dificultad de la cosecha mecánica, es común tener porcentajes de material inerte superiores al 40% del peso del lote.

Humedad.- El contenido de humedad de las semillas es la cantidad de agua contenida en ellas, expresada en porcentaje en función de su peso húmedo (base húmeda). La humedad ejerce una gran influencia en el desempeño de las semillas ya que por ejemplo, en el punto de cosecha para la mayoría de las especies, es determinado en función del contenido de humedad, y también en la actividad metabólica de las semillas en los procesos de germinación y deterioro. Por lo tanto, el conocimiento de este atributo permite elegir el procedimiento más adecuado para la cosecha, secamiento, acondicionamiento, almacenamiento y la preservación de la calidad física, fisiológica y sanitaria.

Daños mecánicos.- la semilla durante el proceso de producción, está sujeta a daños mecánicos. Lo ideal sería cosecharla y beneficiarla manualmente, sin embargo, esto no es práctico ni económico. Las cosechadoras, a pesar de estar perfectamente calibradas, poseen mecanismos que golpean las semillas durante la trilla. Ese procedimiento daña las semillas, si éstas son cosechadas muy húmedas o muy secas. Daños en la unidad de beneficiamiento de semillas (UBS), son también comunes, cuando las semillas pasan varias veces por los elevadores y transportadores. Según Vilela de Andrade y Silveira (1993), los daños pueden ser de dos tipos, visual y latente. El daño mecánico visual afecta directa e indirectamente a las estructuras vitales de la semilla y actúa como una puerta de entrada para el ataque de microorganismos patógenos; en tanto que, el daño latente se manifiesta más tarde, cuando la semilla permanece almacenada.

Peso de 1000 semillas - Es una característica utilizada para informar el tamaño y el peso de la semilla. Este valor es importante al momento de la siembra ya que los cálculos de densidad se realizan ajustando la máquina para colocar un determinado número de semillas por metro.

Aspecto o apariencia - El aspecto del lote de semillas actúa como un fuerte elemento de comercialización. La semilla no solamente debe ser buena sino también parecer buena. Lotes de semillas atacadas por insectos, con semillas de maleza, material inerte y con semillas mal formadas no son bien acogidas por el agricultor.

2.1.3 De calidad fisiológica

Los atributos fisiológicos son aquellos relacionados con el metabolismo de la semilla, es decir, la expresión del potencial máximo de desarrollo de la semilla.

Germinación - es definida como la emergencia y el desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, donde se manifiesta su capacidad para dar origen a una plántula normal, bajo condiciones ambientales favorables. La germinación es expresada en porcentaje y su determinación está estandarizada en el mundo entero. Los requerimientos mínimos para el análisis de germinación están contenidos en las Reglas para Análisis de Semillas de cada país, y que, a nivel internacional controla la ISTA.

Vigor - generalmente, los resultados de la prueba de germinación normalmente no son los mismos a nivel del campo, pues en el suelo las condiciones raramente son adecuadas para la germinación. Con este antecedente, se desarrolló el concepto del vigor, que es el resultado de la conjugación de todos aquellos atributos de la semilla que permiten la obtención de un número adecuado de plantas bajo condiciones de campo. Según Kryzanowsky (1999), el vigor es la máxima expresión de la calidad fisiológica de la semilla.

Dormancia - es una protección natural de la planta para que la especie no se extinga en condiciones adversas de clima y suelo. En el caso de las semillas de malezas, la dormancia es perjudicial para el agricultor, pues dificulta su control ya que algunas semillas pueden permanecer dormantes por muchos años en el suelo (Peske y Barros, 2000). En el caso específico de especies forrajeras, el estado de dormancia es benéfico, pues posibilita la resiembra natural. La dormancia también es expresada en porcentaje y es más acentuada en algunas especies que en otras. Por ejemplo, en semillas de rye-grass bianual, el porcentaje de dormancia luego de la cosecha puede alcanzar valores superiores al 80% de las semillas del lote.

2.1.4 De calidad sanitaria

Es conocido que las semillas son excelentes vehículos para la distribución y diseminación de patógenos. Pequeñas cantidades de inóculo en la semilla pueden tener un gran significado epidemiológico, pues los patógenos transmitidos por las semillas incluyen bacterias, hongos, nemátodos y virus. Por tal razón las semillas utilizadas para propagación deben ser sanas y libres de patógenos. Semillas infectadas con algún patógeno pueden presentar problemas de viabilidad o ser de bajo vigor y lo que es peor pueden contaminar áreas exentas de patógenos.

2.2 Técnicas de producción de semillas

Los cuidados y técnicas para la producción de semillas no tienen muchas diferencias de las utilizadas para producción comercial, pero se requieren de estrictos cuidados desde el momento de la siembra, desarrollo del cultivo, manejo post-cosecha y comercialización. Entre las principales tenemos:

2.2.1 Semilla y variedad

La selección de la semilla madre y la variedad seleccionada para siembra, es el primer paso en la obtención de semillas de alta calidad, así el material a utilizarse para multiplicación deberá ser:

- De origen y categorías conocidas.
- De alta pureza genética.
- Totalmente libre de plagas y enfermedades.
- Con alta calidad fisiológica, es decir alta germinación y vigor.

La elección del agricultor de una variedad determinada, más allá del aspecto de producción del cultivo toma en cuenta la facilidad de comercialización del producto, en función de las exigencias del mercado consumidor. Por esta razón los productores de semillas pueden trabajar con más de una variedad para abastecer mercados diversos.

2.2.2 Selección del terreno

Los campos destinados a producción de semillas, deben ser los que tengan las mejores características físicas, químicas y sanitarias. Para ello, el productor de semillas, debe conocer la historia del terreno. Esta historia involucra un levantamiento de especies o variedades cultivadas en los años anteriores, malezas existentes, problemas locales con plagas, enfermedades y/o nemátodos, condiciones de fertilidad, problemas de erosión, entre otros.

2.2.3 Cultivo anterior

El terreno no debe haber sido sembrado con la misma especie en el año o años anteriores, conforme la variedad escogida (MAG, 1978). Dependiendo de la especie, no se acepta ni siquiera con especies afines. Este cuidado o exigencia se debe al hecho de que las semillas caídas en el suelo sobreviven de un año para otro, o a veces por más de un año principalmente si éstas presentan el fenómeno de dormancia, común en leguminosas, y en especies forrajeras. Otros problemas relacionados con el cultivo anterior son las enfermedades y plagas que pueden constituirse en fuentes de inóculo o de hospedero a través de los restos de los cultivos.

2.2.4 Especies silvestres

El conocimiento de las malezas predominantes en el campo es de gran importancia, pues además de ser más fácil producir en áreas libres de malezas, existe el hecho de que éstas pueden encuadrarse dentro de aquellas consideradas prohibidas para la región. Deben ser rechazadas aquellas áreas más problemáticas con malezas, principalmente con las consideradas prohibidas. Un ejemplo bien típico es el caso de la presencia de malezas conocidas como arroz rojo y/o negro, que vuelve totalmente inadecuado la instalación de un campo de producción de semillas de arroz (Peske y Barros, 2000).

2.2.5 Insectos

La presencia de insectos necesita ser analizada bajo dos aspectos: el negativo con los efectos comúnmente abordados y conocidos para los cultivos, concluyéndose que ambientes favorables a la presencia de ellos necesitan ser evitados. El aspecto positivo, menos considerado, involucra la relación planta - insecto en lo que se refiere a polinización. En algunas especies existe una alta especialización en esa relación, donde el desarrollo de la semilla se torna imposible sin la intervención de una especie particular de insectos. La familia que presenta especies más adaptadas para la polinización por insectos son las leguminosas, siendo las abejas las responsables por tal proceso y es más notorio en semilleros de alfalfa y trébol.

En otras familias, las flores son accesibles también a otros insectos, como en el caso del algodón, el girasol, la lechuga, la cebolla, la zanahoria y las brásicas. Los órdenes de insectos polinizadores que marcan destacarse son: Coleópteros, Lepidópteros, Dípteros e Himenópteros. El orden Thysanoptera (trips) presenta varias formas que visitan las flores, pero la contribución de estos insectos es pequeña.

2.2.6 Siembra

Época de siembra - La época de siembra, juega un rol importante en la obtención de semillas de alta calidad, ya que hay regiones donde el período de lluvias es bien definido, pudiendo planearse la siembra para eliminar el principal factor de deterioro en campo, que son las lluvias después de la maduración de las semillas. Muchas veces el mejor período para la producción de semillas de alta calidad no coincide con el mejor período para alcanzar alta producción de granos. De esta manera, la época de siembra es una opción de la administración técnica a cargo, llevando en consideración el costo/beneficio de la calidad, que varía entre las distintas especies de semillas.

Densidad de siembra - Para la producción de semillas certificadas, se utilizan semillas de la categoría Registrada o Básica, de alta calidad genética. Es aconsejable que estas semillas tengan una alta tasa de multiplicación, aún más cuando se trata de nuevas variedades, para que realmente sean utilizadas por los agricultores. En estas condiciones, se recomienda que se utilicen bajas densidades de siembra, para que cada planta resultante produzca más semillas. Con bajas poblaciones de campo hay, dentro de ciertos límites, una compensación donde las plantas se desarrollan o emiten más macollos. En resumen, habría una mayor tasa de multiplicación de semilla.

Preparación del suelo - La emergencia y desarrollo inicial de las plántulas, es esencial tanto para la producción de granos como para la producción de semillas. Para un lote de multiplicación de semillas es aún más importante, pues requiere uniformidad en el establecimiento de las plantas y de la homogeneidad del lote. En este sentido, el suelo debe ser bien preparado para que las semillas tengan la misma profundidad de siembra y el mismo contacto con el suelo, a fin de que haya sincronización en la emergencia y posterior floración.

Aspecto de enorme importancia en especies alógamas como el maíz (Figura 9). Campos de producción de semillas desuniformes, además de los problemas de producción, dificultan las inspecciones y el control de calidad, por lo tanto no hay que escatimar esfuerzos en la preparación del suelo, para dejar un lote perfectamente preparado.



Figura 9. Preparación de suelo para siembras de lotes de semilla de maíz. INIAP, 2008.

2.2.7 Aislamiento

El aislamiento es importante para evitar la contaminación por polen de otros cultivares o variedades indeseables, lo que, además de causar desuniformidad en el lote de semillas a ser producido, provoca una disminución de la producción en el cultivo siguiente (Vilela de Andrade y Silveira, 1993). Los campos para producción de semillas deben estar aislados o separados, a fin de evitar contaminación genética a través de la polinización cruzada y contaminación mecánica o mezclas varietales, durante la cosecha. En este punto, el primer aspecto a ser abordado, es la tasa de fecundación cruzada, así en la Tabla 4, se presenta una lista de plantas autógamas y alógamas. Se debe considerar que muchas de las especies encuadradas como autógamas pueden presentar una tasa elevada de cruzamiento, como el caso de arveja y haba que pueden llegar a tasas superiores al 30%.

Tabla 4. Tipos de polinización de algunas especies producidas en la Estación Experimental Santa Catalina. INIAP, 2008.

Autógamas	
Avena	<i>Avena sativa</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>
Fréjol	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Arveja	<i>Pisum sativum</i>
Haba	<i>Vicia faba</i>
Alógamas	
Maíz	<i>Zea mays</i>
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>

El aislamiento de los campos de producción se puede efectuar por los siguientes procedimientos:

Espacio - Es el tipo de aislamiento más comúnmente utilizado y puede ser efectivamente controlado por el productor de semillas, pues se controla la distancia del campo a la fuente de contaminación de polen (Peske y Barros, 2000). Además de este aspecto, la distancia entre los cultivos a ser aislados está en función de:

- Período de viabilidad del grano de polen.
- Distancia que el grano de polen puede alcanzar.
- Modo por el cual el grano de polen es transportado (viento, insectos).
- Número de granos de polen producido por unidad floral del cultivar.
- Clase de semilla a ser producida.
- Combinación con otros métodos de aislamiento.

Es así como se definen las distancias mínimas de aislamiento, de tal manera que cuanto más alta la calidad de semilla, se necesita de un mayor rigor en términos de aislamiento.

Época de siembra - Este tipo de aislamiento puede ser utilizado de manera que la floración de cada variedad ocurra en épocas diferentes. Para el caso de maíz, un retraso de 15 días es suficiente, desde que la emergencia ocurra de forma uniforme, y no haya diferencia de ciclo entre las variedades consideradas.

Barreras vivas - La distancia mínima de aislamiento puede ser reducida si se siembran bordes, que irán a constituir una barrera vegetal. Pueden ser líneas de bordes con la variedad o con el híbrido polinizador, de tal manera que el número mínimo de líneas es definido en función del área cultivada. El número es inversamente proporcional al área y la distancia entre el campo de producción y el cultivo más próximo de esa especie. Barreras naturales, como elevaciones del terreno, bosque, árboles, así como barreras formadas por plantas cultivadas, pueden complementar el aislamiento.

Como cuidados complementarios se debe tomar en cuenta la dirección y el sentido de los vientos predominantes en el área o región, así como la actividad de los insectos. Pues, especies autógamas con alguna polinización de insectos como Solanáceas (berenjena, pimiento), y Malváceas (algodón), necesitan un aislamiento semejante al de las alógamas, llegando hasta 1 500 m. En la Tabla 5 se presenta algunos ejemplos de aislamientos mínimos para la producción de semillas.

Tabla 5. Aislamiento mínimo para campos de producción de semillas, de acuerdo con experiencia del INIAP - Santa Catalina.

Especie	Distancia (m)
Cebada	6
Fréjol	20
Haba	100
Arveja	50
Forrajeras alógamas	500
Forrajeras autógamas	10
Trigo	6
Maíz	500

2.2.8 Abonadura

Suelos fértiles deben ser preferidos para la multiplicación de semillas, pues en ellos se obtienen no sólo las mayores producciones sino también semillas de mayor calidad. Los nutrientes, N-P-K, son necesarios para la formación de nuevos órganos y de materiales de reserva a ser acumulados. De esta manera, la disponibilidad de nutrientes influye en la buena formación del embrión, de órganos de reserva y del tejido protector, así como en la composición química y en consecuencia en su calidad fisiológica y física. Varias experiencias han relacionado fertilización con calidad fisiológica y física de las semillas. Hay una estrecha relación entre la cantidad de los nutrientes aplicados a la planta madre y su posterior determinación en la calidad de la semilla. Sin embargo, esa misma tendencia muchas veces no es constatada en relación a la calidad de las semillas por pruebas rutinarias de evaluación.

Uno de los efectos de la producción de semillas en suelos poco fértiles, es la producción de semillas de menor tamaño, lo que necesariamente no quiere decir de menor calidad. Sin embargo, se sabe que una planta bien nutrida producirá una semilla normal que no morirá ante las primeras adversidades.

2.2.9 Riego

El riego como técnica moderna del manejo de cultivos ha mostrado buenos resultados en la producción de granos para el consumo. Tratándose de producción de semillas, los retornos económicos deberán ser mayores, considerando el nivel tecnológico del productor.

Otro hecho que viene a marcar aún más la importancia del riego para la producción de semillas son las necesidades climáticas compatibles con la calidad de las semillas: baja humedad relativa del aire, baja precipitación pluvial y un período bien definido de lluvias en la fase de maduración y cosecha de las semillas. A pesar de que las necesidades máximas o los períodos críticos de déficit de agua varían de acuerdo con los cultivos, las necesidades de la mayoría de las especies para la producción de semillas pueden ser así especificadas en función de los estados de desarrollo de la planta:

1. Fase de establecimiento y crecimiento vegetativo hasta el inicio de la floración, agua en abundancia.
2. Fase de floración - agua limitada.
3. Fase de desarrollo de la semilla - agua en abundancia. Esto para asegurar el desarrollo del mayor número posible de semillas. En este estado la planta no puede sufrir falta de agua.
4. Final de la maduración de la semilla - sin agua.

Con relación al déficit hídrico, el momento en que el mismo ocurre, así como su intensidad, pueden afectar la producción de semillas y su calidad. En maíz amiláceo, el efecto mayor es a la emergencia del estilo-estigma, resultando en menor producción, mayor proporción de semillas pequeñas y menor velocidad de germinación y vigor.

En este sentido, en campos para producción de semillas de especies alógamas, se recomienda que el riego por aspersión sea hecho en el período nocturno, para no interferir en el trabajo polinizador de las abejas y no traer disturbios en efectos sobre la germinación del grano de polen y en el crecimiento del tubo polínico.

2.2.10 Purificación de lotes o "roguing"

La labor de *roguing*, también llamada purificación, es una técnica usada para la eliminación de plantas contaminantes en un campo de producción de semillas. Es decir el *roguing* es la limpieza total y sistemática de plantas de un campo de producción de semillas, evitando la pérdida de semillas por problema de calidad cuando existen en el campo plantas polinizadoras indeseables y/o plantas de malezas (Martins *et al.*, 1993).

La purificación de lotes permite retirar:

- a) Plantas atípicas o fuera de tipo de la especie y/o variedad que está siendo producida.
- b) Plantas de especies indeseables que puedan polinizar la especie.
- c) Especies indeseables que producen semillas y causan contaminación mecánica en la cosecha.
- d) Malezas que son difíciles de controlar mediante el uso de herbicidas, y que producen semillas de difícil separación en el beneficio.
- e) Plantas enfermas que puedan ser fuentes de contaminación para los cultivos o áreas de producción de semillas.

Si una nueva variedad es lanzada para el uso del agricultor, en el caso de que no existan cuidados con el mantenimiento de sus características genéticas, con seguridad, en poco tiempo perderá su integridad, uniformidad y sus características que fueron trabajadas por un largo periodo por el mejorador, es decir, resistencia a enfermedades, plagas, precocidad y productividad. Si analizamos que la permanencia de una planta atípica en un lote, produce 50 semillas que se multiplicarán en la generación siguiente, en el caso que no se la elimine, el resultado será: 50 semillas x 50 plantas en la generación siguiente y así sucesivamente. Por esta razón es obligación del productor de semillas realizar la purificación, es allí, donde se mantiene la pureza genética, garantizando un producto de alta pureza.

Para la purificación de los lotes se debe seleccionar y entrenar personas que tengan la capacidad de distinguir plantas diferentes o malezas (prohibidas o toleradas) (França, 2002). En el caso de híbridos, en las hileras hembras, para la eliminación de las partes polinizadoras deben formarse equipos pequeños, pues el trabajo requiere mucha atención. Cuanto mayor sea el equipo de trabajo más difícil será controlarlo, por lo que se recomienda equipos de 6 u 8 personas, quedando uno en la supervisión, caminando en líneas oblicuas.

Los periodos de realización de la descontaminación son:

- a) **Post-emergencia:** Donde puedan ser identificadas las plántulas (coloración del hipocótilo y cotiledones en leguminosas). Aquí sería más visible la identificación de plántulas voluntarias provenientes de cultivos anteriores, así como también tamaño, hábito de crecimiento y plántulas fuera de líneas.
- b) **Desarrollo vegetativo:** En el caso de especies hortícolas, cuyas partes comestibles son producidas antes de la floración; o para arroz, cuando variedades de arroz rojo ya están emitiendo panículas.
- c) **Floración:** En esta etapa se consigue, identificar diferencias entre características agronómicas y morfológicas. Por ejemplo en arveja (*Pisum sativum*) (Figura 10), el color de la flor, ciclo de la planta, forma del foliolo, coloración de las hojas, presencia de pubescencia, etc.



Figura 10. Lote de semilla de arveja (*Pisum sativum*) variedad INIAP-Lojanita, luego de la purificación INIAP, 2008.

) **Post - floración** - En este periodo el estigma no está más receptivo y la liberación de polen terminó. La semilla se está formando, comenzando el proceso lento, de senescencia de la planta y donde las características de semillas y frutos pueden ser observadas y comparadas.

e) **Pre - cosecha:** La semilla está formada y alcanzó la maduración fisiológica, las hojas comienzan a secarse y se caen; en este momento muchas veces el trabajo continúa, pues plantas indeseables aún pueden ser identificadas.

2.2.11 Cosecha

La cosecha es una actividad bastante especializada y se necesita tomar precauciones en esta fase final de campo. La cosecha realizada en el punto de M.F sería la ideal, porque ese punto la semilla tiene la máxima germinación, vigor y materia seca, pero se encuentran una serie de problemas que deben ser previstos. Su ejecución va a depender de muchos factores como: especie, área cultivada y de la tecnología disponible para la cosecha; que podrán favorecer o imposibilitar tal proceso, de esta forma, en semilleros, con áreas extensas, solo es posible la cosecha mecánica, lo que impide levantar la cosecha en la MF. En cultivos como fréjol o arveja, debido al sistema de cosecha predominante: arrancar manualmente las plantas, secarlas y luego trillarlas, se pueden cosechar en este nivel de maduración.

Por consiguiente uno de los factores que determina el momento de la cosecha o la maduración de campo (MC) para la cosecha (considerándose que la fisiológica haya llegado mucho antes), es el grado de humedad de las semillas (Figura 11). Tratándose de cosecha mecánica, se debe armonizar el grado de humedad de la semilla con el máximo de rendimiento de la cosechadora y con el mínimo de daños mecánicos a la semilla. Como este grado normalmente es alto, considerándose la humedad ideal para almacenamiento, se debe proceder al secado de estas semillas. En el caso de cosecha manual, el momento o el grado de humedad adecuado, dependerá de la especie y de las posibilidades que tenga el agricultor y/o productor de secar estas semillas. En el caso manual, la cosecha más próxima a la madurez fisiológica se torna posible, pues no se tiene el problema de daños mecánicos a las semillas.



Figura 11. Estado ideal de cosecha de un lote de semillas de avena variedad INIAP-82. INIAP, 2008.

2.2.12 Daños mecánicos

Las semillas están sujetas a daños mecánicos durante todo su manejo desde la cosecha hasta la siembra, causados por impactos, abrasiones, cortes o presiones, que resultan en daños visibles o invisibles (Alonço y Reis, 1997). Los daños mecánicos son señalados por muchos técnicos como uno de los más serios problemas para la producción de semillas, al igual que de las mezclas varietales. Los daños se presentan como consecuencia, en la mayoría de las veces, de la utilización de máquinas mal reguladas en las actividades agrícolas.

En las cosechadoras, el daño mecánico ocurre en el momento de la trilla (Figura 12), osea, cuando se separa las semillas de la estructura que las contiene o retiene (vaina, espiga, panícula). Tratándose de cosechadoras combinadas, el daño ocurre especialmente como consecuencia de los impactos recibidos en el cilindro trillador y en el momento que pasa por el cóncavo.



Figura 12. Daños mecánicos en semillas de maíz amiláceo Variedad INIAP-101, luego del desgrane del desgrane mecánico. INIAP, 2008.

La intensidad del daño mecánico depende de una serie de factores: intensidad del impacto, número de impactos, grado de humedad de la semilla, lugar del impacto y características de la semilla como: tamaño, tipo de tejido de reserva, forma, localización del eje embrionario, presencia de la cáscara, apéndice y expansiones de la cáscara, espesura y grado de compactación celular del tegumento de la semilla, espacio entre los cotiledones, etc. El lugar del impacto, además de ser algo incontrolable, presenta efecto diferenciado en función de las características de la semilla. Así, si el impacto ocurre en la región donde se localiza el eje embrionario, el daño será mayor que en otra parte.

El grado de humedad de la semilla al ocurrir el impacto es el factor que desempeña el papel más importante en la intensidad del daño mecánico sufrido por las semillas. Así, si la humedad es elevada, se tiene un daño por amasamiento; mientras que, si es baja la humedad, se tendrá un daño por fisura (Peske y Barros, 2000). A pesar de que las características de la semilla influyen en el daño mecánico, se puede considerar que el fisurado comienza a aumentar de intensidad a medida que el grado de humedad se reduce a partir de 13-16%; y el daño por amasamiento aumenta a partir de 18-22% de humedad.

Como se destacó anteriormente, el momento de la cosecha depende del grado de humedad de la semilla, pues en función de éste se puede tener mayor o menor daño mecánico, con la utilización de las máquinas cosechadoras o trilladoras.

Los daños mecánicos se pueden manifestar a través de efectos inmediatos, cuando las semillas son inmediatamente afectadas en su germinación. Estos efectos se presentan de diversas formas, como rajaduras en el tegumento, semillas partidas, lesiones en el eje embrionario, cortes, hendiduras, etc. En el caso de los daños visibles, estos son fácilmente detectados al momento de la cosecha. En cambio los daños internos, cuyos efectos solamente son detectados mediante pruebas de viabilidad, también deben ser tomados en consideración en la cosecha, pues serán los más problemáticos si la semilla es almacenada.

Los efectos latentes son observados después de que las semillas dañadas permanecen almacenadas desde la cosecha hasta la siembra. Una semilla con cualquier tipo de daño, como tegumento roto por impacto, está más sujeta a deterioración durante el almacenamiento. Además de que estos daños facilitan el deterioro debido a la alteración en el sistema protector de la semilla, y se constituyen en una puerta de entrada a microorganismos, los que aceleran el proceso deteriorativo.

Las recomendaciones para el momento de cosecha o trilla mecánica deben coincidir con aquella faja en que las semillas no son sujetas a daños, sean por fisura o por amasamiento. En fréjol, esta faja se sitúa entre 15-16% de humedad, para trigo 16-19%, para arroz 18-23% y para avena 19-21% (Peske y Barros, 2000).

2.2.13 Pérdidas de semillas

Durante la cosecha el productor está sujeto a pérdidas: cualitativas y cuantitativas. Estas pérdidas dependen de condiciones ambientales durante la cosecha, de las condiciones del cultivo en cuanto a su conducción o tecnología empleada, de las características de la especie o cultivar, y de la propia realización de la cosecha en sí.

a) Pérdidas en cantidad - La pérdida o caída natural de las semillas, por desgrane o dehiscencia de los frutos, ocurre en la mayoría de las especies cultivadas poco después de haber llegado a la MF. Es algo inherente a las especies, como una forma de diseminarse. El hombre, a través de los tiempos, puede en determinadas especies modelar este fenómeno

produciendo variedades con frutos semi-dehiscentes o indehiscentes.

La caída de las semillas trae serios problemas para el productor porque, en la mayoría de los casos no hay posibilidad, de recuperarlas. En el caso de rye grass, las pérdidas por desgrane son bastante comunes y cualquier atraso en relación al momento más adecuado de cosecha puede significar la pérdida total del campo de semillas.

Otra pérdida que ocurre en cantidad, es en la propia cosecha. Esta pérdida depende del método empleado; así, el método manual de cosecha ofrece menores posibilidades de pérdidas durante su ejecución que el mecanizado. Sin embargo, presenta el inconveniente de ser más demorado o exigir un número muy elevado de personas, dependiendo del área, para substituir a la máquina, pudiendo perder el momento exacto de la cosecha; ocurriendo entonces la pérdida natural, referida anteriormente. Las causas de las pérdidas durante la cosecha son varias y pueden estar relacionadas con el establecimiento y la conducción del semillero en forma no recomendada, lo que puede traducirse en acamamiento de las plantas, en baja altura de inserción de los frutos, en grandes cantidades de malezas, y en topografía inadecuada al funcionamiento de las cosechadoras.

También están relacionados con problemas de la propia cosechadora, como por ejemplo; regulación y momento de cosecha inadecuados; presencia de mucha masa vegetal de la planta cosechada junto con las semillas, dificultando la separación completa de éstas; y bajo contenido de humedad de las semillas, facilitando el desgrane o dehiscencia de éstos al simple contacto con la máquina.

Con relación al momento oportuno para la cosecha, éste puede ser precoz, óptimo o tardío. La cosecha precoz es aquella que se hace cuando la semilla alcanza su máximo de peso de materia seca, es decir, en la MF. En esta fase las semillas presentan alto grado de humedad, lo que dificulta o impide la trilla. La presencia de gran cantidad de masa verde de la planta dificulta o impide el funcionamiento de los mecanismos de trilla y separación de la cosechadora, originando consecuentemente pérdida de semillas.

Con la tecnología disponible en el momento, se acepta como razonable una pérdida de solamente 3 a 4% de semillas. Un buen método para determinar el porcentaje de pérdidas de cosecha consiste en contar las semillas que cayeron en un metro cuadrado de suelo en toda la extensión de la barra de corte, repitiéndose algunas veces (Peske y Barros, 2000). En resumen, las pérdidas de semillas en cantidad pueden ocurrir debido a:

- El punto de inserción de la semilla en la planta está muy bajo, como puede ocurrir en fréjol, algunas forrajeras y en algunos casos de soya.
- Desgrane natural, como ocurre en rye-grass, avena, arroz y especialmente en algunas semillas de leguminosas forrajeras.
- Partes funcionales de la combinada automotriz, como por ejemplo molinete, barra de corte, sistema de trilla y sistema de limpieza.

b) Pérdidas en calidad - En un lote de producción de semillas, la preocupación mayor recae sobre la calidad, ya que si hay pérdidas cualitativas durante la cosecha, las semillas no podrán alcanzar los estándares exigidos y serán desperdiciadas. Tal situación representa la pérdida de todo el esfuerzo que se empleó hasta entonces para la producción de las semillas.

Una de las principales causas de las pérdidas de calidad es el retraso de la cosecha, en relación a la MF. Como ya se mencionó anteriormente, después de que la semilla alcanzó la MF, prácticamente pasa a estar almacenada en el propio campo, sujeta a condiciones del ambiente, generalmente adversas. Estas condiciones adversas están dadas por el clima (lluvias, temperaturas extremas, rocío, etc), causando aceleración del proceso de deterioro; por plagas y microorganismos actuando directamente o auxiliados por las condiciones climáticas, causando daños físicos, fisiológicos y sanitarios a las semillas.

En determinadas épocas del año, el rocío puede ser responsable por un aumento en la humedad de las semillas en 5%. Todo esto conlleva a la aceleración del proceso respiratorio, aumentando el deterioro que las semillas comienzan a sufrir a partir de su MF. Como consecuencia se obtienen semillas de baja calidad, con menos viabilidad, vigor y sanidad.

2.2.14 Mezclas varietales

La mezcla de semillas, que se traduce en una contaminación del lote con semillas de otras variedades y/o especies, se constituye en un grave problema, por el hecho de ser perjudicada la pureza varietal y la pureza física.

Durante la cosecha y en las operaciones posteriores, el riesgo de que ocurra contaminación del lote de semillas es muy grande. En la cosecha manual existe la posibilidad de evitar esta mezcla, pero es en la cosecha mecanizada que el problema resulta más grave.

La mezcla varietal de semillas en la cosecha mecanizada surge en función de la mala limpieza hecha en las cosechadoras, que muchas veces, son usadas para cosechar especies y variedades diferentes, ejemplo, cebada después de trigo. Dependiendo de la complejidad de estas máquinas, la limpieza de todos los mecanismos internos demanda una atención especial. Por consiguiente, se recomienda que al final de la operación, la máquina sea accionada vacía hasta que salga todo el material de su tolva. Luego el operador debe abrir la máquina y limpiarla internamente, incluyendo aquellas partes inaccesibles.

Un soplador o sistema de aire comprimido facilitará la limpieza. Al iniciar la cosecha de otra variedad, deben descartarse los primeros sacos de semillas, pues estas pueden estar contaminadas a pesar de la limpieza hecha en la máquina.

En campos de semillas para producción de híbridos, como maíz y sorgo, deben ser cosechadas en primer lugar las líneas autopolinizadas correspondientes a las líneas machos. Posteriormente son cosechadas las líneas hembras que sufrieron despanojamiento o las con andro-esterilidad, para que no ocurran problemas de mezcla de las semillas de las dos líneas.

La cosecha, para la mayoría de las especies cultivadas, consta básicamente de cuatro operaciones: corte, trilla, separación y limpieza. Estas operaciones pueden ser realizadas de forma manual o mecanizada, separadamente o de forma mixta, o sea, corte manual y trilla mecanizada y viceversa. La selección del método para cada situación va a depender de la especie, del área, de las condiciones, de la tecnología existente, de las máquinas y de la economía del proceso.

Para determinadas especies, el corte o arranque de las plantas, vainas, espigas, etc. se realiza luego de la MF, necesitando a continuación de un periodo de secamiento para que puedan ser trilladas manual o mecánicamente, cuando lleguen al grado adecuado de humedad.

En otras especies, todo el proceso puede ser realizado de forma continua, con el uso de cosechadoras combinadas que realizan las cuatro operaciones. En este caso, hay necesidad de determinar el momento adecuado para tener máximo rendimiento de la máquina y la mínima pérdida cuantitativa y cualitativa de semillas. Estas máquinas son empleadas en la cosecha de cereales, leguminosas, oleaginosas y de forrajeras.

La cosecha de semillas forrajeras utiliza además de los métodos normalmente usados para los demás cultivos, otros más artesanales como:

- La recolección manual de las vainas o capullos maduros, en diversas ocasiones durante el ciclo reproductivo.
- El corte de las espigas o inflorescencia en forma manual o mecanizada, formando luego montones y después de 3 a 5 días realizar la trilla.
- El proceso de cosecha o recolección de semillas del suelo puede ser manual o mecanizado.

La baja pureza física, que puede dificultar el beneficio o a veces hasta impedirlo, se debe al hecho de que los lotes pueden presentar alta contaminación por semillas de malezas y de otras especies o cultivares, si éstos provienen de áreas que no recibieron el manejo específico para la producción de semillas.

Determinar el punto ideal de cosecha, se puede resumir en las siguientes recomendaciones:

1. Cosechar lo más próximo posible al punto de madurez fisiológica.
2. Cosechar las semillas inmediatamente cuando comience el desgrane con cierta facilidad, como es el caso del arroz cuando llega a 24% de humedad, soya con 20% de humedad.
3. En el caso de especies que poseen hábito indeterminado con maduración desuniforme, como alfalfa, comenzar la cosecha cuando 50% de las semillas estén maduras y se desgranen con facilidad.

Se mencionaron varias veces los términos MF y MC. La diferencia entre ellos está en que a la madurez fisiológica, la semilla llega con el máximo de calidad, que en la mayoría de las veces no coincide con el punto de maduración de campo, pues las semillas se encuentran con alto contenido de humedad. De esta manera, las semillas de maíz alcanzan la MF. con 35% de humedad y la maduración de campo con alrededor de 18% de humedad.

2.3 Inspección de campos para producción de semillas

La inspección de campos para producción de semillas, tiene por finalidad controlar y comparar la calidad de las semillas que están siendo producidas, para alcanzar los parámetros exigidos por las leyes y normas de producción de semillas de cada país. A través de un sistema establecido de inspección de semilleros, se garantiza la identidad de las semillas, obteniéndose lotes con alta pureza genética, física y fisiológica.

Diversos países han adoptado el sistema de certificación de semillas y dentro de las cuatro clases de semillas: genética, pre-básica, básica, registrada y certificada, la pureza varietal y la identidad genética son preservadas. Con un buen trabajo de inspección se puede decir entonces, que una buena semilla reproduciría una planta adulta con todas las características genéticas idénticas a la variedad que fue lanzada por el mejorador. Esto justifica plenamente el trabajo de inspección del cultivo, pues en una agricultura moderna, donde la productividad es fundamental, la pureza varietal, la identidad genética y la alta viabilidad y vigor de las semillas son las bases del producto final.

Dentro del programa de producción de semillas hay necesidad de posicionar la inspección de semillas como parte del sistema, pues es en el campo donde se puede hacer el control riguroso de la calidad genética de las plantas, observándose el desarrollo, floración, polinización y fructificación.

2.3.1 Período de inspección

En una sola inspección de campo, es muy difícil observar todos los factores que podrían afectar la calidad de la semilla, considerando que no todos los factores se presentan al mismo tiempo y cada especie tiene exigencias diferentes, por ejemplo, variedades o especies autógamas como arroz, soya, trigo, avena y cebada, son generalmente líneas puras, es por lo tanto, relativamente fácil el mantenimiento de sus características, pues una mezcla varietal es generalmente identificable en condiciones de campo y podrá ser eliminada por medio de la purificación. De la misma forma, se comportan aquellos cultivos que se propagan vegetativamente.

Especies alógamas, como trébol rojo, maíz, centeno, poseen poblaciones genéticamente más variables. La carga genética de tales especies dentro de la variedad puede diferir, pero muestran características importantes que son semejantes. En estos casos, la depuración no es eficiente, pues son variedades mucho más difíciles de mantener, resantando plantas atípicas no identificadas que pueden polinizar plantas de la variedad y formar entonces una nueva composición genética que resultará en una nueva variedad. Por lo tanto, hay necesidad de mayor rigor y medidas drásticas de prevención, en la producción de semillas de especies de polinización cruzada.

Considerando las principales fases de crecimiento de los cultivos de propagación sexual, en las cuales las características fenotípicas y genéticas son más diferenciables, para fines de inspección deben ser consideradas, las siguiente fases:

a) Pre-floración.

Esta fase de desarrollo, comprende todo el período de desarrollo vegetativo que antecede a la floración de las plantas. La inspección de campo, abarca desde la emergencia de las plántulas hasta el inicio de la abertura de las primeras inflorescencias.

b) Floración.

Este período es el más diferenciable, es caracterizado por la fase en que las flores están abiertas, el estigma está receptivo y la antera está liberando polen. Para fines de inspección, la verificación de 5% o más de plantas en floración puede ser considerada como período de floración.

c) Post-floración.

En este período, la receptividad del estigma y la liberación de granos de polen, habrán cesado. Entonces, el óvulo ya deberá estar fertilizado y desarrollándose en semilla. En esta fase de desarrollo, la semilla pasa por un estado conocido como lechoso y posteriormente llega a la fase pastosa, fácilmente diferenciable pues el grano se torna elástico cuando es presionado.

d) Pre-cosecha.

En este período la semilla ha alcanzado casi su MF, empieza a tornarse dura y la planta comienza a secarse. El grano está completamente formado, pero todavía con alto grado de humedad, debiendo esperar que seque un poco más para permitir una cosecha fácil y segura.

e) Cosecha.

En esta fase la semilla está fisiológicamente madura y suficientemente seca, permitiendo una cosecha fácil y segura; o está fisiológicamente madura y húmeda, pudiendo ser cosechada y secada artificialmente para el almacenamiento.

Los productores de semillas están sujetos a estas inspecciones, de acuerdo con la especie; las mismas que son hechas minuciosa y completamente en cada uno de los campos de producción. Los inspectores de campo que para el caso del Ecuador son técnicos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), deben ser entrenados y deben tener un buen conocimiento de las fases de desarrollo del cultivo. La institución responsable por el sistema de producción de semillas deberá tener inspectores en número suficiente para poder asegurar a cada productor y a cada semillero una inspección apropiada.

2.3.2 Tipos de contaminantes

En una inspección de campo se busca identificar los siguientes contaminantes:

Plantas atípicas.- Plantas de la misma especie del cultivo pero que se diferencian en el porte, forma, color del tallo, y por el tamaño y la forma del fruto y semilla.

Plantas liberadoras de polen.- Son plantas que poseen anteras en dehiscencia y que están liberando polen.

Panojas polinizadoras.- Plantas progenitoras hembras que estén liberando polen o que lo hayan liberado, son consideradas como contaminantes, pues provocarían auto-fecundación. El despanojamiento o eliminación de la flor masculina, es una práctica necesaria en la producción de semillas de híbridos.

Semillas inseparables.- Son consideradas inseparables, porque son de tal forma semejantes a las de la variedad considerada, que se hace difícil separarlas por medios mecánicos. Si el estado de desarrollo de esas plantas es diferente del cultivo principal, ellas no deben ser contadas y, en este caso, el productor deberá ser notificado para posterior eliminación de las mismas. En las inspecciones subsecuentes, debe certificarse si las recomendaciones dejadas anteriormente fueron cumplidas por el productor (MAG, 1978).

Plantas silvestres indeseables.- Son plantas de especies silvestres difíciles de separar por medios mecánicos; compiten con el cultivo durante su desarrollo, se torna difícil hacer la depuración, pueden ser hospederas para plagas y enfermedades, y dificultan las inspecciones y prácticas agrícolas.

2.3.3 Enfermedades

Es de conocimiento general que muchos agentes patógenos causantes de enfermedades en las plantas pueden estar en las semillas tanto interna como externamente. De esta forma, cuando hay plantas cuyas semillas puedan contener tales agentes patogénicos, éstas deben ser eliminadas y, dependiendo de la incidencia de la contaminación, muchas veces todo el campo debe ser eliminado, como es el caso de altos porcentajes de *Erwinia* spp. en lotes de semilla de papa.

2.3.4 Cómo efectuar una inspección

El examen de un campo de producción de semillas es realizado planta por planta. Se resume en la retirada de sub-muestras en toda el área de producción de semillas. A través de un croquis del campo son determinados lugares o sitios de retirada de las sub-muestras. La muestra de un campo comprende áreas pre-determinadas, completamente al azar. Las áreas de las sub-muestras están de acuerdo con el límite de tolerancia de cada cultivo para los factores contaminantes, debiendo ser representativas de todo el campo y permitir una visión general de la uniformidad del campo que posibilite una evaluación bastante precisa de la presencia de plantas atípicas, contándose y anotándose todos los contaminantes encontrados durante el recorrido de la inspección.

Durante la inspección, deberán ser observados, entre otros, los siguientes aspectos:

- Aislamiento del campo y tamaño de los bordes.
- Origen de la semilla utilizada.
- Área de producción.
- Presencia de plantas atípicas o de otras especies silvestres o cultivadas.
- Proporción de progenitores masculinos y femeninos, en el caso de híbridos.
- Sanidad del cultivo.
- Limpieza de maquinaria en la siembra y en la cosecha.
- Prácticas culturales de acuerdo con todos los requisitos del sistema de producción para la especie.

El mínimo de inspecciones debe ser ejecutado en la época apropiada de desarrollo del cultivo, pero un mismo campo no debe ser inspeccionado dos veces en un mismo día. La inspección puede ser hecha a cualquier hora del día y en cualquier estado de crecimiento del cultivo. Puede ocurrir que sectores del campo no estén localizados en áreas de sub-muestras. El deber del inspector será entonces, localizar estas áreas, determinar el tamaño, el largo de las hileras y el número de plantas involucradas, alertando al productor para hacer la erradicación de tales áreas. Es importante también resaltar que la no aceptación de un campo de semillas puede ser parcial, respetados los límites del área máxima de inspección.

Si el conteo de las sub-muestras mostrase que el campo está próximo a los patrones pre-establecidos para cualquier factor, o si existe duda en cuanto a su calidad en relación a los patrones, debe hacerse un nuevo muestreo a criterio del inspector, o si el productor lo solicita.

2.3.6 Cómo caminar en un semillero

El inspector de campos de producción de semillas tiene como deber hacer las inspecciones prescritas de acuerdo con cada especie, dentro de una determinada época. Por lo tanto, debe procurar ser lo más objetivo posible, haciendo sus inspecciones de tal forma que abarque el máximo permisible, por distancia recorrida. Existen diversos modelos de inspección de campo que pueden ser utilizados. El modelo de recorrido deberá permitir al inspector observar todas las partes del campo, lados y centro, sin considerar su forma o tamaño (Figura 13).

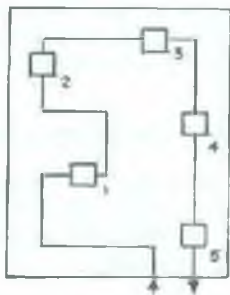


Figura 13. Sugerencia de cambios o alteraciones de dirección en una inspección de campo para muestreo o control de calidad (Moreira de Carvalho y Nakagawa, 1983)

2.4 Certificación de semillas

La certificación de semillas es un sistema creado internacionalmente para certificar la autenticidad de la semilla que es vendida a los agricultores, proporcionándoles la confianza de que el insumo que han adquirido posee las características declaradas en su etiqueta. La semilla certificada debe cumplir con requisitos de pureza varietal y de calidad, ya que también certifica la ausencia de semillas de otras especies, de malezas prohibidas, y de semillas dañadas o deterioradas; y, por supuesto, un alto poder germinativo.

La certificación es un componente importante de la industria de semillas ya que actúa en todos sus elementos, participando de la producción, beneficio, comercialización y todavía prestando servicios a los agricultores consumidores. Es el único método que permite mantener la identidad varietal de la semilla en un mercado abierto. A través del control de generaciones, permite que las semillas de las variedades superiores lanzadas oficialmente por la investigación mantengan su pureza genética y todas sus características cualitativas introducidas por los fitomejoradores y que, por ser de interés del agricultor, sean adquiridas y sembradas en gran escala.

Los países con programas establecidos de semillas, poseen una legislación (Ley de Semillas) que, expresando una política gubernamental, fomenta la producción y protege a los agricultores contra riesgos de utilizar semillas de baja calidad, así como a los comerciantes contra competidores inescrupulosos. El sistema de certificación de semillas participa dentro del programa como apoyo al cumplimiento de la ley si es realizado por una agencia del gobierno; el objetivo es el de chequear el cultivo del cual la semilla es producida con base en estándares mínimos que incluyen pureza genética y física, poder germinativo y estado sanitario, los que forman la calidad de un lote de semillas.

El éxito de un sistema de certificación está limitado a la demanda de semillas certificadas por parte de los agricultores. Este hecho depende de la habilidad de cada país para producir semillas de alta calidad de las variedades superiores en cantidades suficientes, que lleguen al agricultor lo más rápido posible dentro de los reales requerimientos de la industria semillera nacional.

La certificación ha contribuido, sin lugar a dudas, en los países para aumentar la distribución de las variedades superiores, para establecer estándares mínimos de calidad, y para capacitar a los agricultores sobre el valor de las semillas mejoradas, así, el futuro de la certificación de semillas debe fortalecerse en base a la calidad de las semillas, permitiendo que los sistemas de certificación, además de verificar y asegurar la identidad genética, participen también en la evaluación de la calidad, ofreciendo a los productores, beneficiadores, comerciantes y semillistas en general, servicios de campo, de plantas y de laboratorio (vigor y patología) que aseguren todos los beneficios de un buen programa de gestión interna y así conduzcan al uso de semillas de alta calidad.

2.5 Componentes de un sistema formal de producción de semillas

Un programa de semillas desde la investigación, hasta que el producto final sea consumido, la semilla tiene que pasar por la producción de diferentes categorías, es decir, semilla fitomejorador, semilla básica, semilla registrada, semilla certificada para finalmente llegar al agricultor quien entregará el producto al consumidor.

Es misión del ente creador de las variedades, que para el caso del Ecuador es el INIAP, producir semillas de categorías altas, es decir fitomejorador, básica y registrada y las empresas productoras de semillas son las encargadas de multiplicar la categoría certificada. La fiscalización del comercio de semilla, la hace el MAGAP en las Categorías Básica, Registrada y Certificada.

(Figura 14). En el caso de que exista déficit de semillas certificadas la Ley como en todos los países, contempla que los productores autorizados puedan multiplicar la categoría seleccionada o fiscalizada. Un programa de semillas debidamente organizado proporcionará que las semillas de las variedades mejoradas, es decir, aquellas que tienen características superiores de rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, precocidad y otros, estén a disposición de los agricultores.



Figura 14. Elementos del programa formal de producción de semillas en Ecuador,

2.6 Control de generaciones

El control de generaciones, tiene que ver con las categorías de semillas que se producen en un sistema formal de producción, así, para el caso específico del Ecuador, la denominación de las diferentes categorías está descrita en la Ley de Semillas (1978), de la siguiente manera:

a) Semilla Fitomejorador y Pre – Básica: Primera semilla obtenida del mejoramiento vegetal, material de la multiplicación de la semilla genética que sirve de base para la semilla básica.

b) Semilla Básica: Obtenida de la semilla fitomejorador y que sirve de base para la semilla registrada, producida bajo la responsabilidad de la entidad creadora o dueña de la variedad e identificada con un marbete de color blanco.

c) Semilla Registrada: Ésta categoría se obtiene de la semilla básica, material que sirve de base para la semilla certificada, producida bajo la responsabilidad de la entidad creadora e identificada con un marbete de color rojo.

d) Semilla Certificada: Primera generación de la multiplicación de la semilla registrada, identificada con marbete de color celeste.

e) Semilla Seleccionada, Fiscalizada o Común: Semilla declarada como varietalmente pura

por el productor, pero fuera del sistema de certificación, identificada con marbete de color verde claro.

2.7.- Normas de certificación

Las normas de certificación se encuentran en las leyes de cada país y son generales y específicas por especies, definen los requisitos agronómicos que deben ser seguidos en la producción de semillas bajo certificación.

2.8.- Control externo de calidad y fiscalización

El control externo de calidad lo realiza el ente fiscalizador de cada país. En el Ecuador, este control lo realiza el MAGAP y es un conjunto de medidas tendientes a verificar la calidad de las semillas bajo certificación. Consiste de una parcela de control y análisis de calidad del material básico; inspecciones oficiales de campo durante la producción, técnicas de muestreo; análisis de laboratorio para germinación, pureza, sanidad y parcelas de post-control.

En la Ley de Semillas del Ecuador corresponde a los inspectores de certificación de semillas del MAGAP, tramitar la certificación y hacer el control de calidad de las semillas que se encuentran en el comercio. Sus funciones principales son las siguientes:

- Supervisar la producción de semillas en campo así como el beneficio de los materiales en las plantas de beneficio y realizar los análisis de calidad en el laboratorio.
- Calificar los campos inscritos de multiplicación de semilla básica, registrada y certificada, con anticipación a la fecha de siembra.
- Advertir oportunamente a los productores de semilla sobre la presencia de plagas, enfermedades, malezas y contaminación varietal presente en los campos de multiplicación de semillas.
- Promover el establecimiento de empresas productoras y utilización de semilla disponible en el sector agrícola.
- Emitir informes de las visitas al campo, indicando según corresponda la aprobación o rechazo de un campo destinado a la multiplicación de semillas.
- Controlar los sitios de distribución y multiplicación de semillas.
- Suministrar los marbetes de certificación después de haber obtenido los resultados de calidad a fin de habilitar los lotes de semilla para su posterior comercialización.
- Y otros que le sean asignados por ley y sus reglamentos.

Los lotes objeto de certificación deberán ser calificados respecto a la presencia de cualquier organismo patógeno del suelo, deben estar claramente delimitados, tener acceso, buena fertilidad y principalmente estar aislados de otros lotes de producción.

En Ecuador, así como en varios países andinos, es indiscutible que un alto porcentaje de agricultores especialmente indígenas, utilicen su propia semilla así como su propia biodiversidad, lo cual es respetable en alto grado, sin embargo, existe otro sector agrícola que utiliza otra tecnología de producción y utiliza semillas certificadas, a quienes el sistema formal debe atenderlos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONÇO, A. y REIS, A.V., 1997. Perdas na Colheita Mecanica de Grãos EMBRAPA, Pelotas, Brasil. 27 p.
- CIAT. 1981. Elementos esenciales para el éxito de un programa de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Guía de Estudio. Serie 04Sse-04.01. Cali, Colombia. 32 p.
- FRANÇA, J. 2002. Produção de Semilla de Alta Calidad *In*. SeedNews A Revista Internacional de Sementes. Edicao Nº 11. Mayo/Junio SIN 1415-0387. Pelotas-Rs. Brasil. 38 p.
- KRYZANOWSKY, F. 1999. Vigor de Sementes. *In*. SeedNews A Revista Internacional de Sementes. Edicao Nº 11. Mayo/Junio SIN 1415-0387. Pelotas-Rs. Brasil. 38 p.
- MAG. 1978. Codificación de la Ley y Reglamento de Semillas del Ecuador. Dirección General de Desarrollo Agrícola, Departamento de Certificación de Semillas. Quito-Ecuador
- MARTINS, A; LAUDARES, L.A; OSÓRIO,R. 1993. Produção de sementes. *In* Tecnologia para produção de sementes de milho, EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – CNPMS. Circular técnica Nº 19. SIN 0100-8013. Sete Lagoas. MG, Brasil. 61 p.
- MOREIRA DE CARVALHO, N y NAKAGAWA, J. 1983. Sementes-Ciencia, Tecnologia e Produção. 2ª Edicao. Revisada. Fundacao Cargil. Campinas SP, Brasil. 429 p.
- PESKE, S.T. y BARROS, A. 2000. ABEAS. Curso de Ciencia e Tecnologia de Sementes, Módulo 1. Producao de Sementes, Brasilia-DF. 72 p.
- VILELA de ANDRADE, R. y SILVEIRA, C. 1993. Fatores que Afetam a Qualidade das Sementes. *In* Tecnologia para producao de sementes de milho. EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – CNPMS. Circular técnica Nº 19 SIN 0100-8013. Sete Lagoas. MG. Brasil. 61 p.

CAPÍTULO 3

3. BENEFICIO DE SEMILLAS

El beneficio de semillas, comúnmente conocido como procesamiento, es una de las etapas más importantes para la obtención de semillas de alta calidad en una empresa de semillas a pesar que, la máxima calidad de un lote de semillas depende directamente de las condiciones de producción en el campo. En tanto, la semilla después de cosechada, contiene materiales indeseables que deben ser removidos para facilitar la siembra, el secamiento y el almacenamiento, y no llevar para otras áreas semillas de malezas. De ahí la importancia que el beneficio representa en la obtención de semillas de alta calidad.

El beneficio tiene como objetivo limpiar, homogenizar y dar buena apariencia a la semilla; comprende todas las operaciones a que la semilla es sometida desde su recepción en la Unidad de Beneficio de Semillas (UBS) hasta el ensacado y su distribución.

3.1 Recepción

La recepción es el proceso de caracterización e identificación de los lotes de semillas que son recibidos en la UBS. Se considera un lote como una cantidad limitada de semillas con atributos físicos y fisiológicos similares, dentro de ciertos límites tolerables.

Cada lote de semillas posee su historial debido al sistema de cultivo, contaminaciones con semillas de malezas, mezclas varietales, demora en la cosecha, condiciones climáticas y manejo. Por lo tanto, es necesario que se mantengan los lotes individualizados y debidamente caracterizados principalmente con relación a:

1. Nombre del productor.
2. Origen.
3. Número / letra del lote.
4. Cantidad de sacos / peso.
5. Fecha de siembra y cosecha.
6. Especie y variedad.
7. Humedad.
8. Pureza.
9. Viabilidad.

3.2 Pre-limpieza y operaciones especiales

3.2.1 Pre-limpieza

Las semillas, recién cosechadas, traen junto con el lote un gran número de impurezas o materiales indeseables, como: material inerte (hojas verdes, terrones, pajas, etc.), semillas de malezas, semillas de otras especies, semillas de otras variedades, semillas mal formadas y semillas fuera de patrón o fuera de tipo. Hay ocasiones en que la contaminación con los materiales indeseables es alta, siendo necesario el proceso de pre-limpieza.

La pre-limpieza consiste básicamente en la retirada de los materiales mayores, menores y más livianos del lote de semillas. Para esa operación se utiliza la máquina de aire y zarandas de alta producción, pues en esa etapa del beneficio es más importante el rendimiento que la calidad.

A efecto de mejorar la calidad y el rendimiento de las máquinas subsecuentes, es necesario que todas las semillas recibidas en el día pasen por la pre-limpieza así, las principales ventajas de la pre-limpieza son:

a) **Facilidad de secamiento:** En el secamiento artificial de las semillas, la remoción de las semillas de malezas y de restos de cosechas tales como tallos, hojas y vainas facilitarán esta operación. En el caso de cereales estos restos poseen mayor humedad, e irán a retardar el secamiento y perjudicar el flujo de las semillas a través del secador.

b) **Reducción del volumen a ser almacenado:** El empleo de cosechadoras automotrices con alta capacidad de cosecha hacen que muchos lotes de semillas de los grandes cultivos lleguen con menos de 95% de pureza, y en forrajeras con menos de 50%. La eliminación de los materiales más grandes propiciará una reducción del área para el almacenamiento de semillas, antes del beneficio.

Facilidad de transporte por los elevadores y transportadores: Los elevadores son los medios de transporte más comunes en una UBS. Si la alimentación ocurre con materiales de poca movilidad o de diversos tamaños, el transporte por los canguilones se dificultará y las posibilidades de obstrucciones serán mayores.

d) **Facilidad de operación de las máquinas subsecuentes:** La remoción previa del material grande, pequeño y liviano del medio del lote de semillas tomará más eficaz el trabajo de las zarandas y del aire, pues posibilitará el uso de zarandas con las dimensiones de sus perforaciones más próximas a la semilla, y el ajuste del aire con más precisión.

3.2.2 Operaciones especiales

Algunas semillas necesitan de operaciones especiales para que puedan ser beneficiadas, como es el caso de las semillas pajosas y aristadas como los cereales y la quinua; del maíz en mazorca, del algodón, del mani y de semillas duras y múltiples. Para realizar estas operaciones se necesitan equipos especiales, los cuales se presentan a continuación:

3.2.2.1 Desaristador

También conocido como desbarbador, es utilizado para semillas pajosas, con peniques y aristadas para mejorar su flujo en las máquinas de limpieza. Consiste de un eje horizontal con brazos que giran dentro de un tambor metálico con brazos fijos. Estos brazos tienen cierta inclinación para mover la semilla dentro del tambor. Las semillas al pasar por los brazos son frotadas contra ellos y contra ellas mismas y pierden las aristas u otras protuberancias, mejorando su flujo y peso volumétrico.

Para evitar daños a la semilla se aconseja revestir los brazos con un material suave, similar a goma y movilizar las semillas rápidamente a través de la máquina. Semillas de avena, cebada, rye-grass, zanahoria y de algunas gramíneas forrajeras son ejemplos de la necesidad de pasar por esta máquina.

3.2.2.2 Desgranadora de maiz

El desgrane de semillas de maiz puede ser realizado por una combinada cosechadora durante la cosecha, en tanto que, para garantizar la calidad fisiológica y sanitaria así como para minimizar los daños mecánicos, es aconsejable que se coseche el maiz en mazorca (30-35% humedad) y sea secado a 14-15% para posteriormente realizar el desgrane.

La operación de desgrane consiste en pasar la mazorca del maiz por un molinete cilíndrico lleno de "dientes" que al aprisionar la mazorca junto al armazón del desgranador hace que la semilla de maiz se suelte por acción de la fricción. La semilla y la mazorca son posteriormente separadas con uso de zarandas y en algunos modelos con auxilio del ventilador integrado al sistema. Es recomendable que la rotación del desgranador sea alrededor de 350 rpm, esto dependerá también del tipo de grano, es decir, si es amiláceo las revoluciones serán menores y si es duro las revoluciones pueden aumentar, así se evitará daños mecánicos a la semilla, siendo necesario solicitar al fabricante una desgranadora especial para semillas.

3.2.2.3 Descascaradores-Escarificadores

Hay ocasiones en que es necesario remover la cáscara de la semilla para facilitar la siembra como sucede con el chocho (*Lupinus mutabilis*), la arveja (*Pisum sativum*) y otras leguminosas. Otras veces hay necesidad de raspar la cubierta seminal (cáscara) para posibilitar que las semillas, una vez sembradas, puedan absorber agua y desencadenar el proceso de germinación. La operación de descascarar y escarificar puede ser separada o combinada, pero las dos juntas son más comunes, utilizando para eso rollos o discos de superficies ásperas.

3.3 Limpieza y clasificación de semillas

La limpieza y clasificación constituye una etapa muy importante en la explotación de los semilleros. Su finalidad es eliminar en su totalidad las impurezas que acompañan a los lotes de semilla, de esta manera, se uniformiza y se garantiza la calidad física de las semillas. La remoción o separación de los materiales indeseables del medio del lote de semillas sólo es posible si hay diferencias entre los componentes. Las principales propiedades físicas, ahora en uso, para la separación son: ancho, espesor, longitud (largo), peso, forma, peso específico, textura superficial, color y translucidez, conductividad eléctrica y afinidad por líquidos.

3.3.1 Separación por ancho, espesor y peso.

Para la separación por anchura, se utilizan zarandas (harneros, cribas, tamices, mallas) de perforaciones redondas. Para la separación por espesor, se usan zarandas de perforaciones oblongas. Para la separación por peso, se utilizan ventiladores que empujan el aire a través de las semillas removiendo los materiales livianos (Peske y Baldet, 2000).

Tipos de zarandas.- Las zarandas de perforaciones redondas son caracterizadas por el diámetro de la abertura en milímetros, variando de 0,6 a 31 mm (Figura 15). Sin embargo, en la nomenclatura norteamericana se usan pulgadas: zarandas con orificios mayores de 2,0 mm son denominadas como 64 avos de pulgada, o sea 5,5/64 80/64. Zarandas con menos de 2,0 mm de diámetro del orificio son denominadas como parte o fracción de pulgada, o sea 1/12, 1/13,.... 1/30. En Europa y como en toda América Latina se usa el sistema decimal (Sistema Internacional de Medidas) y la nomenclatura norteamericana tiende a caer en desuso.

Las zarandas de perforaciones oblongas se miden en dos direcciones: ancho y largo de la perforación en milímetros (Bragantini, 1976). El ancho posee la misma variación de las zarandas de perforaciones redondas, mientras que el largo puede ser de 7,0 mm, 12,0 mm ó 20 mm, siendo este último el más común. En la nomenclatura norteamericana, el ancho obedece la misma denominación de las perforaciones redondas y el largo es expresado en fracción de pulgadas, o sea, 1/4, 1/2 y 3/4.

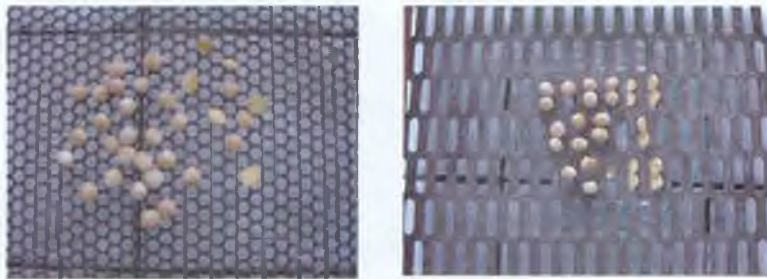


Figura 15. Zarandas redondas y oblongas para separación por ancho y espesor. INIAP, 2008.

También existen zarandas de perforaciones triangulares. Son de poco uso y su perforación es expresada en función del diámetro del círculo mayor que puede ser inscrito dentro del triángulo o por el largo de un lado del triángulo. Las zarandas de perforaciones redondas, oblongas y triangulares son de láminas metálicas.

Máquina de Aire y Zarandas (MAZ).- La MAZ, se considera la máquina básica de la UBS ya que al utilizar zarandas y ventiladores para separar los materiales indeseables del medio del lote de semillas (Figura 16), todas las semillas de la mayoría de cultivos pueden pasar por esa máquina y muchas veces es suficiente para remover todos los materiales indeseables del lote, las más comunes son de cuatro, cinco y seis zarandas (Peske y Boyd, 1980).

El funcionamiento de la máquina será explicado a través de una MAZ con cuatro zarandas: dos para la separación de los materiales mayores que la semilla y dos para los materiales menores que la semilla. Existen dos formas de identificación de las zarandas en la máquina:

- a) 1ª, 2ª, 3ª y 4ª, de arriba para abajo.
- b) 1ª zaranda superior, 1ª zaranda inferior, 2ª zaranda superior y 2ª zaranda inferior.

Relacionando las dos convenciones, se tiene que la 1ª es la 1ª zaranda superior; la 2ª es la 1ª zaranda inferior, pues irá a separar por la primera vez los materiales menores; la 3ª es la 2ª zaranda superior, pues irá separar por la segunda vez los materiales mayores que la semilla; y la 4ª es la 2ª zaranda inferior (Peske y Baldet 2000).

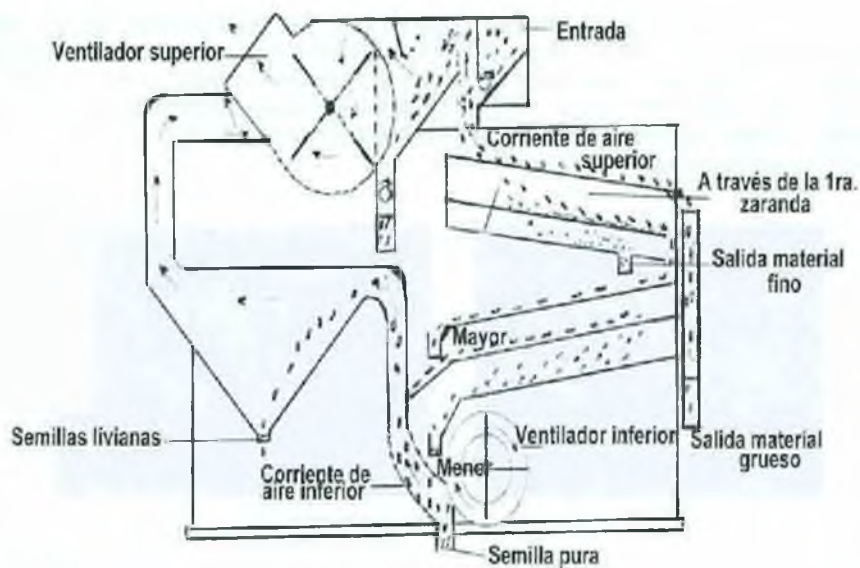


Figura 16. Flujograma de una máquina de aire y zarandas modelo Clipper (Welch, 1974).

En una MAZ de cuatro zarandas luego de la separación, se obtienen cinco materiales que son clasificados por su tamaño así:

- a) Semillas;
- b) Material bien grande;
- c) Material bien pequeño;
- d) Material grande; y,
- e) Material pequeño.

El material grande es separado por arriba de la 1ª zaranda; el material bien pequeño sale a través de la 2ª zaranda; el material grande sale por arriba de la 3ª zaranda y el pequeño a través de la 4ª zaranda y la semilla sale por arriba de la 4ª zaranda.

Las separaciones por el aire son realizadas cuando las semillas ingresan en la MAZ y si existe otro material liviano que no fue eliminado con el aire superior, es separado a la salida de la semilla por la acción del ventilador inferior.

Las dimensiones de las perforaciones y la disposición de las zarandas en la MAZ son esenciales para una separación adecuada de los materiales indeseables. En la tabla 6 son presentadas las zarandas para diversos cultivos, de acuerdo con la experiencia en la UBS de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP (Tabla 6).

Tabla 6. Dimensión de las perforaciones y disposición de las zarandas en una MAZ (Clipper) de cuatro zarandas para diversos cultivos. INIAP-EESC.

Cultivo	Zarandas (mm)			
	1ª	2ª	3ª	4ª
Arroz (largo)	6,0	1,7x20	2,4x20	1,8x20
Soya	9,5	3,5x20	8,5	4,0x20
Trigo	5,0	1,6x20	4,0	1,7x20
Sorgo	5,0	2,0x20	4,0	2,1x20
Maíz	12	4,5	11	5,5
Cebada	4,5x12	1,7x20	8,0	1,9x20
Avena	7,5	1,6x20	2,8x20	1,7x12
Rya Grass	1,3x12	0,6x12	1,2x12	0,7x12
Alfafa	1,9	0,7x12,5	1,8	0,8x12,5
Trébol blanco	1,8	0,6x12,5	1,7	0,7x12,5
Arveja	9,0	3,0x20	8,5	3,5x20
Fréjol	10	3,5x20	9,0	4,0x20
Algodón	8,0	3,5x20	7,0	4,0x20

Observación.- Estas dimensiones son aproximadas; varían entre variedades y entre lotes de semillas.

El tamaño promedio de las semillas varía de lote a lote y principalmente de año a año. Así las zarandas presentadas en la tabla anterior, son las que deben ser probadas primero y luego hacer los diferentes cambios y calibraciones.

Previo al escogitamiento de las zarandas, se utilizarán primero los harneros manuales de prueba de 20x20 cm, para después hacer la prueba con la máquina operando normalmente, donde se analiza la eficacia de separación y la pérdida de semillas para la efectiva separación. Para un adecuado funcionamiento de la MAZ, esta debe estar debidamente ajustada en relación a los siguientes elementos:

a) Alimentación: Para una mayor separación y rendimiento, las semillas deben entrar en la máquina con un flujo continuo y uniforme. Para eso, se utiliza sobre la MAZ un depósito o tolva con capacidad para que la máquina opere durante por lo menos dos o tres horas. Como norma práctica, la MAZ está con una alimentación adecuada cuando la 2ª zaranda está cubierta con ± 2 cm de semillas.

b) Velocidad del aire: varios tipos de semillas son beneficiadas en la MAZ. Así, es importante que cada lote sea sometido a una adecuada corriente de aire. La velocidad del aire en la entrada de las semillas en la máquina debe ser menor que en la salida. Un buen ajuste es aquel en que algunas semillas deseables salen junto con los materiales livianos. La separación por el aire no es precisa, se recomienda por lo tanto, que no sea muy forzada, pues las pérdidas aumentan y de todas formas, algún material liviano pasará junto con las semillas.

c) Vibración de las zarandas: En la separación, es importante que la semilla sea expuesta varias veces a las perforaciones de las zarandas durante su curso en la MAZ, utilizándose para eso la vibración de las zarandas.

Ocurre que ese movimiento no puede ser muy fuerte, pues hará con que las semillas pasen muy rápido por ellas. Para semillas redondas como la soya y arveja, es recomendable una vibración menor que para las que tienen forma aplanada como arroz, avena, trigo, cebada, etc. Las máquinas más simples no poseen este ajuste, operando con una vibración constante de 400 rpm.

d) Inclinación de las zarandas: normalmente la 1ª zaranda posee una inclinación menor que la 2ª para que las semillas tengan más tiempo para pasar por las perforaciones. Para semillas aplanadas o alargadas (cereales), es importante una inclinación mayor que para semillas redondas (soya, arveja, vicia). Este ajuste es el de menor importancia.

e) Selección de las zarandas: existen más de 200 tipos de zarandas a disposición del operad y la forma de cambiarlas en la MAZ debe ser lo más fácil posible. La selección de zarandas es el ajuste o calibración más importante.

f) Limpieza de las zarandas: según Peske y Baldet (2000), la eficiencia de las zarandas también está en función del número de las perforaciones que permanecen desobstruidos durante el trabajo. Para evitar que las perforaciones de las zarandas se obstruyan, se utiliza uno o más de los siguientes mecanismos:

- Escobas de fibra sintética que se mueven por debajo de las zarandas.
- Martillo que golpea en una de las zarandas, el cual es normalmente utilizado en conjunto con las escobas.
- Bolas de goma colocadas en compartimientos especiales debajo de las zarandas.

Antes de iniciar la operación, de una MAZ, es recomendable aplicar los siguientes pasos:

- 1) Limpiar cuidadosamente la máquina antes de iniciar cualquier trabajo, para reducir al mínimo las mezclas varietales;
- 2) Seleccionar las zarandas para el lote de semillas;
- 3) Colocar las zarandas en orden de acuerdo con el modelo;
- 4) Ajustar las escobas o el mecanismo de autolimpieza;
- 5) Cerrar las compuertas de alimentación y de los ventiladores;
- 6) Encender la máquina;
- 7) Abrir lentamente la alimentación;
- 8) Abrir la compuerta del aire inferior hasta que los materiales livianos sean eliminados;
- 9) Abrir la compuerta del aire superior hasta que los materiales livianos y algunas semillas sean levantados;
- 10) Reajustar los pasos necesarios para obtener eficiencia.

3.3.2 Separación por densidad o peso específico

Un lote de semillas puede presentar materiales con pesos o densidades variables, esto debido al ataque de insectos, enfermedades, maduración desuniforme y lluvias próximas a la cosecha (Peske y Baldet, 2000). Generalmente semillas de baja densidad no son viables o poseen un bajo vigor debido al deterioro y consumo de reservas, siendo necesario la remoción del medio del lote. Piedras, granos partidos, pedazos de tallos y semillas de malezas son ejemplos clásicos de materiales indeseables que tienen que ser separados por densidad. La separación más exacta por densidad es a través de medios líquidos pero hasta la actualidad no existe aún una tecnología desarrollada para este fin, por lo que se está utilizando máquinas que hacen un buen trabajo de separación por densidad y son comúnmente llamadas mesas de gravedad o mesas densimétricas.

3.3.2.1 Mesa de gravedad o mesa densimétrica

Este tipo de máquinas realizan un trabajo terminal y son colocadas después de la MAZ se recomienda para todo tipo de semillas (Figura 17). La separación por densidad se da en dos etapas: la primera que consiste en la estratificación de la masa de semillas donde las más livianas por efecto del aire que es insuflado desde la parte inferior, quedan flotando en la parte de encima y las más pesadas que no son levantadas por el aire, quedan en contacto con la malla de la mesa; la segunda etapa consiste en la separación propiamente dicha, es decir las pesadas por acción de la vibración se mueven para la parte más alta de la mesa y las más livianas por acción de la gravedad van a la parte de abajo (Baudet y Misra, 1994). Esta separación es posible ya que los materiales leves al no estar en contacto con la mesa no tienen el efecto de la vibración por lo que son descargadas a la parte más baja por efecto de la gravedad, en tanto que las pesadas que están en contacto con la mesa sufren el efecto de la vibración lateral y son descargadas en la parte más alta (Souza, 1976). Es necesario tomar en cuenta que existe también una fracción intermedia entre material pesado y liviano que debe ser repasado en esta máquina.

La mesa de gravedad o mesa densimétrica para que realice un adecuado trabajo necesita estar debidamente calibrada en cuanto a la velocidad del aire, vibración, inclinación lateral, alimentación de entrada e inclinación longitudinal; calibraciones que deben ser realizadas individualmente esperando alrededor de 5 a 10 minutos entre un ajuste y otro. La densidad de las semillas tiene una gran influencia en la calidad fisiológica y esto hace que la mesa de gravedad consiga en la mayoría de las veces mejorar este atributo de calidad, debido a que en algunas semillas puede haber formación de espacios vacíos disminuyendo así la densidad. El ajuste o calibración de la velocidad de vibración y de ventilación afectará el uno, el desempeño del otro. Una máquina está bien calibrada cuando hay una diferencia de peso entre el material liviano y el pesado en un porcentaje que oscila entre el 5 y el 10%.



Figura 17. Mesa de gravedad o mesa densimétrica

3.3.2.2 Separador neumático

Estas máquinas también separan las semillas de acuerdo con su peso, este proceso es realizado por corrientes de aire forzado (Figura 18). La columna de semillas recibe el efecto de aire y permite la separación del lote de semillas en diferentes fracciones, de acuerdo con la densidad relativa (Carambula s.f). Así las más livianas serán levantadas y descargadas en la parte superior del separador y las más pesadas serán descargadas en la parte inferior de este aparato.



Figura 18. Separador neumático de dos salidas. INIAP, 2008.

3.3.3 Separación por largo

Los separadores por longitud pueden ser reunidos en dos tipos diferentes: Separadores de discos y cilindro separador tipo "trieur" (Figura 19). El mecanismo alveolado en el que se basan los dos sistemas tiene como base el levantar las semillas o materiales más cortos, separándoles de los materiales más largos y conduciéndolos por una canal hacia una diferente salida en el extremo del aparato (Carambula sf.).

El separador de disco está formado por un conjunto de ruedas alveoladas montadas sobre un eje horizontal. Estas ruedas o discos poseen alvéolos en las dos superficies, donde recogen semillas de tamaño pequeño y las levanta a la parte superior, mientras aquellas semillas de longitudes mayores, que no ingresan en los orificios, caen nuevamente sobre el volumen de semilla en limpieza.

El cilindro separador tipo trieur, funciona de la misma manera y consta de un cilindro alveolado que levanta las semillas cortas hasta la parte superior y las deja caer en un canal o depósito que las recibe, mientras que las semillas más largas caen nuevamente a la parte baja del cilindro y son transportadas por un tornillo sinfin para fuera del cilindro.

La calibración y eficiencia de estos aparatos, requiere de un buen control de la rotación, inclinación de los ejes de alimentación y tipo de alvéolos; esta perfecta calibración llevará a una mejor eficiencia por hora.

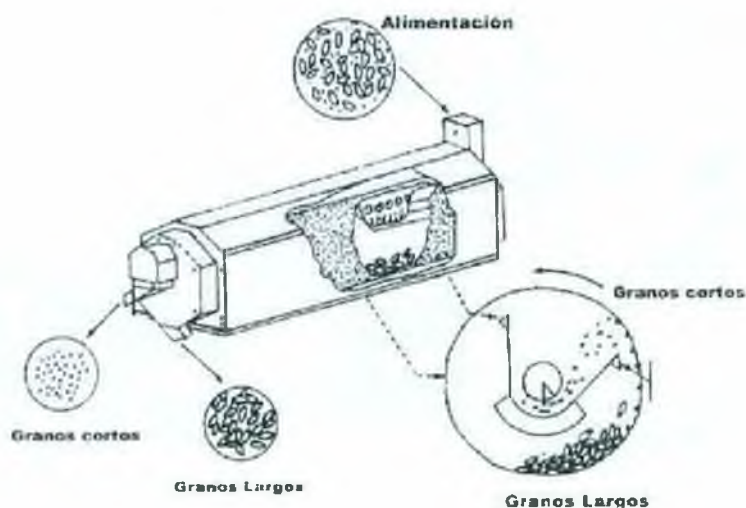


Figura 19. Corte transversal de un cilindro separador (Peske y Baldet, 2000).

3.3.4 Separación por textura superficial

La diferencia en la textura superficial del tegumento de las semillas, es una característica muy utilizada para separar materiales que estén contaminando a un lote de semillas y cuyas características de tamaño y forma sean muy similares.

Es muy común encontrar en lotes de semillas de forrajeras, semillas de malezas como lengua de vaca (*Rumex spp.*) y algunas umbelíferas, que tienen tamaños similares a las semillas de alfalfa y tréboles, pero difieren en la textura superficial.

Para poder separar estas malezas del lote de semillas, se emplean el separador de rodillo, el separador magnético y la banda separadora. Todos estos aparatos son máquinas purificadoras, depuradoras o de acabamiento, es decir, las semillas a ser pasadas por estos aparatos, previamente deben ser procesadas en la MAZ y/o en otra máquina como por ejemplo, separador neumático o mesa de gravedad.

El rodillo separador, consiste en dos rodillos inclinados y paralelos, que se encuentran en contacto en toda su extensión (Figura 20). Estos giran en direcciones opuestas y están recubiertos de franela, tela, terciopelo o felpa. La alimentación se la hace por gravedad desde una tolva ubicada en la parte más alta y a medida que las semillas se dirigen hacia la parte baja, se produce la separación. Entre los dos rodillos se forma un canal por el cual las semillas más lisas corren y se deslizan para ser descargadas en el extremo inferior de los rodillos en la boca de salida en la parte más baja. De esta forma es posible obtener diferentes grupos de semillas de acuerdo con la regulación de la máquina en función de la velocidad de alimentación, inclinación y velocidad de los rodillos, así como del grado de limpieza del lote a ser clasificado.

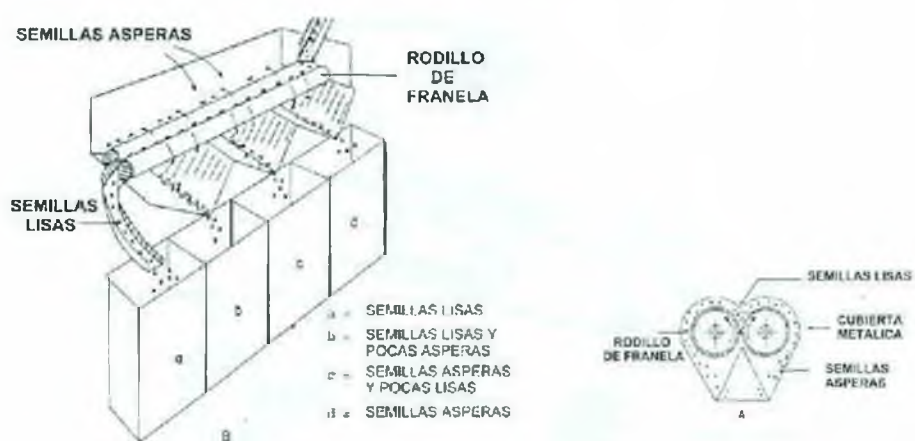


Figura 20. Esquema de un Rodillo Separador (Moreira de Carvalho y Nakagawa, 1983)

3.3.5 Separación por forma

La diferencia de forma es principalmente utilizada en el beneficio de semillas de soya, arveja, vicia u otras de forma redonda, para separar de semillas partidas, aplanadas, defectuosas o atacadas por insectos; para esto se utiliza un equipamiento llamado separador en espiral.

El separador en espiral consiste de un tubo central al cual están sujetos dos tipos de espirales, uno interno pequeño y otro externo de mayor tamaño (Figura 21 a). El espiral interno es el que hace la separación ya que las semillas o lote de semillas colocadas en la parte superior comienzan a rodar y deslizarse por éste. Los materiales redondos adquieren mayor velocidad y son lanzados para afuera de las curvas del espiral pequeño, siendo recogidos por el espiral grande o externo (Peske y Baldet, 2000).

Este equipo es muy utilizado para separar semillas de soya *Glycine max* con las de *Vigna unguiculata* debido a la poca diferencia de forma entre estos dos materiales. Es muy empleado también para separar semillas de vicia (*Vicia spp.*) de semillas de trigo o avena.

El espiral separador además de mejorar la calidad física, puede también mejorar la calidad fisiológica de lotes de semilla, a través de la separación de semillas defectuosas, atacadas por insectos o con algún daño mecánico.

Además de este aparato se puede separar por forma con el empleo de la banda separadora (Figura 21 b). Es muy utilizada para separar semillas redondas de aplanadas; este consta de una banda colocada en un plano inclinado que se mueve en sentido del punto más alto. Las semillas son colocadas en el centro de esta banda, así las semillas redondas ruedan hacia la parte más baja en cuanto que las aplanadas al no rodar son transportadas hacia el extremo alto de la banda.



Figura 21. Aparatos empleados para separar semillas redondas de aplanadas
 a) Separador en espiral doble (Peske y Baldet, 2000).
 b) Separador de banda inclinada (Vaughan *et al.*, 1967).

3.3.6 Separación por color

La separación por color es muy utilizada para separar semillas que tienen una amplia gama de tonalidades y es muy utilizada también en la industria de arroz para consumo (Figura 22). Semillas con características físicas idénticas que solamente difieren por la coloración pueden ser separadas por medio de seleccionadores electrónicos conocidos como selectrones. Estos aparatos se basan en la utilización de una célula fotoeléctrica calibrada para separar semillas que difieren en color.

El selectrón presenta un dispositivo especial que expone a las semillas, una por una a un sensor electrónico que la compara con un patrón previamente establecido. si la intensidad del color de la semilla a la reflexión de la luz fuera comparable, la semilla continúa con su trayecto, hasta la descarga final, en cambio si es que hubiera alguna diferencia de color comparado con el patrón, la semilla es desviada fuera de este trayecto por medio de un sistema de aire comprimido.



Figura 22. Selectrón para separación de granos por color. Chromak BSX, 2005.

3.3.7 Separación por afinidad por líquidos

Este tipo de separación se basa en que semillas de algunas malezas al ser cubiertas con una pequeña capa de agua, su pericarpio se vuelve gelatinoso y mediante un dispositivo especial se puede adicionar limalla fina de hierro o aserrín (Figura 23).

En el caso de colocar limalla de hierro al final de la máquina existirá un tambor magnético que atrapará o que retendrá aquellas semillas que se recubrieron del hierro, en tanto que aquellas que no tienen esta afinidad serán descargadas como semillas limpias (Amaral y Bicca, 1976).

En el caso de que se coloque aserrín, aquellas semillas que su pericarpio se hizo gelatinoso, se envolverán de este producto y aumentarán de tamaño, así posteriormente se las puede separar mediante un sistema de zarandas.

Esta máquina consiste de una cámara en cuyo interior se encuentra un rodillo sinfín, el mismo que transportará la semilla desde la tolva alimentadora hasta el tambor magnético, al mismo tiempo que dos sistemas automáticos rociarán agua y limalla de hierro o aserrín.

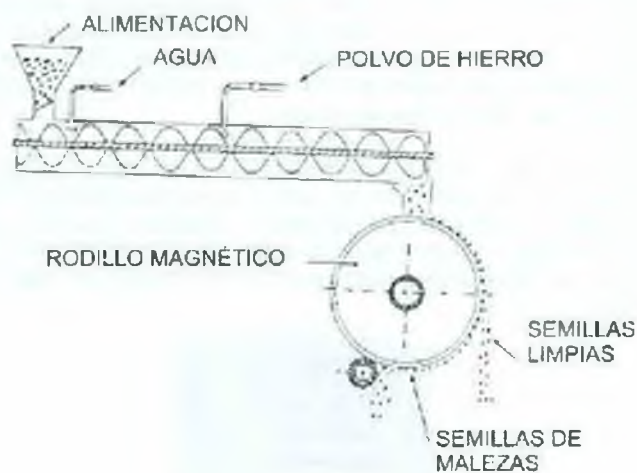


Figura 23. Diagrama de un separador magnético (Vaughan *et al.*, 1976).

BIBLIOGRAFÍA

- AMARAL, A.S. y BICCA, L.H.F. 1976. Separação de sementes de plantago (Plantago lanceolata L.) de lotes de semente de cornichão (Lotus corniculatus L.) Sementes, 2: 74-83.
- BAUDET, L. y MISRA, M. 1994. Atributos da qualidade de sementes de milho beneficiadas em mesa de gravidade. Rev. Bras. Sementes, 13(2):91-97.
- BRAGANTINI, C. 1976. Effects of screen adjustments on the removal of undersize materials from a soybean seed lot. Thesis. M.Sc. Mississippi. Mississippi State University 41 pp.
- ARAMBULA, M. sf. Producción de semillas de plantas forrajeras. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 518 p.
- MOREIRA DE CARVALHO, N y NAKAGAWA, J. 1983. Sementes-Ciência, Tecnologia e Produção. Fundação Cargil. Campinas SP. Brasil. 429 p.
- PESKE, S.T. y BOYD, A.H. 1980. Beneficiamento de sementes de capim Pensacola, ABRATES, Brasília, 2:39-56.
- PESKE, S.T. y BALDET, L. 2000. ABEAS. Curso de Ciência e Tecnologia de Sementes, Módulo 7. Beneficiamento de Sementes, Brasília-DF. 44 p.
- SOUZA, F.C.A. 1976. Classificação da semente de soja (Glycine max L Merrill) na mesa de gravidade e sua relação com a qualidade fisiológica e a produtividade. Dissertação de Mestrado. Pelotas, UFPel. 66 pp.
- VAUGHAN, C.E.; GREGG, B.R.; DELOUCHE, J.C. 1976. Beneficiamento e manuseio de sementes. Trad. C.W. Lingerfelt e F.F. Toledo. Brasília, AGIPLAN.
- WELCH, G.B. 1974. Beneficiamento de sementes no Brasil, Brasília. Agiplan. Snp.

CAPÍTULO 4

4. SECADO DE SEMILLAS

El agua presenta propiedades físicas que la caracterizan como el solvente biológico ideal, constituyendo el principal componente de los tejidos vivos y el requisito esencial para la existencia de la vida (Marcos Filho, 2005). De esta manera se debe resaltar los efectos del agua sobre las semillas, ya que influye directamente sobre la velocidad e intensidad de la respiración, así como, en la actividad de insectos y microorganismos consecuentemente, la sanidad, supervivencia y la conservación del potencial fisiológico durante el almacenamiento, depende directamente de la maduración de las semillas y del grado de humedad adecuado, por lo que el secado juega un papel importante en la obtención de semillas de calidad.

El secado puede ser definido tecnológicamente como el proceso de acondicionar las materias primas agrícolas por la reducción del agua a un determinado contenido, correspondien al equilibrio con el aire ambiente, preservándolas de las alteraciones cualitativas (Seednews, 1999).

Las semillas generalmente no maduran todas al mismo tiempo, así, cuando se cosecha con 13% de humedad, muchas de ellas estarán en un estado avanzado de deterioro por su permanencia en campo bajo condiciones adversas. Visto de esta forma, el secamiento posibilita la cosecha de semillas en franjas muy próximas a la madurez fisiológica con humedades altas, proporcionándole al productor mejor calidad y mayor potencial de almacenamiento.

Las semillas con un contenido de humedad de 13% para el grupo de las amiláceas y de 11 a 12% para las oleaginosas, pueden ser almacenadas por un periodo considerable de tiempo, sin grandes pérdidas en lo que se refiere a su calidad fisiológica, si la temperatura es menor que 25°C. Entonces, lo ideal sería dejar secar las semillas en el campo hasta esos contenidos de humedad y, enseguida, efectuar la cosecha. Ese procedimiento, en la práctica, no es tan fácil pues desde el momento en que alcanza la maduración fisiológica (máxima acumulación de materia seca, máximo vigor y germinación), la semilla está siendo almacenada en el campo, expuesta a condiciones adversas de temperatura, humedad, ataques de pájaros, insectos y microorganismos. Así, cuando por primera vez la semilla alcanza una humedad de 11 a 13%, podrá estar en un avanzado estado de deterioro quedando inutilizada como semilla.

Las ventajas de cosechar las semillas con humedad alta, muy próximo a la madurez fisiológica y proceder al secado son:

- a) Posibilidad de planificar la cosecha.
- b) Posibilidad de cosechar más horas por día.
- c) Menor pérdida de semilla por desgrane natural.
- d) Mayor calidad fisiológica y sanitaria.

En la actualidad, la producción de granos ha sufrido muchas presiones por el aumento de la demanda de alimento y por ende del incremento de la productividad y en función de esas presiones, las prácticas culturales, el manejo, secamiento y almacenamiento que están estrechamente ligados, están en un acelerado proceso de evolución (Groff, 2002).

Quando de secamiento se trata, el mejor secado de semillas es aquel que se realiza bajo condiciones naturales, utilizando para ello el sol y el viento, pero se enfatiza que las semillas recalcitrantes (Ej.: cítricos) no pueden ser secadas para contenidos de humedad tan bajos como los de las ortodoxas (Ej.: trigo, avena, arroz, soya, fréjol), las cuales toleran la desecación a niveles bajos de humedad interna. En general, las semillas recalcitrantes no pueden ser secadas bajo el 20% de humedad.

4.1 Humedad de la semilla

4.1.1 Equilibrio higroscópico (EH)

La semilla es higroscópica, es decir, absorberá o perderá humedad en función de la humedad relativa (HR) del aire. Así se tiene que para cada punto de HR, la semilla tendrá un porcentaje de humedad, lo cual se denomina de Equilibrio Higroscópico (EH). Entretanto, la relación entre la HR y la humedad de las semillas no es lineal, ya que se presenta como una curva en forma de S (cúbica) (Peske y Villela, 2000), siendo acentuada en bajas y altas humedades relativas y moderada en la faja de 30 a 70% (Tabla 7). Esta tendencia se denomina curva higroscópica de las semillas. Los factores principales que influyen en el EH de las semillas son:

- a) Los constituyentes químicos, pues las semillas de oleaginosas, debido al aceite no mezclarse con el agua, entran en EH con contenidos de humedad más bajos.
- b) La temperatura ambiental, cuanto más alta es la temperatura ambiental, más baja será la humedad de las semillas. En el proceso de absorción de agua las semillas entran en EH con contenidos de humedad más bajos que si estuvieran en el proceso de desorción (pérdida de agua) (Peske & Villela 2000). Para entender mejor el proceso de secado es necesario conocer algunas propiedades físicas del aire.

Tabla 7. Contenido de humedad de equilibrio (Equilibrio Higroscópico) de las semillas con diferentes HR a 25°C (*).

Semillas	Humedad Relativa (%)									
	15	30	40	60	65	70	75	80	90	100
Algodón	3,0	6,0	7,0	9,1	-	10,2	-	13,2	18,0	-
Mani	2,6	4,2	5,6	7,2	-	-	9,8	-	13,0	-
Arroz	5,3	9,0	10,0	12,6	13,0	13,4	14,4	15,3	18,2	-
Maiz	6,0	8,5	9,8	12,5	13,0	13,5	14,8	-	19,0	24,2
Sorgo	6,2	8,6	9,8	12,0	12,8	13,5	15,2	-	19,0	23,0
Soya	4,0	6,5	7,1	9,3	11,0	11,8	13,1	15,4	20,0	-
Trigo	6,2	8,5	9,6	12,2	-	13,4	-	16,5	20,1	25,5

(*) Diversas fuentes de referencia.

4.1.2 Propiedades físicas del aire

El aire está constituido de varios gases, principalmente Nitrógeno, Oxígeno y vapor de agua, los cuales poseen un acentuado efecto sobre el proceso de secado. Las propiedades físicas del aire pueden ser determinadas a través de cálculo o gráficamente. Sin embargo, en este texto será considerada apenas la determinación gráfica por ser más simple y suficientemente precisa. Para esto, se utiliza la carta psicrométrica (Figura 24).

Temperatura del Bulbo Seco (TBS): Es la temperatura indicada por un termómetro normal, expresada en °C. Si se considera la carta psicrométrica como si tuviera la forma de una bola, la TBS está representada por líneas perpendiculares a la suela de la bola (Figura. 24).

Humedad Relativa (HR): Es la cantidad de vapor de agua que el aire posee expresada en porcentaje, con relación a la capacidad total que ese aire podría contener, a una determinada temperatura. Por ejemplo, si el aire posee 5 gramos y puede contener 10 gramos de agua/kg de aire seco, a una misma temperatura, la HR es de 50%.

La temperatura ambiental TBS y la HR son las condiciones iniciales de secado. En la (Figura 24) se puede observar que la TBS es 21°C y la HR 40% (punto A), que sería las condiciones iniciales de secado. Si el aire es calentado por una fuente de calor elevando la TBS a 43°C, la HR disminuye a 12% (punto B). El aire impulsado o succionado por un ventilador, pasa por la masa de semillas absorbiendo agua y ocasionando la disminución de la temperatura del aire y elevando de la HR a 85% (punto C), gráficamente representado por la TBH y HR. Si se observa en la parte derecha de la carta psicrométrica (Humedad Absoluta-HA), tenemos que existe una diferencia entre 6 y 14,9, ésta es la cantidad de gramos de agua por kg de aire seco que fue retirada de la masa de semillas. Cuanto mayor esa diferencia, mayor es la eficiencia de secado.

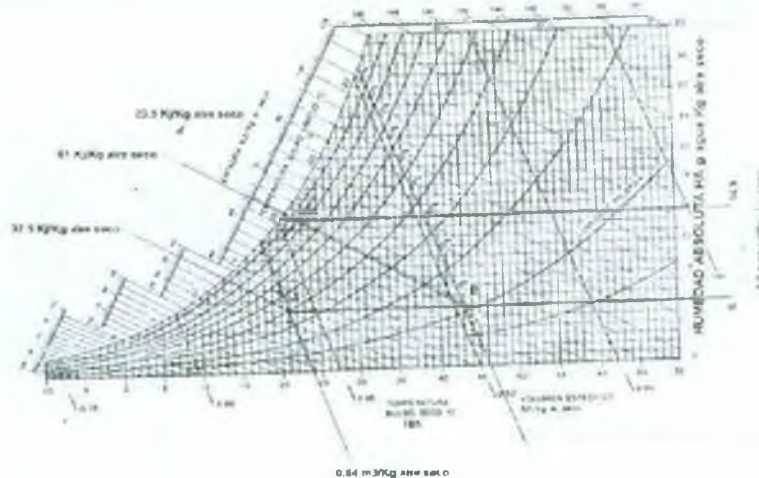


Figura 24. Propiedades físicas del aire, representadas en una carta psicrométrica.

4.2 Métodos de secado

El secado consiste en retirar el agua de la semilla. El agua está presente en forma líquida, en los constituyentes celulares, y en forma gaseosa en los espacios intercelulares. Como la retirada es por evaporación, el agua solo sale de la semilla en la forma gaseosa, utilizándose energía para la evaporación del agua líquida durante el secado.

El secado de las semillas requiere que la evaporación de la humedad de su superficie, sea acompañada por la migración de la humedad de su interior hacia la superficie. Esto ocurre normalmente, porque con la creación del gradiente de humedad, hay migración de los locales más húmedos para los más secos. Para conseguir esto, se utiliza varios métodos que dependen del ingenio de la mecánica y de los productores para diseñarlos así, los diferentes tipos de secado pueden ser natural o artificial y se los clasifica de la siguiente manera:

2.1 Secado natural

El secado natural utiliza el viento, el calor y la radiación del sol como energía para evaporar la humedad de la semilla. Es utilizado para pequeñas cantidades de semillas, como es el caso de programas de mejoramiento, de algunas semillas de hortalizas y de pequeños productores. Consiste básicamente en desparramar las semillas sobre una base de concreto, lona plástica o tela. En la base de cemento las semillas son colocadas en una capa de ± 10 cm, la cual es posteriormente ondulada para aumentar la superficie de secado y así posibilitar el paso del aire por un mayor número de semillas. Es altamente aconsejable que las semillas sean revueltas cada 30 minutos para que todas las semillas, así como sus caras, sean expuestas al aire.

En el caso de semillas que son lavadas (Ej.: tomate de árbol) este movimiento es esencial; caso contrario, podrá haber un gradiente muy grande de humedad en la semilla y ocasionar rupturas internas. Considerando que el secado natural es un poco más demorado, una manera de secar más rápido es a través de la construcción de cajas de madera apilables que contienen en su base alambre tranzado formando una zaranda. Las semillas son desparramadas de forma ondulada sobre la zaranda, la cual es posteriormente levantada a una altura de 0,5 a 1,0 m del suelo, posibilitando que el aire pase por arriba y por abajo de las semillas disminuyendo considerablemente el tiempo de secado, (Figura 25)



Figura 25. Secado natural en cajas y sobre plancha de cemento. INIAP, 2008.

El secado natural, a pesar de no estar sujeto a riesgos de daños mecánicos y altas temperaturas, depende de las propiedades físicas del aire, las cuales muchas veces no son adecuadas para el secado de semillas. Un ejemplo claro es el caso de días lluviosos con alta HR (90-100%).

En las regiones donde la HR reinante en el período de cosecha es baja y las posibilidades de lluvias son bastante reducidas, el secado natural es ampliamente utilizado, como es el caso de los meses de julio y agosto en la sierra ecuatoriana.

4.2.2 Secado artificial

En este método, las propiedades físicas del aire son modificadas por medios mecánicos. Se divide en tres tipos, conforme el flujo de la semilla en el secado estacionario, continuo e intermitente.

4.2.2.1 Estacionario. Consiste en forzar el aire a través de una masa de semillas que permanece sin moverse. Este tipo de secado requiere de ciertas precauciones siendo el flujo de aire y la temperatura las más importantes (Peske y Villela, 2000).

El flujo del aire el aire posee dos funciones en el proceso de secado:

- a) Crear condiciones para que la semilla pierda humedad por evaporación, generalmente a través del transporte del calor de la fuente hasta el local del secado de las semillas o cámara de secado; y,
- b) Llevar la humedad retirada de la semilla para fuera del sistema de secado, permitiendo que continúe la evaporación de la humedad que migra del interior para la superficie de la semilla. Así, el aire debe poseer una velocidad tal que desempeñe adecuadamente su papel de transportar calor y humedad.

Para el secador estacionario, el aire debe tener una velocidad de 4 a 20 m³/min/ton de semilla. De esa manera la cantidad de semillas a secar se torna limitada, como muestra el siguiente ejemplo:

Para secar cinco toneladas de semillas de soya con una velocidad de aire de 50 m³/min, el flujo será de 10 m³/min/ton. Colocando en el mismo secador 10 toneladas de semilla, el flujo de aire será menor, porque junto con la cantidad de semillas aumenta también la presión estática, puesto que la masa de semillas ofrece una mayor resistencia al paso del aire.

No es aconsejable utilizar flujos de aire inferiores a 4 m³/min/ton, porque el proceso de secado será lento, pudiendo comprometer la viabilidad de las semillas; por otro lado, flujos de aire superiores a 20 m³/min/ton resultarán en la potencia del ventilador muy alta para proporcionar esa cantidad de aire, siendo entonces antieconómico.

Si se quiere saber cuantos m³ de aire están pasando por una determinada masa de semillas, se debe medir la presión estática desarrollada por el ventilador en operación y posteriormente consultar la curva de desempeño del ventilador. Esa presión puede ser verificada con un manómetro en "U" el cual consiste en un tubo plástico con 0,3 a 0,6 cm de diámetro, que se llena hasta la mitad con agua. La lectura es medida a través de un papel milimetrado o una regla. Al introducirse el tubo en el conducto de salida del aire del ventilador, a una profundidad igual al espesor de la plancha del conducto, se observa una diferencia en el nivel del agua dentro del tubo plástico, la cual es la presión estática desarrollada por la altura de la capa de semillas al paso del flujo de aire. Se puede calcular la presión estática también utilizándose el Diagrama de Shedd.

Cuando ya se cuenta con el sistema de secamiento y se desea verificar si la cantidad de aire disponible es la correcta, se toma el modelo del ventilador y sus curvas o tablas de desempeño para determinar la presión y el flujo de aire que ese ventilador produce. Sin embargo, si no se tienen estas tablas para determinar el flujo del aire, se puede utilizar el siguiente método:

Se utiliza un manómetro en "U", el cual se puede construir fácilmente. Este manómetro tiene el extremo inferior cerrado y aguzado para facilitar su inserción en la capa de semillas; tiene además varios orificios pequeños, perforados a diferentes ángulos, que permiten medir la presión estática a ese nivel dentro de la capa de semillas.

Para medir la presión se debe nivelar la capa de semillas en el silo. El tubo se introduce perpendicularmente en la masa de semillas hasta una profundidad determinada, preferiblemente 0,5-1 m. Es conveniente medir la presión estática en varios puntos a una misma profundidad y después calcular el promedio. Conocida la presión estática a esa profundidad, se calcula la presión por metro de semilla. Luego, con este valor y con el Diagrama de Shedd, se determina el flujo del aire en m³/min/m² de semillas.

Conociendo el área de la base del secador es posible determinar el caudal total producido por el ventilador en m^3/min y conociendo la capacidad del silo (toneladas de semillas en el secador para esa profundidad de capa), se puede determinar el flujo de aire en $m^3/min/t$. La Tabla 8 presenta los pesos volumétricos para diferentes tipos de semillas. Con este dato y el volumen de la masa de semillas se puede calcular la cantidad de semillas que se va a secar. Si este valor se encuentra entre 4 y 17 $m^3/min/t$ el ventilador está en condiciones de mover suficiente aire para secar esa capa de semilla. Si el valor calculado es menor, se debe usar una capa de semillas más delgada y si es mayor, se puede usar una capa mayor, siempre y cuando no sea superior a 1,2 m de espesor. Este método para determinar la presión estática es más preciso que si se mide en el plenum.

Tabla 8. Peso volumétrico y gravedad específica de algunas especies de semillas. INIAP, 2008

Especie	Nombre científico	Peso volumétrico (kg/m ³)
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	770
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>	410
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	580
Avena	<i>Avena sativa</i>	410
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	615
Centeno	<i>Secale cereale</i>	715
Fréjol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	770
Lenteja	<i>Lens culinaris</i>	770
Maíz desgranado	<i>Zea mays</i>	715
Maíz en mazorca	<i>Zea mays</i>	450
Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>	715
Soya	<i>Glycine max</i>	770
Trébol	<i>Trifolium</i> sp.	770
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	770
Haba	<i>Vicia faba</i>	770

Un ejemplo del procedimiento es el siguiente. Se introduce el tubo a una profundidad de 0,75 m en diferentes puntos de la masa de 10 t de semilla de arroz contenidas en un silo de 4 m de diámetro. Se determina una presión promedio de 46 mm de H₂O, que equivale a $46/0,75 = 61,3$ mm H₂O/m. Observando el diagrama de Shedd para semillas de arroz, se determina que el flujo de aire para esta presión es $10 m^3/min/m^2$ de piso. Como el área es $3,14 \times 22 = 12,6 m^2$, el caudal de aire es $12,6 \times 10 = 126 m^3/min$. El flujo por tonelada de semilla se calcula dividiendo el caudal de aire por la masa de semillas:

$$\frac{12,6 m^3/min \times 10 = 126 m^3/min}{10 t}$$

En este caso se puede concluir que las condiciones de operación del secador son apropiadas.

En el secado estacionario, las semillas se secan por capas formándose un frente de secado, donde la primera capa es aquella que está más cerca de la entrada del aire y la última es aquella que está más distante. En el caso de silos metálicos, el frente de secado puede ser tanto de abajo para arriba como de arriba para abajo, mientras que en los de flujo radial se avanza del centro para la periferia del secador.

Es interesante destacar que la primera capa no para de secar hasta el momento en que entra en equilibrio con la HR del aire de secado. De esa manera, dos cuidados deben ser tomados:

a) Para que no haya un secado excesivo en las capas más próximas de la entrada del aire, la HR del aire de secado no debe ser menor que 40%, porque a porcentajes inferiores la semilla entrará en equilibrio higroscópico con contenidos de humedad muy bajos, tomándose muy susceptible a daños mecánicos.

b) La capa de semillas más distante de la entrada del aire deberá secar tan rápidamente como sea posible, para que no ocurra deterioro con pérdida de viabilidad de esas semillas.

Existe la carta psicrométrica, que puede ser consultada para determinarse la HR, una vez conocidas dos propiedades físicas. Luego es posible saber en cuanto se debe aumentar la temperatura del aire para bajar la HR hasta el porcentaje deseado. Para valores aproximados, se puede considerar, para altas HR (+80%), que a cada aumento de 1°C en la temperatura, disminuye en 4,5% la HR. Existen también higrómetros que informan directamente la HR del aire, los cuales son simples y baratos (Peske y Villela, 2000).

4.2.3. Temperatura del aire de secado

Debido a que las semillas permanecen en contacto con el aire hasta el momento en que están secas, se debe tomar precauciones en lo que se refiere a la temperatura del aire, porque las semillas tienden, después de algún tiempo, a tener la misma temperatura del aire de secado (Peske y Villela 2000). Pero, como fue discutido anteriormente, siendo la HR mínima superior a 40%, la temperatura no necesita ser aumentada hasta niveles que perjudiquen la calidad fisiológica de la semilla, lo que ocurriría arriba de los 40°C en este método de secado, incluso, cuando la HR del aire está entre 40 y 60% no se necesita calentar el aire.

4.2.4. Daños mecánicos

En la mayoría de sistemas de secado artificial, las semillas son lanzadas de alturas muchas veces superiores a 6 m al interior del silo secador, lo que les puede causar daños mecánicos. Para evitar este problema en la operación de carga del silo, debe colocarse dentro de éste una escalera amortiguadora de impactos, localizada en el tubo de ligación del elevador con el silo secador; otra alternativa, de menor efecto, es encender el ventilador en el momento de carga del secador, formando así un colchón de aire para amortiguar las semillas.

4.2.5. Capacidad de secado

Otro aspecto del método estacionario es que posee baja capacidad de secado, razón por la cual se utiliza un conjunto de estos secadores; sin embargo, la eficiencia técnica es alta, porque el aire que sale del secador con baja temperatura y alta humedad no tiene más capacidad para secar.

4.2.6. Silos secadores de fondo falso perforado

En este tipo de secador, el aire es insuflado para el interior del secador por la parte inferior de la capa de semillas (Figura 26). La resistencia que las semillas ofrecen al paso del aire, se da de manera vertical, aumentando con la altura de la capa de semillas, flujo de aire, humedad de la semilla, especie y tamaño de la semilla y las impurezas que acompañan al lote. Para evitar el secado excesivo de las semillas próximas a la entrada del aire, así como el aumento de la presión estática, se recomienda que la altura de la capa de las semillas no sea superior a 1,5 m, para las semillas de tamaño grande (maíz, fréjol, soya).

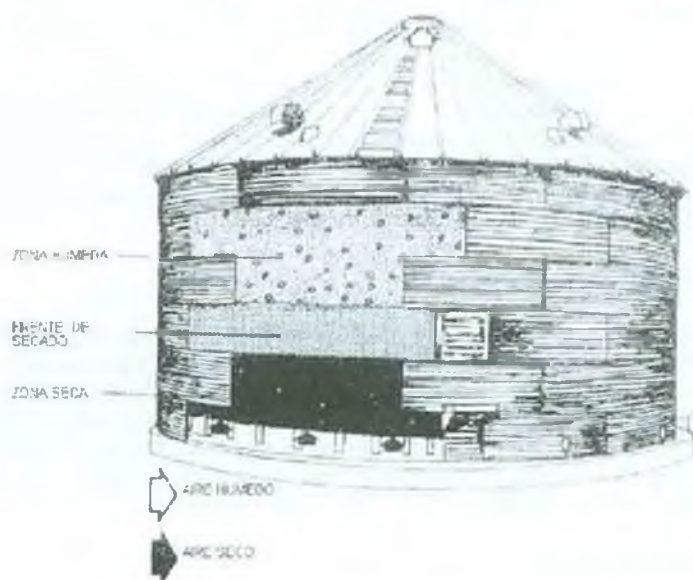


Figura 26. Secador de fondo falso tipo silo (Arias, 1993).

Los secadores de fondo falso perforado son proyectados para operar al aire libre, siendo construidos de metal. Cuando el secado llega al final de la cosecha, el silo metálico puede ser utilizado como silo almacenador. En este caso la capa de semillas puede ser aumentada, ya que, para la aeración, se necesita de un bajo flujo del aire ($0,1$ a $0,6 \text{ m}^3/\text{min/t}$ de semilla).

4.2.7. Silos secadores de tubo central perforado

En este tipo de secador, el aire es forzado a pasar a través de las semillas transversalmente (Figura 27), para lo cual se utiliza un tubo perforado situado en la posición central del secador, desde la base hasta el tope, rodeado por las semillas.

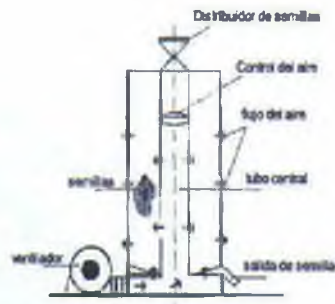


Figura 27. Sistema de distribución de aire por ducto central en secador estacionario tipo silo. (Peske y Villela, 2000).

La resistencia que las semillas ofrecen al paso del aire es determinada por la capa de semillas que va del tubo central a la pared del secador. Los tipos de semillas a secar son las más variadas, desde las pequeñas, como las de trébol y alfalfa, hasta las grandes, como las de fréjol y soya. La resistencia que esas semillas ofrecen al paso del aire también varía mucho. Entonces, desde que el ventilador no cambie, para tener un mismo flujo de aire en todos los sentidos, la cantidad de semillas dentro del secador debe ser diferente y para que eso sea posible, dentro del tubo central existe un mecanismo que impide el paso del aire a cualquier altura.

Ese secador presenta problemas en lo que se refiere a la uniformización de secado de las semillas, siendo algunas de las causas las siguientes:

- a) Mayor salida del aire en la parte inferior del secador, provocando un mayor secado de las semillas en esa región.
- b) Nivelamiento de la capa de semillas en la parte superior del secador, haciendo con que las semillas de la periferia no reciban aire lo suficiente para secar. Otro problema en este tipo de secador son los daños mecánicos que las semillas sufren durante el cargamiento, ya que la colocación de la escalera amortiguadora en el secador es difícil.

Los secadores de tubo central perforado son proyectados para operar dentro de la UBS, son construidos principalmente de madera y pueden ser utilizados como silos almacenadores.

4.2.8. Secador de sacos o cajas

Este sistema es utilizado en programas de mejoramiento de semillas, donde la cantidad de semillas es pequeña y el número de variedades o líneas son grandes. Este secador consiste básicamente en un piso de madera o concreto con aberturas individuales para cada bolsa o caja y un ventilador que puede tener un sistema para calentamiento suplementar (10°C). La altura del piso debe ser alrededor de 40 cm para insuflación de aire y la abertura adonde se coloca la bolsa a secar debe ser de aproximadamente 60% del área de la bolsa, caso contrario podrá haber problemas de uniformidad de secado, para cajas la abertura debe coincidir con el fondo de la misma (Figura 28).



Figura 28. Secador de sacos o cajas (Peske y Villela, 2005).

Otro tipo de secador de sacos consiste en la formación de una rrama con un túnel en el centro, cerrado en un extremidad. Este sistema es utilizado cuando la necesidad de secado es mucho mayor que la disponibilidad de secadores, o cuando la cantidad de semillas es pequeña y no se dispone de un secador convencional. Es barato, siendo necesario apenas un ventilador (10-15 HP). Se debe tener el cuidado de evitar el escape del aire entre las bolsas, lo cual se consigue tapándose los huecos con sacos vacíos.

4.2.9 Silos secadores de maíz en mazorca

Para evitar el almacenamiento del maíz en el campo, el mismo es cosechado con alta humedad en el punto o cerca del punto de madurez fisiológica, tornándose necesario su secado. Para eso se utiliza secadores de ladrillos o metal con varios compartimientos.

Los compartimientos pueden ser de varios tamaños, sin embargo, la altura de la capa de semillas puede ser más de 4 m. Esto es posible debido a que la mazorca ofrece poca resistencia al paso del aire (Peske y Villela, 2000). El secado de maíz en mazorca de 35 para 13% requiere de tres a cuatro días para secar dependiendo del flujo del aire y la temperatura (Figura 29).

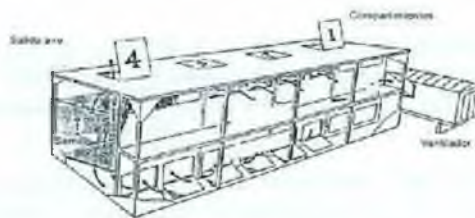


Figura 29. Silos secadores de maíz en mazorca (Peske y Villela, 2000).

4.3 Secamiento continuo

Este método consiste en hacer pasar las semillas una sola vez por la fuente de calor, de tal forma que entren húmedas en el tope y salgan secas en la base del secador. Para que las semillas sequen en una sola pasada por el secador, es necesario que se eleve la temperatura del aire de secado o se atrase el flujo de las semillas dentro de la cámara de secado, con la finalidad de que permanezcan el tiempo suficiente para perder el agua en exceso.

Con el aumento de la temperatura o el tiempo de exposición de las semillas al aire caliente, se corre el riesgo de que las semillas mueran por las altas temperaturas. Cualquier mecanismo que aumente la temperatura de la semilla pone en riesgo su viabilidad.

Este método, considerándose los inconvenientes presentados, tiene que ser modificado. Las modificaciones serían las siguientes:

a) Paso de las semillas más de una vez por la cámara de secado. Para eso, se puede acoplar en la descarga del elevador un mecanismo que desvíe el flujo de semillas nuevamente para el secador, cerrando así el sistema y permitiendo las pasadas sucesivas de la semilla por el secador.

b) Aumento de la velocidad del flujo de la masa de semillas a través de la cámara de secado, haciendo con que ella permanezca menos tiempo, sometida al aire caliente, cuya temperatura podrá ser más alta.

Con esas modificaciones se consigue secar las semillas sin correr el riesgo de perjudicar su calidad fisiológica. Sin embargo, la repetición del paso de las semillas por el secador implica en la repetición del transporte por el elevador, lo que puede acarrear daños mecánicos a las semillas, principalmente cuando la velocidad del elevador sea alta o el número de pasadas sea alto (Peske y Villela, 2000).

4.4 Secador intermitente

En el secador intermitente, la semilla es movida y sometida a la acción del calor en la cámara de secado a intervalos regulares de tiempo, permitiendo, así, la homogenización de la humedad y enfriamiento, cuando las mismas están dando la vuelta por las partes del sistema donde no reciben aire caliente. Existen dos variantes del método así:

Método intermitente lento: este método fue adaptado de los secadores del tipo continuo. Cuando no son utilizadas temperaturas altas del aire de secado, las semillas no llegan a secar en una sola pasada por el secador, haciendo con que ellas retornen para el tope del secador, con la finalidad de que pasen más veces por la fuente de calor. Por ello se llama intermitente lento.

Con el movimiento de las semillas y la utilización del aire con HR bastante baja (5-10%), la capacidad de secado de este método es bastante alta pudiendo secar, dependiendo del modelo del secado, ocho toneladas en un periodo de 5-6 horas (Peske y Villela, 2000).

En el secador intermitente lento, la relación entre el tiempo que las semilla son expuestas al aire caliente con el tiempo que no son, es de 1:1 para 1:2 (dependiendo del modelo) o sea, considerando que las semillas lleven 30 minutos para dar una vuelta por el secador pasaran de 10 a 15 ó 30 minutos expuestas al aire caliente.

Método intermitente rápido: se denomina rápido porque las semillas pasan a través del aire caliente en intervalos regulares y más frecuentes que en el intermitente lento (Peske y Villela, 2000). Eso ya fue determinado en arroz, donde las semillas pasan en una relación de un minuto a través del aire caliente y 9-15 minutos a través del sistema de secado (elevador más cámara de reposo del secador) sin recibir calor. Puede ser también dos minutos, a través del aire caliente y 18-30 minutos sin recibir calor (Figura 30).

En este método las semillas dan muchas vueltas por el sistema elevador-secador, pudiendo causar serios problemas en semillas susceptibles a daños mecánicos como la soya.

Las temperaturas del aire de secado utilizadas en el secado intermitente rápido pueden ser más altas, porque cuando las semillas pasan por la cámara de secado (pequeña) vienen de la cámara de reposo (grande), entonces la humedad ya se trasladó del interior para la periferia de la semilla, habiendo tenido tiempo para enfriarse, así, dependiendo del modelo del secador, se consigue secar un promedio de 15 t de semillas de 18 a 13% de humedad en un período de aproximadamente 4 a 5 horas.

De los métodos que utilizan aire caliente forzado, es el intermitente que proporciona la mayor capacidad de secado, pero necesita ser mejor desarrollado para evitar problemas de daños mecánicos en los elevadores de cangilones usados para mover las semillas en el sistema. Sugíérese la utilización de elevadores de cangilones que descargan por gravedad (cangilones continuos, descarga continua, etc.), y no por la fuerza centrífuga, permitiendo un manoseo suave de las semillas fácilmente dañables, como las de soya y fríjol.

En los secadores que utilizan aire caliente forzado, es recomendable que se utilicen temperaturas más bajas al inicio del secado, para evitar choques térmicos que pueden causar fracturas o fisuras comunes en las semillas de arroz y maíz. También al final del secado se recomienda la utilización del aire forzado sin calor para homogeneizar la humedad de las semillas.

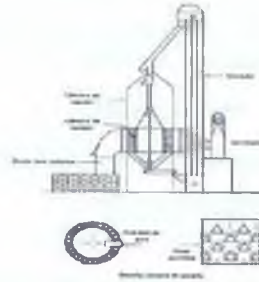


Figura 30. Secador intermitente rápido (Peske y Villeia 2000).

..5 Ventilador

El ventilador es la parte más importante de un secador, existiendo esencialmente tres tipos: axial, centrífugo con las hélices para atrás y centrífugo con las hélices para adelante. Las características de cada uno son las siguientes:

a) Ventilador Axial

- El motor está dentro del armazón del ventilador.
- Trabaja con bajas presiones (6-150 mm de columna de agua).
- Hace mucho ruido.
- No puede ser sobrecargado.
- Tiene un costo menor que los otros.

b) Ventilador centrífugo con las hélices para atrás

- Trabaja con presiones estáticas altas (0-300 mm).
- Puede ser sobrecargado.
- De constitución robusta.
- No hace mucho ruido.
- Es el más caro de todos.

c) Ventilador centrífugo con las hélices para adelante

- No puede ser sobrecargado.
- No hace mucho ruido.
- De construcción frágil.
- Trabaja con presiones estáticas moderadas.

Los secadores continuos e intermitentes son proyectados para operar con ventilador centrífugo, mientras que los secadores estacionarios son proyectados de tal forma que se puede utilizar cualquier tipo de ventilador, desde que se considere su desempeño para diferentes presiones estáticas. Considerando que el responsable por la UBS prácticamente no tiene influencia en la selección del ventilador para los secadores continuos o intermitentes, será ilustrado con un ejemplo, la selección de un ventilador para un secador estacionario.

Suponiendo que se tenga un silo de 7 m de diámetro y se desea secar semillas de trigo a una altura de 1,5 m con un flujo de aire de 7,0 m³/min/ton, cual será el ventilador más indicado? Para la solución, deben seguirse los siguientes pasos:

- a) Determinar la presión estática
- b) Calcular el volumen de aire necesario
- c) Seleccionar el ventilador

a) Presión estática

Determinar las toneladas de semillas arriba de cada m² de piso del silo, considerando que:

1 m³ de trigo = 0,78 t, así:
 1,5 m x 0,78 t/m³ = 1,17 t/m²

Determinar el volumen de aire insuflado por m² de piso
 # de toneladas/m² x flujo de aire
 1,17 t/m² x 7 m³/min/t = 8,19 m³/min/m²

Con este dato, utilizar el gráfico de Shedd (Figura 31)

- 1) Encuentre 8,19 m³/min/m² en el eje vertical del gráfico.
- 2) Muévase horizontalmente, hasta encontrar la curva del trigo.
- 3) De este punto muévase para abajo, hasta encontrar el eje horizontal y lea la caída de presión de aire por metro de altura de capa de semillas = 67 mm de columna de agua.
- 4) Multiplique el valor encontrado en 3 por la altura de la capa de semillas.
 67 X 1,5 = 100,5 mm
- 5) Para la presión total utilízase un factor de corrección de 1,25 (debido a impurezas, humedad, y pérdidas de presión en el ducto de aire).
 100,5 x 1,25 = 125,6 mm

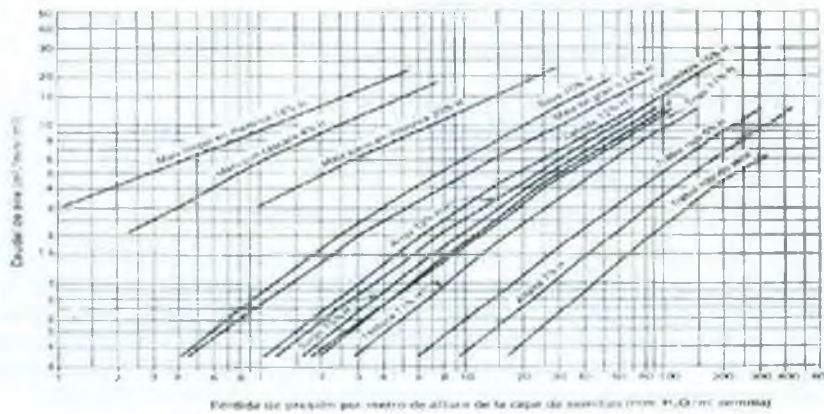


Figura 31. Pérdida de presión por metro de altura de la capa de semillas. Adaptado de: Shedd, 1956.

b. Volumen de aire

Determinar el volumen de semillas en el silo.

$p.r^2 \times altura$

$$3,14 \times (3,5 \text{ m})^2 \times 1,5 \text{ m} = 57,7 \text{ m}^3$$

Determinar las toneladas de semillas en el silo.

$$57,7 \text{ m}^3 \times 0,78 \text{ t/m}^3 = 45 \text{ t}$$

Para el volumen total de aire se multiplica el flujo de aire deseado por el n° de toneladas.

$$7 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ton} \times 45 \text{ t} = 315 \text{ m}^3/\text{min}$$

4.6 Selección del ventilador

Con la presión estática de 125 mm y un flujo de aire de 315 m³/min se consulta a los fabricantes, siendo el ventilador centrífugo de 15 HP el indicado, porque en estas condiciones su desempeño será un poco mayor que el necesario, es decir 385 m³/min.

4.7 Consumo de energía

En el secado artificial de semillas, normalmente es necesario calentar el aire para disminuir la HR y con eso posibilitar y/o aumentar la velocidad de secado.

Hay varios materiales que pueden ser utilizados como fuente de energía. La selección dependerá de su precio, disponibilidad y facilidad de uso (Peske y Villela, 2000).

Para la determinación del consumo de energía de un determinado secador se necesita saber:

- a) volumen de aire utilizado.
- b) aumento de temperatura del aire.
- c) volumen específico del aire.

Con los datos anteriores, se puede calcular el consumo de combustible y para mejor comprensión se realizará un ejemplo, tomando como base el procedimiento seguido en el manual de beneficio de semillas de Aguirre y Peske. (1988), con los datos registrados en un silo secador de fondo falso.

En un silo secador de fondo falso se desea secar hasta el 13% de humedad 30 toneladas de semilla de trigo, con un contenido inicial de humedad del 20%, si se utiliza como fuente de energía diesel y el flujo de aire es de 10 m³/min/t.

¿Cuántos litros de combustible se consumirán, si se calienta el aire de 30 a 40° C.

Si se considera que el calor específico del aire en unidades internacionales en las condiciones anteriores es aproximadamente igual a $1 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, se puede expresar que:

$$\text{Consumo de energía} = \frac{\text{flujo de aire} \times \text{incremento de la temperatura}}{\text{Volumen específico del aire}}$$

$$Kw = \frac{(\text{m}^3/\text{seg}) (\text{}^\circ\text{C})}{(\text{m}^3/\text{kg})}$$

$$\begin{aligned} \text{Flujo de aire} &= \frac{10 \text{ m}^3/\text{min}/\text{t} \times 30 \text{ t}}{60 \text{ seg}/\text{min}} \\ &= 5 \text{ m}^3 \times \text{seg} \end{aligned}$$

Si el aumento de temperatura es de 10°C y el volumen específico del aire al incrementarse a 40°C y 25% de HR es de $0,90 \text{ m}^3/\text{kg}$, tenemos que:

$$\text{Consumo de energía} = \frac{5 \text{ m}^3/\text{seg} \times 10^\circ \text{C}}{0,90 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

$$= 55,55 \text{ kw} = 55,55 \text{ kJ}/\text{seg}$$

Como el disel tiene un contenido de energía calórica igual a $39.000 \text{ kJ}/\text{l}$, entonces:

$$\text{Consumo de combustible} = \frac{55,55 \text{ kJ}/\text{seg}}{39,000 \text{ kJ}/\text{l}}$$

$$= 0,00142 \text{ l}/\text{seg} = 5,1 \text{ l}/\text{h}$$

En la mayoría de los casos, normalmente los secadores tienen una eficiencia del 80%, por lo que:

$$\text{Consumo de combustible} = 5,1 / 0,8$$

$$= 6,37 \text{ l} / \text{h}$$

En estas condiciones, un secador estacionario de fondo falso requiere que el quemador esté prendido aproximadamente 30 h. Entonces:

$$\text{Consumo total} = 30\text{h} \times 6,37 = 191,1 \text{ litros de disel.}$$

$$\text{Consumo por tonelada} = 191,1 \text{ litros} / 30 \text{ t}$$

$$= 6,37 \text{ litros} / \text{t}$$

Si se considera que el costo actual del disel en el Ecuador es de $\text{US\$ } 0,27/\text{l}$ itro, el costo total será de:

$$191,1 \text{ litros} \times \text{US\$ } 0,27 = \text{US\$ } 51,59 / 30 \text{ t} = \text{US\$ } 1,71 / \text{t.}$$

4.8 Aeración

Para la aeración se utilizan flujos de aire entre $0,1$ a $0,6 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ton}$, lo que es bajo en relación al flujo de aire utilizado para secado estacionario (4 a $17 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ton}$). Los principales objetivos de la aeración son:

- a) Evitar la migración de humedad en la masa de semillas, manteniendo la temperatura uniforme.
- b) Evitar el calentamiento de la masa de semillas.
- c) Aplicación de productos químicos.

4.8.1 Migración de humedad

Cuando los silos, especialmente los metálicos, quedan expuestos a una temperatura externa baja, el aire frío próximo de la pared del silo baja, y el aire caliente sube por el centro del silo, el cual, al encontrar la capa de semillas frías en el tope del silo, condensa la humedad ocasionando serios problemas a las semillas. Por otro lado, cuando la temperatura externa es más alta, el aire caliente sube próximo a las paredes del silo, mientras que el frío baja por el centro, el cual puede encontrarse con una masa de semillas todavía fría en la parte de abajo del silo, pudiendo también condensar la humedad en esa zona (Figura 32).

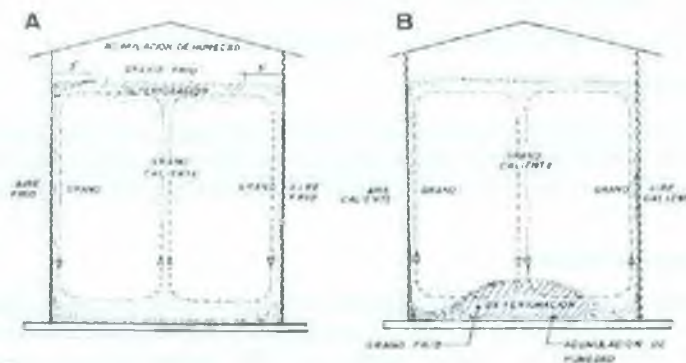


Figura 32. Representación esquemática de la migración de humedad que ocurre en un silo almacenador. A. en Invierno y B. en verano, (Arias, 1993).

4.9 Demora en el secado

Las semillas no deben permanecer húmedas, ya que la alta humedad es el factor que más afecta la calidad fisiológica de la semilla. Semillas con 20% de humedad no deben permanecer más de 24 horas esperando el secado. Así que cuando la humedad de la semilla lo permita, se debe cosechar e inmediatamente después, se debe proceder al secado, debiendo operar si es necesario, las 24 horas del día, sábados, domingos y feriados.

4.10 Temperatura de secado

Los mayores cuidados deben ser tomados con la temperatura del aire de secado, porque va a influir decisivamente sobre la temperatura de la semilla. La temperatura máxima del aire de secado determinada en el conducto de entrada del aire caliente varía con el tipo de secador y el contenido de humedad de la semilla.

Hay muchos tipos de secadores intermitentes y para saber la temperatura adecuada del aire, se recomienda verificar la temperatura de la semilla al final del secado (13-14% de humedad) que debe estar para arroz, trigo y maíz máximo a 43°C y para soya a 38°C. Si la temperatura de la semilla estuviera más baja se debe aumentar la temperatura del aire y viceversa

Con respecto a la temperatura de la masa de semillas, se enfatiza que cuanto más húmeda, menor debe ser el calentamiento así, semillas con 18% de humedad pueden ser solamente calentadas hasta 32 - 34°C.

En ocasiones que no se conoce el desempeño del secador se sugiere empezar con las siguientes temperaturas del aire.

- a) Secador intermitente rápido para arroz y soya: 70°C
- b) Secador intermitente rápido para trigo: 80°C
- c) Secador intermitente lento para arroz y soya: 60°C
- d) Secador estacionario (Humedad Relativa 40-70%): 40°C

4.11 Velocidad de secado

Cuando son utilizadas temperaturas mayores, (HR bajas) puede secarse más rápido; sin embargo, el secado muy rápido podrá provocar una diferencia de humedad muy grande entre la periferia y el centro de la semilla, ocasionando fracturas o fisuras, principalmente en semillas de arroz y maíz.

4.12 Velocidad del aire

En los secadores estacionarios, también el secado muy lento puede causar perjuicios a las semillas. Se recomienda un flujo de aire de por lo menos 4 m³/min/t de semilla. Como es difícil medir la velocidad del aire, se recomienda que la altura de la capa para el grupo de semillas grandes (maíz, soya), no sea superior a 1,5 m, y, para el de las semillas pequeñas trébol, alfalfa no más que 0,8 m.

4.13 Descuento por humedad

Es común recibir semillas en la UBS con alto contenido de humedad, y, para efecto de pago y control, se debe descontar el agua en exceso. Se convencionó la humedad de 13% como oficial para la comercialización. Para ilustración, será utilizado el siguiente ejemplo:

Se reciben 20 000 kg de semillas de arveja con 19% de humedad, y se quiere saber cuántos kg de agua hay en exceso. Para eso utilizase la siguiente igualdad:

$$\text{Peso inicial} \times (100 - \text{Humedad inicial}) = \text{Peso final} \times (100 - \text{Humedad final})$$

$$20\,000 \times (100 - 19) = \text{Peso final} \times (100 - 13)$$

$$20\,000 \times 81 = \text{Peso final} \times 87$$

$$\text{Peso final} = \frac{20\,000 \times 81}{87} = 18620,7 \text{ kg}$$

Por lo tanto hay 20.000 - 18620,7 = 1379,3 kg de agua para ser descontados.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, R.: Y PESKE, S.T. 1988. Manual para el Beneficio de Semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali-Colombia. 117 pp.
- ARIAS, C. 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (F.A.O). Reimpreso en Quito Ecuador 1996. Santiago, Chile. 392 pp.
- BENECH, E.B. 1986. Comparação de métodos de secagem para sementes de azevem anual (*Lolium multiflorum* Lam) UFPEL. Pelotas, Brasil, 109 p.
- CROFF, R. 2002. Secado de granos. in. Seednews La revista internacional de semillas. Año VI, Nº 2. Edicao. Marzo / Abril ISSN. 1415-0387. Pelotas. RS. Brasil.30 p.
- MARCOS FILHIO, J. 2005. Fisiología de sementes de plantas cultivadas. Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz-FEALQ. Piracicaba, SP, Brasil. 495 p.
- MOREIRA DE CARVALHO, N & NAKAGAWA, J. 1983. Sementes-Ciencia, Tecnologia e Produção. 2ª Edicao. Revisada. Fundação Cargil. Campinas SP. Brasil. 429 p.
- MOREIRA DE CARVALHO, N 1994. A Secagem de Sementes. FUNEP. Fundação Zootecnia. Jaboticabal. SP. Brasil. 165 p.
- MUÑOZ, R. y AGUILAR, V. 1993. Comparación del contenido de humedad de equilibrio entre siete híbridos de maíz. Agricultura técnica (Chile) 53 (3): 281-284 (Julio a Septiembre, 1993)
- MUÑOZ, R. y REBUFEL P. 1991. Humedad de equilibrio de arroz paddy, variedad ro, a temperaturas de 10°, 25° y 40°C. In. Agricultura Técnica (Chile) 51 (1):83-86 (enero-marzo, 1991).
- PESKE, S.T. y VILLELA, F. 2000. ABEAS. Curso de Ciencia e Tecnologia de Sementes. Módulo 5. Secagem de Sementes, Brasília-DF. 72 p.
- SEEDNEWS. 1999. Principios de Secagem. in Seednews, A revista internacional de sementes. Edicao Nº 10 Marco/Abril ISSN 1415-0387 Pelotas. RS. Brasil. 38 p.
- SHED, C. K. 1953. Resitance of grains and seed to air flow. Agricultural Engineering. Volumen. 34: 616-619.
- VILLA, L.G. y ROA, G. 1979. Secagem e Armazenamento de soja industrial e sementes a granel - Campinas, Fundação Cargil, 64 p.

CAPÍTULO 5

5. ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS

Las semillas necesitan ser conservadas intactas desde su cosecha hasta la época de siembra, teniendo en cuenta que al ser cosechadas son separadas de la planta madre que hasta ese momento era su hábitat natural. Sin embargo, el almacenamiento de las semillas comienza algún tiempo antes de que se realice la labor de cosecha, o sea cuando éstas alcanzan el punto de madurez fisiológica (PMF) y se corta la traslocación de fotoasimilados de la planta madre a la semilla y ésta pasa a ser un organismo individual e independiente. Este punto se alcanza después de la antesis, durante un período que varía según la especie, cuando el contenido de agua de las semillas todavía es muy alto como para poder cosecharlas mecánicamente. Por esta razón, las semillas quedan prácticamente "almacenadas en campo", hasta que las condiciones tanto intrínsecas de la semilla como del ambiente permitan la cosecha.

Es importante considerar que todo el esfuerzo humano y económico realizado para producir una semilla de calidad, puede perderse si las condiciones de almacenamiento son inadecuadas. Cuantificar las pérdidas debidas al almacenamiento inadecuado de las semillas en los diversos países es difícil, pero se sabe que en las regiones tropicales y subtropicales dichas pérdidas son cuantiosas. Los productores de semillas conocen muy bien lo que esto significa cuando tienen que competir con su producto en el mercado bajo normas estrictas de comercialización.

Pero el mayor desafío está relacionado con el hecho de que las semillas, que son organismos vivos y frágiles, deberán germinar después de haber sido cosechadas, secadas, beneficiadas y almacenadas de una temporada de producción para otra (Baudet, 2000). Así, el objetivo principal del almacenamiento es de conservar su calidad reduciendo al mínimo el deterioro, hasta el momento que son sembradas y germinan para dar origen a nuevas plantas.

5.1 Longevidad y potencial de almacenamiento de semillas

La longevidad de las semillas se define como el período de tiempo en que éstas permanecen viables. A no ser que las semillas se conserven en condiciones favorables constantes, éstas pierden su viabilidad en poco tiempo. La longevidad de las semillas es una característica genéticamente determinada y es heredada tanto por las especies como por las variedades de la misma especie.

5.1.1 Semillas de vida larga y de vida corta

En general, las semillas pertenecen a especies que son genéticamente de vida larga y otras de vida corta. Es obvia la dificultad para establecer un límite entre ambas clases. Semillas de cebolla, soya y aguacate pierden más rápidamente su viabilidad en el almacenamiento que semillas de trigo, cebada, avena y maíz. Estudios realizados en INIAP han demostrado que la velocidad del deterioro de semillas de centeno es casi dos veces mayor que la de semillas de avena.

En un contexto histórico, en 1923, Ogha encontró en Manchuria semillas viables de lotera de la India (*Nelumbium nucifera*) que tendrían entre 120 y 400 años de edad. En Santa Rosa de Tastil, Argentina, fueron encontradas semillas de *Canna compacta* todavía viables, que según los resultados de análisis hechos mediante Carbono 14 radiactivo, tendrían

alrededor de 620 años de edad. También en México y Escandinava se han encontrado semillas viables con edades desde 200 hasta 1700 años. Indiscutiblemente, las semillas de *Lupinus arcticus* encontradas congeladas en Canadá y todavía viables con más de 10 000 años de edad, son el ejemplo más impresionante de longevidad (Baudet, 2000).

La mayoría de las especies consideradas de vida larga pertenecen a la familia de las leguminosas y se caracterizan por ser especies con semillas de cáscaras duras e impermeables. Cereales como la cebada y avena son considerados de vida larga y el centeno de vida corta, mientras que el maíz y el trigo son considerados de longevidad intermedia. Semillas de lechuga y cebolla pueden ser consideradas de vida corta. Las Tablas 9 y 10 muestran una serie de especies con semillas de vida corta y de vida larga, respectivamente.

Tabla 9. Especies de semillas de vida corta (adaptado de Harrington, 1973).

Especies	Nombre Vulgar	Longevidad	Ambiente del Almacenamiento
<i>Ulmus americana</i>	olmo	16 meses	5°C, 6.5% CA1
<i>Persea americana</i> Mill.	aguacata	15 meses	5°C, 90% HR2
<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle	lima	6 meses	2°C, 88% HR, con fungicida
<i>Citrus limon</i> Burm.f.	limón	3 meses	2°C, 88% HR, con fungicida
<i>Hevea brasiliensis</i> Mill.	caucho	3 meses	5-10°C, en agua, empaque hermetico
<i>Mangifera indica</i> L.	mango	Máx 80 días	Temp. Ambiente 3°C es letal] 50% HR
<i>Theobroma cacao</i> L.	cacao	4 meses	25-30°C, 31-33% CA (10°C o 24% CH es letal), 50 HR
<i>Coffea</i> spp.	café	Máx 22 meses	25°C, 52% CA

5.1.2 Potencial de almacenamiento

El potencial de almacenamiento varía considerablemente de una especie a otra, aún en condiciones de almacenamiento idénticas y favorables. Este potencial está determinado por el periodo de tiempo en que una cierta parte de semillas muere, o a la inversa, permanece viva. En un lote de semillas no todas mueren al mismo tiempo, porque el potencial de almacenamiento también es una característica individual, lo cual afecta el porcentaje de viabilidad del lote de semillas. Por lo tanto, no todas las especies, variedades o semillas individuales de un mismo grupo genético sobreviven el mismo periodo de tiempo bajo una amplia gama de condiciones de almacenamiento. Para efectos prácticos, cuando se trata de almacenamiento comercial de semillas, tomar en consideración la longevidad de la especie, según sea ésta de vida larga, media o corta, es suficiente. Esto depende decisivamente en las condiciones de almacenamiento que deben ser proporcionadas a una determinada especie. Es decir, las condiciones ambientales de una determinada región pueden ser favorables para almacenar semillas de arroz o trigo, pero no lo son para almacenar semillas de soya y menos aún para semillas de cebolla que son de vida muy corta.

El potencial de almacenamiento también está indirectamente relacionado con la composición química de la semilla. Las semillas oleaginosas se deterioran más rápido que las amiláceas, sin embargo, se da el caso de algunas semillas con alto contenido de aceite como *Ricinus communis* (higuerilla) y *Lycopersicum esculentum* (tomate), que tienen buenas características de almacenamiento. No hay evidencias de que semillas con alta concentración de proteínas tengan un mejor potencial de almacenamiento, pero hay una tendencia de las semillas con alto contenido de lípidos a tener un menor tiempo de vida, así también el contenido de azúcar bajo se ha relacionado con semillas de vida corta.

Tabla 10. Especies de semillas de vida larga, más de 10 años (adaptado de Harrington, 1973).

Especies	Nombre Vulgar	Longevidad (años)	Ambiente del Almacenamiento
<i>Avena sativa</i> L.	avena	32	Almacén, seco
<i>Hordeum vulgare</i> L.	cebada	32	Almacén seco
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	rye-grass	12	Cámara seca
<i>Oryza sativa</i> L.	arroz	10	Laboratorio, sellada
<i>Sorghum vulgare</i> Pers.	sorgo	17	Laboratorio
<i>Triticum aestivum</i> L.	trigo	32	Almacén, seco
<i>Triticum durum</i> Desf.	trigo duro	31	Almacén seco
<i>Zea mays</i> L.	maíz	37	Almacén seco
<i>Allium cepa</i> L.	cebolla	22	Cámara seca
<i>Beta vulgaris</i> L.	remolacha	30	Laboratorio seco
<i>Brassica napus</i> L.	nabo	10	Laboratorio seco
<i>Brassica oleracea</i> L.	repollo	19	Laboratorio seco
<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	soya	13	Almacén seco
<i>Medicago sativa</i> L.	alfalfa	78	Laboratorio seco
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	fréjol común	22	Laboratorio seco
<i>Pisum sativum</i> L.	arveja	31	Cámara seca
<i>Trifolium repens</i> L.	trébol blanco	26	Laboratorio seco
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	algodón	25	Laboratorio seco
<i>Daucus carota</i> L.	zanahoria	31	Laboratorio seco
<i>Lycopersicon esculentum</i>	tomate	33	Laboratorio seco
<i>Nicotina tabacum</i> L.	tabaco	20	Laboratorio, empaque sellado
<i>Solanum tuberosum</i> L.	papa	20	Laboratorio seco
<i>Cucumis sativus</i> L.	pepino	30	Laboratorio seco
<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad.	sandía	30	Laboratorio seco
<i>Cucurbita pepo</i> L.	zapallo	10	Laboratorio, empaque hermético
<i>Lactuca sativa</i> L.	lechuga	20	-4 C, 8%

5.1.3 Semillas ortodoxas, intermedias y recalcitrantes

Las semillas ortodoxas son aquellas que alcanzan su madurez en la planta madre con contenidos de agua bajos, o que pueden ser secadas artificialmente hasta que queden con bajos contenidos de agua sin sufrir daño, pudiendo ser almacenadas por largos periodos, especialmente a baja temperatura. Condiciones de almacenamiento con bajo contenido de agua y temperatura de -18°C pueden mantener viables estas semillas por periodos hasta de un siglo o más. Cuando dichas semillas están secas pueden resistir las adversidades del ambiente y a pesar de estar latentes, cuando se dan las condiciones adecuadas, germinan.

Las semillas de la gran mayoría de las especies agrónomicamente importantes en zonas templadas son ortodoxas. Estas semillas en climas templados y fríos no requieren condiciones especiales de almacenamiento desde la cosecha hasta la época de siembra;

pero en regiones de climas cálidos y húmedos es necesario el control de las condiciones de almacenamiento (baja temperatura y deshumidificación).

Las **semillas intermedias** son aquellas que antes fueron consideradas como ortodoxas pero según, Hong, y Ellis, 1996, estas mantienen la viabilidad por más tiempo en condiciones de 10°C y 12 % HR. Estas semillas tienden a tener una distribución de climas tropical y subtropical y, probablemente, no secan totalmente en la planta madre, como es el caso de las semillas ortodoxas. Ejemplos son las papayas andinas *Vasconcella* sp., otros son la araucaria (*Araucaria columnaria*) y el café (*Coffe arabica*).

Las **semillas recalcitantes** son aquellas que pierden rápidamente su viabilidad si son secadas por debajo de un contenido de agua relativamente alto. Estas semillas no pueden ser secadas por métodos tradicionales y no se conservan bien en condiciones normales de almacenamiento. Entre las especies de semillas recalcitantes se encuentran las de árboles tropicales de importancia económica como el cacao y el caucho.

Las semillas recalcitantes, fenómeno poco entendido, se constituyen en un problema cuando se trata de su almacenamiento, utilizándose diferentes metodologías como las que se usan en los bancos de germoplasma (Capítulo 6) como cultivo de tejido *in vitro* o colecciones de campo. Varias listas de especies con semillas recalcitantes han sido publicadas, pero todavía existen dudas en relación con algunas especies como la mayoría de los cítricos y la palma. Algunas características propias de tipos de especies recalcitantes son presentadas en la Tabla 11.

En el caso de las semillas de limón si se les retira su envoltura, pierden su característica de recalcitantes, evitándose así el daño producido por el exceso de secado. También existe suficiente evidencia de que semillas de lima y naranja son más ortodoxas que recalcitantes, ya que es posible almacenarlas por periodos considerables a temperatura de -20°C y 5% de contenido de agua.

Tabla 11. Tipos de semillas recalcitantes, (Adaptado de Farrant *et al.*, 1986).

Minimamente Recalcitrantes	Moderadamente Recalcitrantes	Altamente Recalcitrantes
- Toleran grandes pérdidas de agua.	- Toleran pérdidas moderadas de agua.	- Toleran pequeñas pérdidas de agua.
- Germinan lentamente al no adicionar agua.	- Moderada tasa de germinación al no adicionar agua.	- Rápida germinación al no adicionar agua.
- Toleran bajas temperaturas.	- Sensibles a bajas temperaturas.	- Muy sensibles a bajas temperaturas.
- Distribuidas en climas templados a subtropicales.	- Distribuidas en clima tropical.	- Bosques tropicales no habitados y tierras húmedas.
- <i>Quercus</i> sp. <i>Araucaria huesteinii</i> . <i>Podocarpus henkelii</i> .	- <i>Theobroma cacao</i> . <i>Hevea brasiliensis</i> .	- <i>Syzygium</i> spp. <i>Avicennia marina</i> .

5.2 Deterioro de semillas

El deterioro de las semillas se define como una serie de procesos que implican alteraciones.

fisiológicas, bioquímicas y físicas que eventualmente causan la muerte de la semilla. Las alteraciones durante el deterioro son progresivas e irreversibles y están determinadas por factores genéticos, factores ambientales (clima, nutrición, insectos), procedimientos de cosecha, secado, beneficio, transporte y almacenamiento de las semillas.

Son características propias del deterioro de las semillas su inexorabilidad y su variabilidad (varía entre especies, variedades y semillas individuales dentro de un lote).

5.2.1 Teorías sobre el deterioro de las semillas

Las principales teorías sobre el deterioro de las semillas pueden resumirse en las siguientes:

- a) Agotamiento de las reservas alimenticias.
- b) Alteración de la composición química.
- c) Alteraciones en las membranas.
- d) Alteraciones enzimáticas.
- e) Alteraciones genéticas y de nucleótidos.

Agotamiento de las reservas alimenticias.- Las moléculas son transportadas desde o hasta los órganos almacenadores de la semilla (endosperma, cotiledones), en forma de sacarosa. La sacarosa es movilizada desde los lugares de la fotosíntesis por el sistema vascular de la planta madre hasta la semilla en desarrollo, mecanismo en el cual la enzima invertasa juega un importante papel. También la conversión de las macromoléculas o reservas en formas metabolizables que serán transportadas a los puntos de crecimiento durante la germinación de las semillas (almidón en glucosa, triglicéridos en glicerol y ácidos grasos, y polipéptidos en péptidos menores o directamente en aminoácidos), es catalizada por muchas enzimas (amilasas, lipasas, peptidasas, etc.). Estas enzimas hidrolizan las macromoléculas para producir las formas transportables y consecuentemente los substratos para los procesos metabólicos que utilizan energía y esqueletos de Carbono.

Sin embargo, la movilización de reservas en las semillas es alterada debido a los cambios en la acción enzimática producto del deterioro; en ese caso la alteración enzimática es una explicación para los mecanismos de deterioro de las semillas (Baudet, 2000).

Alteración de la composición química.- La oxidación de los lípidos con el aumento de los ácidos grasos, la reducción de la solubilidad y digestibilidad y el rompimiento parcial de proteínas son algunos ejemplos de los cambios que ocurren en la composición química durante el deterioro de las semillas.

La producción de radicales libres ha sido relacionada con el deterioro de las semillas. Los radicales libres son producidos en las semillas y aquellos que son perjudiciales serían evitados por mecanismos propios de las semillas, como son la enzima SOD (super-óxido-dismutasa) o los anti-oxidantes como los tocoferoles. En relación con estos últimos, se han encontrado bajos niveles de tocoferoles en semillas deterioradas, pudiendo indicar un camino hacia el deterioro (Baudet, 2000).

Alteración de las membranas celulares.- Términos como "desorganización o pérdida de la integridad de las membranas" o "aumento de la permeabilidad de las membranas", son comúnmente usados para explicar la pérdida de la viabilidad o deterioro de las semillas.

Al comienzo de la germinación de la semilla, durante la imbibición, ocurre lixiviación de

solutos (principalmente azúcares y aminoácidos), la cual es más intensa en semillas deterioradas. Este fenómeno puede ser fácilmente detectado al observar semillas deterioradas mantenidas sumergidas en agua destilada durante 18 a 24 horas, al final del cual el agua adquiere una coloración amarillenta que varía en intensidad. Al medir la conductividad eléctrica de dicha agua, los valores aumentan dependiendo del grado de deterioro de las semillas (cuanto mayor el deterioro, mayor la conductividad eléctrica) (Baudet, 2000).

La lixiviación está relacionada con la configuración de las membranas a nivel celular en una semilla seca y cuando está hidratada. En semillas secas, existe una configuración hexagonal formándose poros, a través de los cuales los solutos pueden fluir para afuera de la membrana celular. Durante la imbibición, mecanismos de reparación de las membranas las reorganizan cambiando su configuración por la típica forma bipolar propia de los tejidos hidratados.

En semillas deterioradas, este mecanismo de reparación de las membranas es lento o no funciona, lo que permite la pérdida de solutos hacia el medio externo a través de la lixiviación. A consecuencia de esto, durante la germinación de la semilla en el suelo, substratos que serían aprovechados en los procesos metabólicos que ocurren durante el crecimiento y desarrollo de la semilla, se pierden, lo que es de fundamental importancia después de la emergencia de la radícula durante el estado heterotrófico de la plántula. Esta lixiviación también forma alrededor de la semilla un microambiente altamente favorable para el ataque de microorganismos del suelo.

Alteración enzimática.- El índice de viabilidad se determina en función de la actividad enzimática de las semillas. Esta actividad disminuye durante el deterioro de la semilla.

La síntesis de proteínas es un mecanismo muy relacionado con el deterioro de las semillas. Las enzimas son proteínas y actúan en todos los procesos bioquímicos de síntesis y degradación de las moléculas.

Durante el desarrollo y maduración de las semillas, las enzimas participan en la acumulación de reservas que son almacenadas. Durante la germinación, las enzimas deben ser sintetizadas y activadas para que, desde la capa de aleurona y del escutelo, actúen en la movilización de las reservas desde los lugares de almacenamiento (cotiledones, endosperma) a los sitios de utilización (embrión). Todos estos procesos se alteran si la actividad enzimática se afecta (Baudet, 2000).

La determinación de la viabilidad de la semilla por la prueba del Tetrazólio se basa en la capacidad que tiene la enzima Deshidrogenasa de precipitar la sal de tetrazólio (Trifenil-Cloreto de Tetrazolio) en Formazán, presentándose una coloración roja. Los tejidos muertos con deficiencia de enzima conservan su color original, mientras que los tejidos viables presentan diversos tonos de color rojo, que corresponden a diferentes niveles de deterioro.

Alteración genética y de nucleótidos.- Mutaciones causadas por aberraciones cromosómicas se han encontrado en semillas de avanzada edad o almacenadas durante mucho tiempo. Este daño en los cromosomas es más intenso en semillas almacenadas bajo condiciones desfavorables. La tasa de mutaciones aumenta también con la edad de las semillas. Dichas mutaciones pueden provocar deficiencias funcionales en el metabolismo de las semillas.

Estas alteraciones están relacionadas con la pérdida de integridad del ácido desoxirribonucleico (ADN), la síntesis del ácido ribonucleico (ARN), la codificación y síntesis de proteínas en los ribosomas y con la síntesis de nucleótidos (ATP, UTP, etc).

Los nucleótidos proporcionan energía en los procesos metabólicos y su participación es

especialmente importante cuando las semillas absorben agua para iniciar su germinación. Durante la germinación, los nucleótidos juegan un importante papel en los siguientes procesos: biosíntesis de ácidos nucleicos (ARN inicialmente y luego ADN); biosíntesis de polisacáridos; síntesis de proteínas y reparación de las membranas. Las semillas deterioradas tienen, por lo tanto, bajos niveles de biosíntesis ya que se produce una menor cantidad de nucleótidos (Baudet, 2000).

Otras anomalías relacionadas con la alteración genética son el aborto del polen y la aparición de fenotipos de clorofila mutante, aspectos que todavía están en estudio.

5.2.2 Causas del deterioro de las semillas

Como se dijo anteriormente, las causas del deterioro se confunden con sus efectos, ya que todavía no existe claridad al respecto. Como posibles causas del deterioro de las semillas se señalan todas las teorías sobre deterioro: degradación de estructuras funcionales, inactivación y degradación de enzimas, agotamiento de reservas alimenticias, auto-oxidación de los lípidos, acumulación de compuestos tóxicos, degradación genética, etc.

Con un ejemplo utilizando semilla de leguminosas, se ilustran algunos problemas relacionados con el deterioro de la semilla en diversas fases de la producción:

Inicialmente, en la fase de campo, durante el período que abarca desde la madurez fisiológica hasta la cosecha, condiciones de alta temperatura, alta humedad y la alternación de éstas, causan un aumento de la velocidad de deterioro de la semilla. Cuando las semillas están todavía en el campo después de haber alcanzado su madurez fisiológica, fluctuaciones de humedad (lluvia, alta humedad relativa, rocío) provocan arrugamiento de la testa de la semilla. Al someter esas semillas a la prueba del Tetrazólio la región arrugada en el extremo opuesto del hilo muestra descoloración, indicando la presencia de tejidos muertos o en avanzado estado de deterioro.

Ataques de insectos en la fase de campo producen deformaciones de las semillas, cambios en su composición química y consecuentemente reducción en la calidad de las mismas. Los microorganismos atacan la semilla interactuando en los procesos metabólicos y por lo tanto acelerando el deterioro. Los hongos producen toxinas que pueden dañar membranas (aflatoxinas), inhibir la clorofila, aumentar la lixiviación de solutos, inhibir la germinación de las semillas, etc.

La época en que se realiza la cosecha y los daños físicos que durante ella pueden ocurrir en las semillas, causan aumento del deterioro de la semilla. También después de cosechada, durante el secado (alta temperatura), beneficio y transporte (humedad de la semilla, daños físicos) y almacenamiento (alta humedad, microorganismos), puede ocurrir un aumento de la velocidad de deterioro de la semilla.

Incluso después de la siembra, condiciones adversas de temperatura y humedad, tipo de suelo, profundidad de siembra y ataque de microorganismos, son factores que afectan la viabilidad de la semilla.

Para entender este proceso, las teorías que tienen mayor acogida son los mecanismos de alteración de las membranas celulares, alteración enzimática y el de daño genético. Sin duda, esto significa un gran avance ya que después de muchas teorías en el aire, la concentración en solo tres, permite intensificar los estudios específicamente en esas áreas.

5.3 Factores que afectan la calidad de las semillas durante su almacenamiento

El principal objetivo del almacenamiento de las semillas es la mantención de la calidad de

las mismas durante todo el periodo en que permanecen almacenadas. El almacenamiento se inicia cuando las semillas alcanzan la madurez fisiológica poco antes de la cosecha, y termina cuando ocurre la siembra y por ende germinación. Durante todo este periodo, hay una serie de factores que influyen en el potencial de almacenamiento de las semillas. El periodo de pre-cosecha determina la calidad de las semillas y es muy poco lo que el hombre puede hacer a partir de ese momento. Las semillas de alta calidad se conservarán mejor que las semillas de baja calidad, y el control de los factores que afectan adversamente la germinación y el vigor de las semillas contribuirá para el mantenimiento de la calidad de las mismas.

A continuación serán discutidos los principales factores que afectan la calidad de las semillas durante el almacenamiento.

5.3.1 Factores genéticos

Como se mencionó anteriormente, la longevidad de las semillas varía entre especies, habiendo diversas clasificaciones de acuerdo con el periodo en que se han encontrado viables y las condiciones de ambiente bajo las cuales esas semillas han mantenido su viabilidad.

La longevidad es un factor intrínseco a la propia especie. Un ejemplo lo constituyen las semillas de arroz, que tienen un alto potencial de almacenamiento comparadas con las semillas de soya. Esta diferencia es mayor cuando las condiciones de almacenamiento son desfavorables. Así se tiene que ciertas localidades donde se almacena semilla de arroz satisfactoriamente, son limitadas para el almacenamiento de semillas de soya, que pierden su viabilidad más rápidamente (Baudet, 2000).

La característica genética de la longevidad también varía entre cultivares o variedades de la misma especie. Los siguientes ejemplos se refieren a semillas de maíz. Algunos trabajos mostraron que semillas de maíz duro y dentado permanecen viables por más tiempo que las variedades de maíz blando y dulce, almacenadas bajo condiciones ambientales. Este hecho muestra una relación con la composición de las semillas. Cuando dichas semillas fueron almacenadas en condiciones controladas donde la humedad se mantuvo constante, las diferencias entre esos tipos fueron menos evidentes, indicando que las variedades de maíz blando están expuestas a mayores fluctuaciones de humedad debido a su consistencia, perdiendo más rápidamente su viabilidad.

Ciertas evidencias en maíz también han mostrado que el carácter de longevidad puede ser mejorado mediante procedimientos adecuados de selección. Cruzamientos recíprocos entre líneas puras de vida corta y de vida larga, indican que el carácter de vida larga sería dominante; resultados similares se encontraron cuando fueron analizadas las características de los híbridos simples.

En la práctica, el saber que algunas especies o variedades son de vida corta o de vida larga permite a los productores de semillas, que no tienen medios de controlar el factor genético, tomar decisiones respecto a las variedades que van a producir, en función de su potencial de almacenamiento y de las condiciones climáticas de la localidad donde pretenden almacenar la semilla.

5.3.2 Estructura de la semilla

En semillas de gramíneas, específicamente de algunos cultivares de cebada y trigo, aquellas con glumas (lema y palea) se comportan mejor durante el almacenamiento que aquellas sin glumas. La misma tendencia, pero en menor grado, se encuentra en semillas de avena y centeno. La explicación sugerida tendría relación con un "efecto inhibitorio" sobre el crecimiento de hongos en las semillas con glumas. Sin embargo, la operación de

retirada de las glumas pueden provocar daño físico, facilitando el crecimiento de hongos y reduciendo la viabilidad de la semilla.

La forma, el tamaño y la localización de las estructuras esenciales dentro de la semilla son factores que contribuyen al daño físico causado por medios mecánicos. En algunas leguminosas, como soya y fréjol, el eje radícula-hipocotilo está en una posición saliente protegido solamente por la delgada cáscara o testa de la semilla, claramente expuesto a impactos que le causarán daño físico.

Propiedades físicas de las semillas, tales como tamaño y peso específico, también afectan su conservación. Hay una tendencia de las semillas pequeñas a perder viabilidad durante el almacenamiento más rápidamente que las semillas de mayor tamaño, hecho observado en semillas de trigo, cebada, aguacate, girasol y en varias leguminosas forrajeras. Sin embargo, un efecto inverso se ha encontrado en semillas de soya, ya que semillas pequeñas almacenadas bajo condiciones del trópico húmedo se conservaron mejor que semillas de mayor tamaño. Este hecho podría estar relacionado con la mayor susceptibilidad a daños físicos de las semillas de mayor tamaño en soya.

Semillas de bajo peso específico, consideradas individualmente dentro de un lote parcialmente deteriorado, pierden viabilidad más rápidamente durante el almacenamiento que las de mayor peso. Estudios realizados en semillas de arveja mostraron que las semillas grandes y más pesadas se deterioraron más lentamente que las semillas pequeñas y livianas; este efecto es similar en semillas de fréjol.

Algunas leguminosas (soya, trébol, alfalfa, fréjol, arveja, vicias) tienen entre sus características la dureza de la cáscara. Esta es una característica indeseable para fines de siembra, pero interesante respecto al almacenamiento. La dureza de la cáscara está relacionada con la impermeabilidad de la testa, característica que puede permanecer por varios años. Por lo tanto, las semillas duras se conservan mejor en el almacenamiento que aquellas de cáscara más blanda o intermedia. Sin embargo, esta característica debe ser superada por ocasión de la siembra de la semilla.

Es posible superar la característica de dureza mediante la escarificación, procedimiento utilizado comúnmente para semillas de leguminosas forrajeras. Esta operación consiste en reducir por medios mecánicos controlados la impermeabilidad de la cáscara, pero con ello se disminuye la longevidad de la semilla.

5.3.4 Factores que determinan la calidad de la semilla antes y después de la cosecha

Los factores pre y post-cosecha determinan la condición de la semilla o nivel de calidad inicial antes de ser envasada para el almacenamiento. Dependiendo de la condición inicial, las semillas resistirán mejor o peor las condiciones desfavorables durante el almacenamiento.

Todos los pasos por los cuales deben pasar las semillas antes, durante y después de la cosecha y otros factores adversos afectan el potencial de almacenamiento de las mismas. Dichos pasos y factores son condiciones ambientales y sanitarias en el campo; estado nutricional de la planta que produjo la semilla, daños físicos causados por medios mecánicos durante la cosecha, transporte y manipuleo; procedimiento seguido en el secado artificial, entre otros (Baudet, 2000).

La madurez de las semillas es otro factor importante. En general, durante el almacenamiento las semillas inmaduras pierden más rápidamente su viabilidad que las

maduras. Un caso de interrupción del proceso de maduración se presenta, por ejemplo, cuando hay que anticipar la cosecha debido a condiciones ambientales desfavorables.

El máximo potencial de almacenamiento de las semillas ocurre cuando éstas alcanzan su madurez fisiológica, que coincide con la máxima acumulación de peso seco. En muchas especies, el período de maduración es muy amplio (zanahoria, gramíneas y leguminosas forrajeras) e indeterminado. Después de cosechadas, las semillas muestran diversos niveles de madurez, como también diferente potencial de almacenamiento.

5.3.5 Contenido de agua de las semillas

El factor más importante, el que más afecta la conservación de las semillas, es el contenido de agua. Un alto contenido de agua, mayor de 13%, no es deseable para almacenar semillas.

Las semillas son higroscópicas, es decir, tienen la capacidad de intercambiar humedad con el ambiente, o sea, de absorberla o cederla. En un ambiente húmedo las semillas secas absorberán humedad del aire; en cambio, en un ambiente seco las semillas húmedas perderán humedad porque se la ceden al aire. Es así como dicha relación se da en función de la humedad relativa del aire. Si existe una relación de absorción y pérdida de humedad entre las semillas y el ambiente que las rodea, existe también un punto de equilibrio, en que se igualan las presiones de vapor de humedad tanto de la semilla como del aire. Este es el llamado punto de equilibrio higroscópico de las semillas, que se define como el contenido de agua alcanzado por una semilla después de cierto período de tiempo sometida a condiciones de humedad relativa del aire y temperatura constantes.

A cualquier temperatura, el aire contiene una determinada cantidad de agua en forma de vapor de humedad. Así, al 100% de humedad relativa, el aire está saturado de humedad y no tiene capacidad de contener más (Baudet, 2000).

Bajo cualquier condición de almacenamiento, el contenido de humedad de la semilla alcanzará el equilibrio con el aire después de cierto tiempo. El equilibrio higroscópico varía según las especies. Semillas de arroz y trigo con un contenido de humedad de 13 a 15%, alcanzan el equilibrio en un ambiente con 75% de humedad relativa del aire; en cambio, semillas de algodón, lino y maní se equilibran a 75% cuando se encuentran a 9 a 11%. Un aspecto a tener en cuenta es que la proteína es altamente higroscópica, al contrario de los lípidos que son hidrofóbicos. En general, el punto de equilibrio higroscópico de las semillas oleaginosas es más bajo que el de las semillas amiláceas o de alto contenido proteico bajo las mismas condiciones de humedad relativa y temperatura.

Una amplia diferencia (gradiente) de presiones de vapor de humedad también aumenta las tasas de absorción y de movimiento de la humedad de las semillas. Semillas de arroz con 13% de humedad, colocadas a 95% de humedad relativa, aumentan más rápido su contenido de agua que cuando son colocadas a 70% de humedad relativa. De la misma forma, perderán agua más rápidamente cuando son sometidos a un 20% en vez de un 30% de humedad relativa.

El punto de equilibrio higroscópico de las semillas ayuda a determinar si las mismas van a ganar o perder humedad bajo determinadas condiciones de humedad relativa y temperatura ambientales, permitiendo entonces prever si se tendrá un almacenamiento en condiciones seguras. Por ejemplo, semillas de soya con un contenido de agua de aproximadamente 10%, subieron a 13,4% después de tres meses de almacenamiento en condiciones ambientales durante las cuales la humedad relativa media fue de 80% y absorbieron humedad suficiente como para favorecer el proceso de deterioro y la consiguiente reducción de la calidad fisiológica (germinación y vigor) de la semilla.

5.3.6 Humedad y temperatura ambientales

Entre los factores que más afectan la calidad fisiológica de las semillas durante el almacenamiento están la humedad y la temperatura, siendo la primera la más importante.

La humedad del ambiente afecta directamente el contenido de agua de la semilla. Con las semillas ortodoxas, que son todas aquellas que pueden ser almacenadas con un bajo contenido de agua (Harrington, 1973; Baudet, 2000).

* Por cada 10°F (5.5°C) de disminución en la temperatura, se duplica su potencial de almacenamiento.

* Por cada 1% de disminución en el contenido de agua de las semillas, se duplica su potencial de almacenamiento (válida para intervalos de 5 a 14% de humedad).

* La suma aritmética de la temperatura de almacenamiento en grados Fahrenheit y la humedad relativa del aire no debe ser mayor que 100, en donde la temperatura no debe ser mayor que la mitad de la suma.

La actividad de los hongos de almacenamiento es influenciada por la humedad relativa del aire en la atmósfera donde las semillas están almacenadas. Los efectos de dichos patógenos son significativos en ambientes de alta humedad. La pérdida de la viabilidad en climas muy húmedos (tropical y sub-tropical) durante el almacenamiento se debe principalmente a cambios fisiológicos y en segundo lugar a la actividad de los hongos. Estudios realizados con semillas de soya y de cebada permiten concluir que la viabilidad y el vigor se reducen antes de que exista una invasión substancial de hongos de almacenamiento en los ambientes húmedos (Baudet, 2000).

La humedad relativa del aire determina el contenido de agua de las semillas cuando son almacenadas en condiciones ambientales en envases porosos o a granel en silos. Semillas almacenadas secas absorben humedad si son almacenadas en ambiente húmedo y viceversa. Por lo tanto, la humedad relativa del aire en equilibrio con las semillas puede ser considerada como una medida del contenido de agua de estas últimas. No se recomienda, entonces, conservar semillas con contenidos de humedad en equilibrio con una humedad relativa del aire mayor de 75%, a no ser que la temperatura sea menor que 10°C. Por encima de estos valores de humedad y temperatura, las semillas comienzan a sufrir la invasión de hongos y ácaros.

En relación con la temperatura, el almacenamiento en condiciones frías (0 a 5°C), lo ideal. A pesar de ser muy baja la temperatura, si las semillas tienen un contenido de agua por debajo del 14%, no se formarán cristales de hielo. Algunos reconocen que el almacenamiento de semillas secas a temperatura inferior a cero deberá aumentar su longevidad, pero en esas condiciones la humedad relativa del aire es peligrosamente alta y las semillas podrán absorber humedad y después de un periodo de tiempo se podrán formar cristales de hielo, causando daños en algunas células. En este caso es recomendable almacenar las semillas en envases impermeables, donde no absorberán agua.

La respiración de una masa de semillas es otro aspecto muy importante e ser considerado en relación con la humedad y la temperatura. El proceso respiratorio, que ocurre a nivel celular, libera energía en forma de calor. Hay también producción de gas carbónico (CO₂) y

agua (H₂O). Por lo tanto, se puede ver que el proceso respiratorio en las semillas se acelera por sí solo al producir agua y calor, aumentando la tasa respiratoria y produciendo entonces más calor y humedad. Los factores que más afectan la aceleración del proceso respiratorio son: la humedad, la presencia de Oxígeno y los microorganismos.

El alto contenido de agua de las semillas causa un aumento significativo de la tasa respiratoria. El aire entre las semillas almacenadas, con HR de 75% o más, provoca también el aumento de dicha tasa. El contenido de agua límite es 13%, ya que con esta cantidad de humedad la tasa respiratoria es suficientemente baja. Esta tasa aumenta exponencialmente con el aumento de la humedad. Semillas de maíz con 12,8% de agua respiran 0,0014 ml de CO₂/g de peso seco por día; en cambio, con 17,9% respiran 0,084, y con 22,1% de humedad respiran 0,276 ml de CO₂/g de peso seco por día (Baudet, 2000).

Las consecuencias de la aceleración del proceso respiratorio son el humedecimiento la elevación de la temperatura de la masa de semillas, agravándose si se considera la respiración de los microorganismos y de los insectos que pueden venir junto con las semillas. Todo lo anterior produce una rápida declinación de la germinación y el vigor de las semillas. El aumento del proceso respiratorio también implica en un aumento del consumo de reservas, con la consiguiente pérdida de peso y vigor de las semillas.

El aumento de la respiración como consecuencia del aumento de la humedad (contenido de agua de la semilla y humedad relativa del aire) también desencadena otros procesos como el aumento de la actividad enzimática (enzimas hidrolíticas). De otra parte, la temperatura también aumenta la tasa de las reacciones enzimáticas y metabólicas, causando una aceleración de la velocidad del deterioro de las semillas. En general, altas temperaturas producen un pequeño efecto deteriorante en semillas con bajo contenido de agua; éstas se almacenan bien bajo temperaturas hasta de 25°C; pero semillas con alto contenido de agua no soportan temperaturas mayores de 10°C. Estos hechos muestran que los controles de la humedad relativa del aire y del contenido de agua de las semillas son más efectivos para asegurar un buen almacenamiento que el control de la temperatura.

5.3.7 Daños causados a la semilla después de la cosecha

Los daños causados por medios mecánicos que sufren las semillas son considerados, junto con las condiciones climáticas adversas antes de la cosecha y el contenido de agua de las semillas después de cosechadas, como uno de los factores que más contribuyen a bajar la calidad de las semillas.

Los daños físicos son todos los tipos de daños causados a las semillas por procesos mecánicos de manipuleo, que se realizan durante la cosecha en la combinada, durante el transporte en elevadores y en las máquinas de limpieza y clasificación. El daño puede ser provocado por choques o impactos y abrasiones de las semillas contra superficies duras o contra otras semillas. El daño puede ser inmediato (las semillas quedan inmediatamente impedidas para germinar) o latente; en este último caso, el vigor y el potencial de almacenamiento de las semilla se afectan. Las semillas mecánicamente dañadas se deterioran más rápidamente durante el almacenamiento y no soportan condiciones adversas en el campo después de sembradas (Baudet, 2000).

En el almacenamiento, las semillas mecánicamente deterioradas no mantienen su viabilidad y vigor, debido a que las lesiones que sufrieron (quebras, tegumento rajado, daños al embrión) interfieren la tasa de respiración y permiten o facilitan la penetración de microorganismos. En semillas de soya y fréjol, el daño puede no provocar una fractura

visible, pero debido a la posición sobresaliente del eje embrionario, éste puede recibir el impacto y manifestarse el daño después de que la semilla es colocada a germinar, originando una plántula anormal.

Existe un margen entre 13% y 18% de agua en el cual las semillas son más resistentes a los daños físicos. Conviene entonces que la cosecha, beneficio y manejo de las semillas se realice, en la medida de lo posible, dentro de esa franja de contenido de agua, para minimizar los daños.

5.3.8 Edad fisiológica de las semillas

Durante el almacenamiento, con el aumento de la edad de las semillas se produce un envejecimiento natural, que provoca también un debilitamiento que continúa hasta que las semillas dejan de ser viables. Si las condiciones de almacenamiento no son las adecuadas, lotes de semillas que están sufriendo un rápido deterioro muestran pérdidas de viabilidad y vigor que son difíciles de diferenciar (Baudet, 2000).

El máximo potencial de almacenamiento lo alcanzan las semillas cuando ocurre la madurez fisiológica y presentan el máximo peso seco, germinación y vigor. Después de eso, el vigor de las semillas varía según el tiempo que permanezcan almacenadas, el tipo de semilla y las condiciones de almacenamiento (humedad y temperatura). Ahora, las tasas de reducción de la viabilidad y del vigor dependen de la constitución genética de la especie o cultivar, de la calidad de la semilla al momento de ser almacenada, de la uniformidad del lote de semillas, de las fluctuaciones de humedad y temperatura, y del ataque de microorganismos.

Las pruebas de vigor, como las de envejecimiento acelerado, índice de la velocidad de germinación y la emergencia en el campo, son indicadores más prácticos de calidad que la determinación de la capacidad de germinar de las semillas en condiciones favorables. Estas pruebas deben ser usadas para determinar el potencial de almacenamiento de las semillas, ya que en un determinado momento, un lote de semillas puede mostrar un alto porcentaje de germinación, pero su vigor puede haber sido afectado al punto de que ese lote, al ser colocado en condiciones de campo, muestre un bajo desempeño.

5.4 Tipos de almacenamiento de semillas

Las semillas son almacenadas después de cosechadas de tres maneras : a granel, en sacos o bolsas bajo condiciones ambientales; y, en sacos o bolsas bajo condiciones controladas de temperatura y/o humedad ambiental.

5.4.1 Almacenamiento a granel

El almacenamiento a granel o almacenamiento regulador de flujo viene siendo cada vez más utilizado por los productores de semillas debido a que la propia cosecha es hecha con automotrices granelizadas (combinadas) principalmente en áreas grandes. También en función de la necesidad del secado para la mayoría de las especies, el almacenamiento a granel facilita bastante el manejo de las semillas ya que actúa como un regulador de flujo antes y después del secado.

Es un tipo de almacenamiento temporario que puede variar de pocos días a algunos meses, mientras las semillas esperan para ser beneficiadas. Ya que este almacenamiento puede alcanzar hasta cuatro meses, es condición previa que las semillas estén limpias (pre-limpieza) y secas. Si las semillas son almacenadas a granel con elevados porcentajes de agua (arriba de 13%), su actividad metabólica y consecuentemente la de los

microorganismos asociados, producen calor que puede aumentar peligrosamente la temperatura de la masa de semillas activando los mecanismos del deterioro, pudiendo inclusive llegar a matar las semillas.

Otras características del almacenamiento a granel son:

a) Local de almacenamiento es fijo y puede ser en silos metálicos y depósitos de madera o de cemento, de preferencia todos ellos con sistemas de aireación;

b) Sistema de transporte para llenar y vaciar los silos es completamente mecanizado y rápido, debiendo tener cuidado con los daños mecánicos a las semillas y problemas de mezclas varietales;

c) Pequeño desperdicio de semillas;

, Alto costo inicial;

e) Pocas pérdidas debidas a roedores;

f) Costos operacionales bajos.

En el almacenamiento de semillas a granel el volumen máximo de almacenamiento no debería ser superior a 180 toneladas por unidad, lo que significa no mezclar más que 10 lotes de 15 a 18 toneladas cada uno. Esto significa que si el productor de semillas tuviera que almacenar a granel un total de 1 500 toneladas de semillas (30 000 sacos), lo recomendado sería hacerlo en 10 silos de 150 toneladas en vez de un silo de 1 500 toneladas. El control de las condiciones de almacenamiento es más preciso y operacional en unidades de tamaño menor, a pesar del número de unidades ser mayor. Silos metálicos y de madera para estas capacidades de carga son fácilmente encontrados en el mercado (Figura 33).



Figura 33. Silos metálicos para almacenamiento de granos, capacidad 70 toneladas. INIAP, 2008

Los silos cilíndricos metálicos o de madera tienen ventiladores para airear la masa de semillas en su interior. Estos ventiladores son de baja potencia ya que su principal objetivo es el de enfriar la masa de semillas y no de retirar humedad de ella. Como forma de comparación, si un ventilador de un silo secador debe proporcionar alrededor de 10 m³ de aire/minuto/tonelada de semillas para secar, el ventilador de un silo almacenador debe proporcionar apenas 0,1 m³ de aire/minuto/tonelada para enfriar la masa de semillas, lo que resulta en una diferencia también importante en potencia del ventilador. Es importante insistir que en el almacenamiento a granel, las semillas deben estar secas como condición previa, o sea, con un máximo de 13% de agua.

5.4.2 Aireación de semillas

La aireación consiste en forzar el aire ambiente a pasar a través de la masa de semillas con temperaturas más bajas.

Como norma general, la aireación debe ser realizada siempre que la diferencia de temperaturas entre la masa de semillas y el aire ambiental sea de 5°C. Habiendo esta diferencia, la masa de semillas debe ser enfriada y el ventilador debe ser encendido día y noche, con lluvia o sin lluvia, hasta que las semillas vuelvan a la temperatura normal. Esto se debe a que como en el silo se forma un " frente de aireación" que avanza a través de la masa de semillas, el ventilador debe permanecer encendido hasta que ese frente alcance la superficie de la masa, habiéndola enfriado totalmente y homogeneizado su temperatura.

Cuando las semillas que vienen directamente de la cosecha son almacenadas al granel en un silo "pulmón" o de producto húmedo aguardando para ser secas, no deben permanecer por un período mayor de 48 horas (semillas con alrededor de 18% de agua) y la aireación debe ser continuada para conservar provisoriamente esas semillas hasta que entren al secador.

5.4.3 Almacenamiento en sacos

La comercialización de semillas se realiza en sacos o bolsas y también en tarros o paquetes en el caso de semillas de hortalizas. Después de beneficiadas, las semillas deben ser envasadas para luego ser almacenadas esperando por su distribución. El edificio es una bodega o galpón del tipo "convencional" en vez de un silo. En las Unidades de Beneficio de Semillas UBS, el mayor volumen de almacenamiento es en sacos, luego la bodega o galpón ocupa la mayor área en la UBS.

5.4.4 Tipos de envases.

Con relación a su permeabilidad, los envases se dividen en tres tipos:

- a) Envases porosos o totalmente permeables;
- b) Envases resistentes a la penetración de humedad o semipermeables; y.
- c) Envases impermeables a prueba de humedad o herméticos.

Envases permeables: Son los sacos o bolsas de algodón o de cáñamo; sacos de papel multifoliado; y los sacos de polipropileno trenzado de amplio uso debido a su bajo costo.

En este tipo de envases hay intercambio de humedad entre las semillas y el ambiente, luego las semillas tienden a alcanzar el equilibrio higroscópico, por lo que son utilizados para períodos cortos de almacenamiento y de preferencia en climas secos (Baudet, 2000).

Sus principales ventajas son la resistencia a roturas y al choque, la facilidad de arrumarlos y de manejo y permiten una buena presentación por la facilidad de imprimir marcas en su superficie. Su principal desventaja es que permiten fluctuaciones de la humedad adentro del envase, ya que como fue dicho, las semillas tienden al equilibrio higroscópico con la humedad relativa del medioambiente.

Envases semipermeables: Esos ofrecen alguna resistencia a la penetración de humedad, pudiendo ser utilizados en regiones de humedad relativa del aire más elevada pero por periodo limitado de tiempo de almacenamiento. El mayor inconveniente es que en este tipo de envases, las semillas deben estar con contenido de agua más bajo que para el almacenamiento en envases permeables. Ejemplos de este tipo de envases son los sacos plásticos finos o de polietileno de 0,075 a 0,125 mm de espesor y sacos de papel multifoliado laminados con polietileno. Estos últimos normalmente tienen cuatro hojas de papel "Kraft", que es producido de la pulpa del pino, más un forro interno de polietileno de 0,075 mm de espesor.

Envases impermeables: Son totalmente resistentes al intercambio de humedad con el ambiente. Pertenecen a este tipo los sacos plásticos de más de 0,18 mm de espesor sellados al calor y los paquetes o tarros de aluminio, cuando son bien sellados o herméticos. En el banco de germoplasma de INIAP (Ver Capítulo 6) se usan fundas de aluminio plastificado de varias capas. Cualquiera de los envases mencionados, no permiten el equilibrio de humedad de la semilla con el ambiente externo ni fluctuaciones de humedad dentro del envase. La humedad del ambiente interno del envase es determinada por el contenido de humedad de la semilla a su ingreso, por lo tanto, este último debe ser más bajo que para los otros tipos de envases. Estudios efectuados por Aguirre y Paske (1991) y Scherer y Baudet (1990) mostraron que para almacenar semillas de fréjol a corto plazo (6 a 8 meses) en envases herméticos, las semillas pueden contener hasta 11,5% de agua sin afectar su calidad fisiológica ni su emergencia en el campo.

Estos resultados fueron confirmados por Cappellaro y Baudet (1993) que almacenaron las semillas de frejol en sacos plásticos de 0,15 mm de espesor y bidones plásticos para 20 kg de semillas en condiciones ambientales de bodega convencional. Este periodo de hasta ocho meses permite almacenar las semillas desde la cosecha hasta su siembra en la temporada siguiente en condiciones herméticas, sin necesidad de reducir demasiado el contenido de agua de la semilla a través del secado que es una operación de alto costo.

5.4.5 Arrume de semillas

El edificio en el cual las semillas permanecerán ensacadas durante su almacenamiento en rümes o pilas, conocido como bodega, debe cumplir con ciertos requisitos:

La bodega debe ser muy bien ventilada; sin embargo, se deben evitar ventanas o aberturas muy grandes que permitan que el sol entre y alcance los arrumes durante muchas horas. El ideal es que tenga una sola puerta; si las paredes no son de ladrillo, piedra o cemento, o sea, son de hierro galvanizado o de planchas de aluminio onduladas, deberían poseer algún tipo de aislante térmico como espuma flex (50 mm). Este mismo tipo de aislante térmico debe ser usado para el techo. La bodega debe ser pintada con colores lo más claros posible (blanco, plateado) para facilitar la reflexión del calor. Para facilitar la ventilación se pueden instalar exhaustores que pueden ser encendidos cuando el aire ambiente externo está más frío y seco que el interior de la bodega.

Las semillas en sacos o bolsas son almacenadas por lotes en arrumes o pilas montadas dentro de la bodega con la ayuda de una banda inclinada o empiladera mecánica.

Otro medio que está siendo muy utilizado es el vehículo llamado "forklift" que facilita el arrume de

varias bolsas en una sola operación. Las bolsas de semillas deben ser arrumadas sobre un entarimado de madera o "pallet" y jamás directamente contra el suelo de cemento, para evitar condensación en las bolsas que están debajo y que por lo tanto están en contacto con el cemento frío (Figura 34).

Las semillas en sus respectivos envases no deben ser almacenadas en bodegas que no sean propias para ese fin. Las semillas nunca deben ser almacenadas junto con otros productos como abonos, herbicidas u otros pesticidas, granos, raciones, tambores de aceite o combustible, máquinas, etc. ya que pueden ser afectadas en su calidad puesto que esos materiales facilitan la introducción de plagas o pueden causar gases tóxicos o aumentan la humedad. Además, dificultan considerablemente las inspecciones para los controles interno y externo de calidad.



Figura 34. Arrume de semillas. INIAP, 2008.

5.4.6 Almacenamiento bajo condiciones de ambiente controlado

El almacenamiento de semillas en condiciones de ambiente controlado (humedad relativa y temperatura) permite conservarlas por largos periodos de tiempo. Como fue visto anteriormente, las semillas son higroscópicas; para evitar que absorban la humedad del aire, lo que provocaría un aumento de su contenido de agua a límites que afectarían su calidad. Las condiciones ambientales pueden ser modificadas permitiendo conservar las semillas a bajas temperaturas y/o baja humedad relativa del aire; para esto se usa la refrigeración y/o deshumidificación.

La refrigeración puede ser utilizada en las bodegas donde las semillas están empacadas en bolsas, para enfriar el aire en regiones de climas cálidos o con temperaturas mayores de 20°C. En regiones de temperaturas más bajas, la refrigeración se torna antieconómica función del alto costo de inversión.

En las regiones cálidas donde equipos de enfriamiento son usados, las semillas se conservan con temperaturas de alrededor de 20°C. Sin embargo, lo más importante es que las semillas no estén nunca con más de 13% de agua. En el caso de semillas de soya, el contenido de agua máximo para ser almacenadas con esos equipos es de 12%.

En bodegas o cámaras de conservación de semillas para más de un año de maíz híbrido, semillas de hortalizas, el objetivo principal es de evitar la migración de la humedad externa (ambiente de alta presión) para el interior (baja presión) de la bodega. Esto se consigue mediante la aislación tanto térmica como higroscópica de las paredes, techo, piso y puertas de la cámara o bodega. La construcción de la bodega debe ser por lo tanto totalmente hermética, utilizando para esto materiales aislantes como láminas plásticas o de isopor, fibra de vidrio, cemento aislante, asfalto, tintas impermeables, etc.

En el caso de conservación de germoplasma (Capítulo 6), como el objetivo primordial es conservar diversidad genética de varios cultivos, lo más conveniente y barato es poner muestras de semillas en fundas de aluminio plastificado y ubicarlas a temperaturas bajo cero; en este caso la humedad interna de las semillas va de 3 a 7%. Al usar fundas de aluminio plastificado el control de humedad en la cámara no es necesario, entonces se abaratan costos de operación al concentrarse en el control de temperatura.

Con relación a las características de humedad del material, hay diferencias entre un material "a prueba de humedad" y otro "a prueba de agua". Muchos materiales a prueba de agua (evitan la penetración de agua líquida) no son a prueba de vapor de humedad (agua al estado gaseoso), como por ejemplo el cemento o la piedra. Los principales materiales a prueba de humedad son: polietileno de por lo menos 0,18 mm de espesor, asfalto de por lo menos 1,40 mm y láminas de aluminio. La resistencia a la penetración del vapor de agua depende del espesor y también de la calidad del material. En el caso del polietileno, es preferible usar un espesor de 0,25 mm que de 0,18 mm. También hay tintas a base de caucho, resina "epoxi" y siliconas que son a prueba de humedad y que pueden ser aplicadas al cemento, pero pierden sus características de resistencia con el tiempo.

La cámara de conservación a prueba de humedad no debe tener ventanas o aberturas y debe tener una antecámara entre dos puertas de entrada. La puerta interna no abre a no ser que la puerta externa esté cerrada. En su interior deben estar instalados termómetros para llevar el control de la temperatura. Termohigrógrafos que registren en un gráfico la temperatura y la humedad relativa interna son los más recomendables. También pueden ser usados psicrómetros que registran las temperaturas de los bulbos seco y húmedo. Estos medidores deben ser instalados en las paredes internas de la cámara de conservación y también en su exterior para comparar los datos de temperatura y humedad en ambos lados.

Las semillas que se guardan en locales refrigerados como cámaras frías deben ser mantenidas en una sala deshumidificada y más caliente por 5 a 7 días antes de ser llevadas a condiciones externas normales. La remoción de las semillas del almacenamiento refrigerado es complicada ya que tan luego como son retiradas, la humedad condensa en la superficie de ellas aumentando su contenido de agua. A medida que las semillas se van calentando, su tasa respiratoria aumenta rápidamente, los hongos se toman activos y en pocos días dejan de germinar. Previsiones deben ser adoptadas para que las semillas sean sembradas lo más rápidamente posible después de retiradas del almacenamiento refrigerado.

5 Plagas de semillas almacenadas

El deterioro de las semillas provoca pérdidas progresivas de calidad debido a procesos fisiológicos y/o agentes patógenos. Los insectos, los hongos y los ácaros son los principales agentes patógenos que atacan las semillas almacenadas. Grandes pérdidas son también causadas por roedores y pájaros.

5.5.1 Insectos y ácaros

Los principales insectos que atacan las semillas almacenadas son del orden Coleoptera: *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus maydis* o gorgojos del arroz y maíz, respectivamente, estos insectos se encuentran más en zonas cálidas (Figura 35).



Figura 35. Gorgojo del maíz *Sitophilus maydis* (Caro-Greifstein, 1997).

El gorgojo del maíz (*Pagiocerus fiorii*), se encuentra distribuido en todas las áreas maiceras del Callejón Interandino en Ecuador es conocido como "redondilla" (Figura 36).



Figura 36. Gorgojo del maíz de altura *Pagiocerus fiorii* (Caro-Greifstein, 1997).

Existen otros tipos de gorgojos como por ejemplo; *Tribolium castaneum* o gorgojo de la harina, *Oryzaephilus surinamensis* o carcoma dentada de los granos, también de importancia son el gorgojo del trigo o *Sitophilus granarius* y el gorgojo del fréjol o *Acanthoscelides obtectus* (Figura 37).



A



B



C

Figura 37. A. gorgojo de la harina *Tribolium castaneum*, B. carcoma de los granos *Oryzaephilus surinamensis*, C. gorgojo del fréjol *Acanthoscelides obtectus*. (Caro-Greifstein, 1997).

En tanto que las principales plagas del orden Lepidoptera son: *Sitotoga cerealella* o polilla de los cereales, *Plodia interpunctella* o palomilla bandeada del trigo (Figura 38).



Figura 38. Polilla de los cereales. *Sitotoga cerealella* y palomilla bandeada del trigo, *Plodia interpunctella* (Caro-Greifffestein, 1997).

Algunos insectos, como el gorgojo del arroz, se desarrollan y se alimentan dentro de la propia semilla consumiéndola por completo. Otras especies se alimentan principalmente del embrión perjudicando la germinación de las semillas, como es el caso de algunos Coleópteros en semillas con bajo contenido de agua.

La propia acción de los insectos al alimentarse de la semilla facilita también la penetración de hongos. La gran diferencia entre el ataque de insectos y de hongos es de que los primeros se desarrollan en semillas con bajo contenido de agua y los adultos se mueven fácilmente. Sin embargo, el daño provocado por los insectos puede ser detenido mediante control químico, lo que no se consigue por completo con los hongos.

Los principales métodos de control de los insectos son:

- a) Cuarentena;
- b) Sanidad e higiene;
- c) Condiciones de humedad y temperatura; y,
- d) Control químico.

La cuarentena consiste en la prohibición del transporte de semillas infestadas, para lo cual se hace necesario un efectivo control de parte de los encargados de bodega y a nivel de gobierno (hoy AGROCALIDAD, Agencia Ecuatoriana para el Aseguramiento de la Calidad del Agro y anteriormente Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria, SESA).

Las medidas de sanidad e higiene consisten en la eliminación o reducción de la multiplicación de los insectos, a través de cuidados tales como: a) uso de vehículos desinfectados para el transporte; b) uso de equipos de cosecha, transporte, beneficio y envases desinfectados; c) limpieza cuidadosa de los depósitos a granel y de las bodegas; d) no mezclar cosechas de temporadas diferentes; y e) pulverizaciones de los edificios con insecticidas de contacto.

Hay fajas de humedad y temperatura óptimas para el desarrollo de los insectos. Las temperaturas óptimas son de 23 a 25°C, siendo que bajo los 20°C o arriba de los 35°C son desfavorables y hasta letales para los insectos. Semillas con 12 a 15% de agua representan un ambiente óptimo para el desarrollo de los insectos, pero menos de 10%, es desfavorable.

El control químico consiste en la aplicación de productos químicos (insecticidas) por espolvoreo, pulverización o fumigación, dependiendo si son en polvo diluidos en seco, en

polvos mojables o concentrados emulsionados; y líquidos o en preparados fumíferos. Las pulverizaciones son hechas con productos químicos tales como Piretro o Piretrinas. Cuidados deben ser tomados con la aplicación con relación a los equipos y a la toxicidad y efecto residual de los productos. Para la fumigación al no existir otra alternativa se utilizan pastillas o tabletas que liberan gases letales para los insectos, tales como el Bromuro de Metilo y el Phostoxin.

Los fumigantes pueden afectar la viabilidad de las semillas si la dosis es excesiva, si la humedad y temperatura son altas y si el período de exposición es muy largo. Para esto, se recomienda fumigar cuando las semillas tienen no más de 10% de agua y la temperatura es menor de 29°C; están almacenadas en bolsas porosas para facilitar la ventilación; y no deben dejarse expuestas al fumigante por más de 24 horas.

Silos herméticos o empaques plásticos sellados de espesor mayor de 0,25 mm ofrecen una buena protección contra los insectos y además evitan las fluctuaciones de humedad en el interior del recipiente.

Las semillas ya desde el comienzo del almacenamiento pueden venir contaminadas con algunas especies de ácaros que vienen del campo o están presentes en la bodega. Los principales efectos de estos ácaros sobre las semillas son la reducción de la calidad y el mal olor en la pila de semillas. Las infestaciones de ácaros pueden ser controladas manteniendo las semillas secas (8% para *Brassica* spp. y 11% para cereales como máximo); mediante la aireación y por la fumigación.

5.5.2 Hongos

Los hongos más importantes durante el almacenamiento de semillas pueden ser divididos en dos grupos de acuerdo con los requerimientos de humedad para su crecimiento: hongos del campo y hongos del almacenamiento.

Los hongos del campo generalmente invaden a las semillas en el campo antes de la cosecha y en muchos casos antes de la maduración. Requieren contenidos de agua en las semillas de por lo menos 20% (semillas amiláceas) para germinar y colonizarlas, lo que equivale a un equilibrio con la humedad relativa del aire de alrededor de 90%. Estos hongos prácticamente no crecen o mueren en semillas almacenadas con bajo contenido de agua. Ejemplos son los hongos de los géneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Diplodia*, *Helminthosporium*, *Colletotrichum*, *Phomopsis*, etc. (Figura 39)



Figura 39. Mazorcas de maíz amiláceo, afectadas por hongos del género *Fusarium*. INIAP, 2008.

Los hongos del almacenamiento son los principales agentes patógenos del deterioro de las semillas. Pueden invadirlas antes de la maduración; sin embargo generalmente lo hacen después de ella o después de la cosecha. Los géneros más comunes son el *Aspergillus* y el *Penicillium*, que tienen requerimientos de temperatura y humedad relativa específicos para su germinación y desarrollo y colonizan las semillas con contenidos de agua más bajos que los hongos de campo. Los contenidos de agua mínimos para su desarrollo son de 14% para maíz, 12% para soya y 8% para lino. Estos contenidos de humedad se equilibran con humedad relativa del aire de 70%. Por esto es que sobreviven y crecen muy bien en semillas almacenadas y a través de los productos liberados en el metabolismo, ayudan a crear ambientes apropiados para el desarrollo de otros hongos.

El principal efecto de los hongos del almacenamiento y de algunos de campo es la reducción de la viabilidad de las semillas. La colonización ocurre inicialmente en la región del embrión para expandirse por toda la semilla. Estos hongos pueden moverse indirectamente vía insectos o ácaros o a través del movimiento de las semillas que cargan las esporas y micelios en su superficie.

El *Penicillium* puede crecer con temperatura óptima de 20 a 25°C y el *Aspergillus* con temperatura óptima de 30 a 35°C.

Además de la reducción de la germinación de las semillas, los hongos pueden causar descoloración de una parte o de toda la semilla, depreciándola por causa de su apariencia; calentamiento de la masa de semillas deteriorándolas; transformaciones bioquímicas y todavía celulares al nivel del embrión; y producción de toxinas (Aflatoxina producida por el hongo *Aspergillus flavus* es cancerígeno para el ser humano).

Con relación al control de los hongos, la aplicación adecuada de todas las medidas que sirven para asegurar un buen almacenamiento de semillas, que comienzan en el campo, disminuirán la incidencia de los hongos. Todavía, las medidas de control para insectos y el control de otras plagas como los roedores, facilitan el control de los hongos. Las condiciones apropiadas de humedad relativa y temperatura del aire, bien como el adecuado contenido de agua de las semillas, son los mejores medios de controlar los hongos y evitar contaminación de las semillas. Evaluaciones periódicas de las semillas almacenadas deben hacerse para detectar a tiempo la presencia de hongos, principalmente los del almacenamiento. Para esto, se utiliza el "blotter test" o prueba del papel secante adonde, en laboratorio, las semillas son colocadas en condiciones que permitan el desarrollo de los hongos que posteriormente son identificados, contadas las semillas que los poseen y registradas en porcentaje.

5.5.3 Roedores y pájaros

Bodegas abiertas deben tener ventilación adecuada y protección (malla de alambre) contra roedores y pájaros que pueden causar importantes pérdidas. El control de estas plagas debe ser previsto cuando el predio para almacenar semillas es previamente proyectado, influyendo decisivamente su localización. La bodega debe estar completamente rodeada por fuera de una vereda o piso de cemento y de preferencia a una cierta altura y las áreas interna y externa deben estar siempre limpias, secas, libres de malezas y basura para minimizar el ataque de estas plagas que buscan alimento y techo.

La infestación por roedores y pájaros puede ser reducida mediante la utilización de agua envenenada, trampas y fumigantes. La colocación primero de trampas con comida no envenenada hace que la trampa envenenada sea más aceptable por los ratones.

El uso de anticoagulantes se ha mostrado muy seguro y eficaz en la eliminación de los roedores de la bodega; sin embargo, el control debe ser periódico (15 ó 30 días) ya que nuevos roedores volverán a la bodega.

Algunas medidas de exclusión de roedores incluye el uso de piso de cemento, paredes de material, láminas metálicas en las puertas y vigas y aberturas con malla de alambre. Así todo, las medidas de sanidad e higiene dentro y fuera de la bodega son los mejores medios de protección contra estas plagas.

Delouche (1965) enunció, algunos principios básicos del almacenamiento de las semillas y que deben ser tomados en cuenta siempre que se hace necesario proyectar e organizar una de UBS, o simplemente, cuando se desea almacenar semillas.

1. La calidad de las semillas no es mejorada con el almacenamiento.
2. El contenido de agua de las semillas y la temperatura son los factores más importantes que afectan el potencial de almacenamiento.
3. El contenido de agua de las semillas es función de la humedad relativa del aire y, en mer grado, de la temperatura.
4. La humedad es más importante que la temperatura.
5. Para cada 1% de reducción del contenido de agua de las semillas, duplicase su potencial de almacenamiento.
6. Para cada 5,5°C de reducción de la temperatura, duplicase el potencial de almacenamiento de las semillas.
7. Condiciones frías y secas son las mejores para almacenar semillas.
8. Lotes que contienen semillas dañadas, inmaduras y deterioradas no se almacenan tan bien como aquellos que contienen semillas no dañadas, maduras y vigorosas.
9. El almacenamiento de semillas en condiciones herméticas requiere que su contenido de agua sea más bajo en 3 a 4 puntos porcentuales.
10. La longevidad de las semillas es una característica de la especie.

El mismo autor presenta recomendaciones generales para el almacenamiento de semillas:

5.5.4 Almacenamiento a corto plazo:

En regiones tropicales y sub tropicales, las semillas de buena calidad pueden ser almacenadas por uno a nueve meses bajo condiciones de 30°/50% H.R., 20°/60% H.R. u otras condiciones tan favorables como esas. Para semillas de cereales, el contenido de agua sería de 12 a 13% y para semillas oleaginosas entre 10 y 11%.

5.5.5 Almacenamiento a mediano plazo:

En general las semillas de la mayoría de las especies se almacenan bien por 1 año con contenidos de agua de 11 a 13% y temperaturas de 18 a 20°C. Semillas de oleaginosas (soya, maní) deben tener máximo 8% de agua.

Para conservar semillas por 18 a 24 meses, se recomiendan condiciones de 30°C/40% H.R. para cereales con 10% y oleaginosas con 7,5% de agua; 20°C/50% H.R. para cereales con 12% y oleaginosas con 8% de agua; 10°C/60% H.R. para cereales con 12% y oleaginosas con 9% de agua. Sin embargo, se recomienda que para almacenar semillas por dos años, su contenido de agua no debe ser superior a 10%.

5.5.6 Almacenamiento a largo plazo:

Para almacenar las semillas por periodos de tres a cinco años, las condiciones deben ser de 10°C y 45% de H.R., con contenidos de agua máximos de 8% para cereales y todavía menores para oleaginosas.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, R. y PESKE, S.T. 1991. Efecto de la humedad en el almacenamiento hermético a corto plazo de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). *ISTA, Seed Science and Technology*, 19 (1) 117 – 122.
- BAUDET, L. 2000. Armazenamento de Sementes Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, Universidade Federal de Pelotas, Brasília D.F. Brasil 65 p.
- CAPELLARO, C. y BAUDET, L. 1993. Qualidade de Sementes de feijão armazenadas em embalagens plásticas resistentes a trocas de umidade. In. *Revista Brasileira de Sementes* 15 (2).
- CARO-GREIFFENSTEIN, A. 1997. Manual sobre administración de bodegas de alimentos. MAG-FAO Quito Ecuador p.35.
- DELOUCHE, C. 1965. Deterioration of Crimson clover seed in stage. *Proc. Ass. Off. Seed Analysts*, 55:66-75 p.
- FARRANT, J., PAMMENTER, N. y BERJAK, P. 1986. Recalcitrant a current assessment. 21st ISTA Congress. Brisbane, Australia. 16 p.
- HARRINGTON, J. 1973. Packing seed for storage and shipment. *Seed Science and Technology* 1(3):701-710
- HONG, T. y ELLIS, R. 1996. Protocol to determine seed storage behavior. Department of Agriculture. The University of Reading, UK. IPGRI. Engels, J. and Toll, J. (Eds.). 62 p.
- SCHERER, M. y BAUDET, L. 1990. Umidade das sementes de feijão em embalagens resistentes a umidade. *Anais da XXIII Reunião Técnica Anual do Feijão*. Ijai, RS. Cotrijui/Ipagro. P. 181-186

CAPÍTULO 6

6. MANEJO Y CONSERVACION DE SEMILLAS EN EL BANCO DE GERMOPLASMA DE INIAP.

6.1. Introducción

Los bancos de germoplasma son lugares físicos donde se conserva variabilidad genética; esta variabilidad genética incluye cultivares avanzados, cultivares primitivos, líneas avanzadas de mejoramiento, especies silvestres relacionadas a los cultivos e incluso productos de biotecnología como secuencias de ADN. Es decir, germoplasma incluye la información genética que se transmite de generación en generación. Esta variabilidad genética se puede conservar de diferentes maneras, las cuales incluyen cuartos de conservación (-15°C) en donde se pueden conservar varios cultivos a través de sus semillas ortodoxas. Otra alternativa es mediante laboratorios de conservación *in vitro* o a través de jardines de conservación donde se conservan especies cuyas semillas son recalcitrantes y no pueden guardarse a bajas temperaturas.

Para los lectores no familiarizados con diversidad genética, debemos recalcar que el Ecuador es considerado uno de los países con mayor biodiversidad del mundo (diversidad de plantas, animales y microorganismos). La diversidad genética de plantas incluye un porcentaje de las que tienen interés agrícola, las cuales se les conoce como recursos genéticos de plantas para la agricultura y la alimentación. Estos recursos constituyen la base de la seguridad alimentaria para el futuro de nuestro país y del mundo.

Pese a la alta diversidad de plantas que tiene el Ecuador, existe una inevitable pérdida de la misma en el campo, conocida como erosión genética. Esta ocurre debido a factores tales como deforestación, monocultivo, cambios en los hábitos alimenticios, mercado, urbanismo, migración, etc. Es así como el INIAP desde 1979 percibe la necesidad de desarrollar actividades relacionadas a la conservación, manejo y uso de los recursos fitogenéticos e inicia actividades de colecta y manejo de germoplasma. Estas actividades se consolidan a través de la formación del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología, DENAREF en 1991. Desde entonces, el INIAP es el ente encargado de organizar las acciones encaminadas a la conservación *ex situ* (bancos de germoplasma) e *in situ* (granja de agricultores) de la agrobiodiversidad ecuatoriana.

Se estima que a nivel mundial las colecciones de germoplasma vegetal conservadas *ex situ* son aproximadamente seis millones de accesiones, de las cuales 600 000 son mantenidas en los CGIAR (Grupo Consultivo en Investigación para la Agricultura) y los 5 millones restantes son almacenados en bancos de genes regionales o nacionales entre los que se cuenta el banco de germoplasma de INIAP. A nivel mundial, el almacenamiento a manera de semillas es la forma predominante de conservar recursos genéticos de plantas, es decir, un 90% de las accesiones conservadas *ex situ* son conservadas bajo este sistema (FAO, 1998). Estas cifras se deben a que resulta bastante económico conservar diversidad genética en un cuarto frío, si las condiciones ambientales y de acondicionamiento de semillas son las adecuadas.

La proporción enunciada a nivel mundial ocurre en INIAP también, pues el banco de germoplasma de INIAP conserva en condiciones *ex situ* aproximadamente 17 000 accesiones provenientes de colectas, intercambio y custodia, de las cuales aproximadamente 14 000 se encuentran almacenadas a manera de semillas, y 3 000 en campo o duplicadas en colecciones *in vitro* (Figura 40).

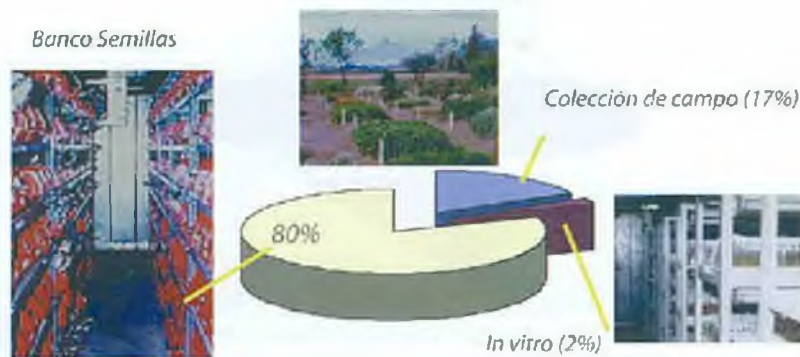


Figura 40. Porcentaje de accesiones que se conservan en condiciones *ex situ* en el DENAREF. INIAP, 2008.

Como se desprende de la (Figura 40), la conservación de semillas por parte del INIAP es de suma importancia por la diversidad genética que alberga. Este banco de germoplasma es el mayor banco de conservación de semillas del país.

Entonces, con este capítulo queremos complementar la visión de manejo de las semillas, con enfoque en los bancos de germoplasma.

6.2 Por qué INIAP conserva semillas ortodoxas?

El objetivo que persigue el Banco de Germoplasma de INIAP, es conservar en condiciones *ex situ* los recursos genéticos para la agricultura y la alimentación de especies nativas o introducidas que tienen semillas ortodoxas, en las mejores condiciones y como mecanismo de seguridad alimentaria para el Ecuador. Estas semillas conservadas servirán como fuentes de genes para los programas de mejoramiento de INIAP, para investigaciones puntuales por el instituto o las diferentes universidades del país o simplemente para ser retornada a los agricultores en caso de pérdida de sus variedades tradicionales y que expresen su deseo de recuperarlas.

La importancia de las semillas conservadas en el banco radica en que éstas se convierten en el insumo básico para la seguridad alimentaria, desde que los técnicos las colectan desde los campos de agricultores y los guardan en el banco de germoplasma. Luego se las usa en el estudio o evaluación de la variabilidad genética por parte de los mejoradores, y finalmente serán el insumo para devolver nuevamente a los agricultores (Figura 41).

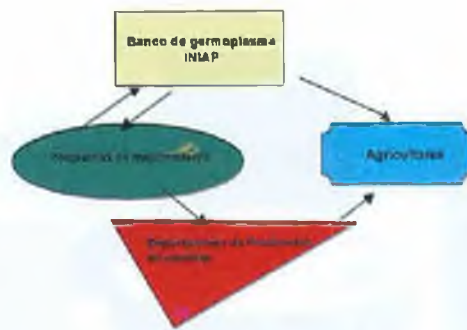


Figura. 41. Flujo de semillas en INIAP desde los agricultores hacia el banco de germoplasma, pasa por el estudio por parte de los programas de mejoramiento, el Departamento de Producción y finalmente retorna a los agricultores.

6.3 Protocolo de manejo de germoplasma de semillas

A continuación en la (Figura 42), se presenta un esquema del flujo que siguen las muestras de semillas o accesiones que ingresan a manera de semilla ortodoxa al banco de germoplasma del INIAP.

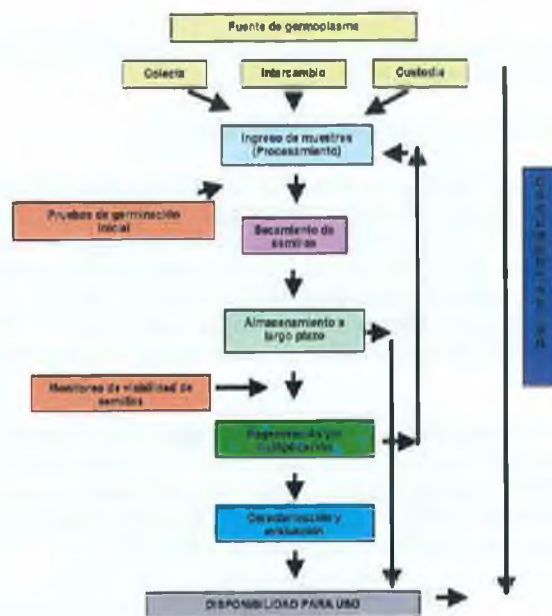


Figura 42. Flujo de manejo de germoplasma semilla por el INIAP-DENAREF. 2008.

6.3.1 Fuentes de germoplasma como semilla

El germoplasma que ingresa al INIAP como semilla, proviene principalmente de tres fuentes principales: colecta, custodia de los programas de mejoramiento y de intercambio.

6.3.1.1 Colecta

El INIAP a través del DENAREF y sus programas de mejoramiento realiza constantemente misiones de colecta de germoplasma a nivel nacional dirigidas a una especie o varias especies. Es así como se han recolectado semillas de diferentes cultivos desde todas las regiones del país. Para cumplir este propósito debe existir un muestreo adecuado de los frutos o semillas en el campo, lo cual varía de acuerdo a la especie en cuestión sea ésta autógama o alógama, y así lograr una óptima representación del cultivo (Sevilla y Holle, 1995).

6.3.1.2 Custodia

Los programas de mejoramiento de INIAP mantienen sus "colecciones de trabajo" que no son otra cosa que diferentes materiales élites que son evaluados año tras año; después de este proceso los mejoradores definen los materiales más importantes de la especie en cuestión que deben ser conservados a largo plazo en vista de sus potencialidades genéticas. Entonces, estos materiales van al banco de germoplasma.

6.3.1.3 Intercambio

El intercambio de germoplasma no es más que el intercambio de material genético, en el que se incluyen las semillas o cualquier material de propagación de plantas, entre instituciones tanto a nivel nacional (sin restricción) como a nivel internacional (de manera restringida). La restricción a nivel internacional se debe a que en 1991 aproximadamente 150 países firman el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), en Río de Janeiro, en el cual se ratifica que cada país tiene legislación sobre sus recursos genéticos (CDB, 1996). Desde esta fecha se ha regulado el acceso a estos recursos genéticos y por ende su intercambio.

En relación a acceso a diversidad genética, se ha establecido una decisión a nivel regional (Comunidad Andina de Naciones, CAN), ésta se la conoce como Decisión 391 y se basa en el CDB y fue aprobada en el registro oficial ecuatoriano (del 5 de agosto de 1996). Cabe mencionar que la reglamentación para la aplicación de esta ley se encuentra en un anteproyecto de ley sobre Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Ecuador (Versión Noviembre 2000), según el cual el Ministerio del Ambiente sería el ente que coordinaría su aplicación.

Esta situación sin duda ha limitado el intercambio internacional, hasta que exista un mecanismo adecuado para reconocer los derechos de los agricultores, quienes han conservado y cultivado sus variedades nativas durante cientos de años. Es así que FAO está propiciando un nuevo mecanismo de intercambio facilitado según una lista de especies prioritarias para la seguridad alimentaria a nivel mundial, esto se ampara en el Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, que es un mecanismo jurídico relacionado al CDB y otros convenios internacionales. El Ecuador se adhirió a este tratado en el registro oficial 245 de enero del 2004.

De cualquier manera, cualquier material genético que ingrese o salga del país, debe cumplir requisitos cuarentenarios los cuales son dirigidos a través de AGROCALIDAD. Esta entidad tiene la responsabilidad de identificar plagas y enfermedades e impedir que éstas puedan ingresar al país por medio de intercambio internacional.

6.3.2 Ingreso de muestras

El germoplasma a manera de semilla proveniente de las diferentes fuentes enumeradas sigue el siguiente procedimiento.

6.3.2.1 Selección y procesamiento

En el laboratorio de semillas del DENAREF de INIAP, llegan las muestra de semillas a las cuales primeramente se les hace una selección visual para eliminar aquellas mal formadas, inmaduras o con plagas y enfermedades. Por otro lado, si el material que ingresa son frutos, estos son procesados lo más pronto posible. Las semillas se secan en la primera fase al ambiente (11,6 °C y 79% HR), para luego ingresar a un cuarto especial de secado (Ver secamiento de semillas).

En muchos casos se desconoce si la semilla es ortodoxa, intermedia o recalcitrante lo cual nos indicaría el tipo de sistema óptimo para conservarlas. En estos casos, se recomienda seguir un procedimiento estandar propuesto por Hong *et al.*, (1996), para determinarlo. Este sistema consiste básicamente en conducir pruebas de germinación iniciales y de acuerdo a los resultados de germinación se va clasificando la especie: en términos generales, las semillas recalcitrantes no germinarán si los niveles de humedad interna son bajos o por otro lado, las semillas ortodoxas germinarán sin ningún problema.

6.3.2.2 Número de semillas

El número de semillas óptima teórica que debe ingresar a los bancos de semilla varía de acuerdo a algunos autores, ej. 1 000 semillas como un número aceptable y entre 1 500 y 2 000 preferible (FAO, 1994a; Farid *et al.*, 1998); mientras que (IBPGR 1985^a), menciona 4 000 ó 12 000 semillas de acuerdo a si se trata de una especie autógama o alógama, entre otros.

Al DENAREF de INIAP de manera general ingresa un número mínimo de 1 000 semillas en el caso de semillas grandes y 2 000 semillas para especies con semillas pequeñas, debido principalmente al espacio actualmente disponible. Sin embargo, puede darse el caso de que la muestra presente un menor número de semillas que la enunciada, debido por ejemplo a escasos frutos encontrados en el lugar de colecta, especies en peligro de extinción, etc. en cuyo caso el material es igualmente conservado hasta que exista la posibilidad de multiplicarlo. Este mecanismo aunque se contrapone con estándares internacionales permite al menos salvar el genotipo de la especie en cuestión.

Actualmente muchas de las colectas hechas por INIAP ha incluido especies ligadas a programas de mejoramiento, por ejemplo, maíz, arveja, fréjol, haba, quinua, amaranto, trigo, cebada, avena, etc. Esto ha permitido realizar inmediatamente después de la colecta tanto la multiplicación de semillas, como una caracterización y evaluación preliminar. Por otro lado, cultivos que carecen de programas de mejoramiento pero que han sido colectados como base para la seguridad alimentaria necesitan proyectos específicos para su estudio.

6.3.3 Pruebas de germinación inicial

Previo al ingreso de la muestra de semillas al cuarto de secamiento, se utiliza una submuestra aleatoria para realizar pruebas de germinación inicial. En caso de que haya semillas suficientes, ejemplo, en número mayor a 1 500, se escogen 100 semillas con una repetición (FAO, 1994a), caso contrario solamente 50 e incluso 10.

Para el efecto, existe un germinador Seedburo™, el cual permite controlar la luz, humedad y dos tipos de temperatura. Generalmente se utilizan para estas pruebas cajas petri, papel toalla y agua destilada esterilizada pudiendo variar la última con sustancias promotoras de germinación como Acido Giberélico, Fluridone, Nitrato de Potasio, entre otras. Las condiciones de germinación en el laboratorio varía de acuerdo al género en cuestión e incluso de acuerdo a las especies dentro del mismo género, según recomendaciones de IBPGR, 1985b, IPGRI, 1998(a), o experiencias locales (Figura 43).



Figura 43. A. Germinador de semillas y B. Pruebas de germinación para varias especies. INIAP, 2008.

6.3.4 Secamiento de semillas

Aquí describiremos las condiciones particulares de secamiento de semillas para las muestras que entran al banco de germoplasma, sin embargo en este libro se ha dedicado un capítulo específico dedicado al secamiento de semillas (Capítulo 4) en grandes cantidades, pues los principios básicos son compartidos.

Como, el objetivo del banco de germoplasma es conservar semilla a largo plazo (por un período de tiempo superior a 50 años) se requiere que la humedad interna de las semillas esté entre 3 y 7%. Esto se consigue al ingresar muestras en un cuarto de secamiento 28,6 m³, 21°C y 40% de H R, (Figura 44). El tiempo en que las muestras establecen un equilibrio con el medio es variable.

El monitoreo del contenido de la humedad interna de la semilla dentro del cuarto de secamiento es constante (Figura 44). Existen aparatos comerciales para medir la humedad interna de las semillas utilizando una pequeña muestra. El problema en estos casos para el banco de germoplasma es que las calibraciones de los aparatos vienen dados principalmente para cultivos comerciales, mientras que en un banco de germoplasma al conservar alta diversidad de cultivos, muchos salen fuera de estos parámetros. En estos casos, se trabaja con parámetros referenciales para varias especies establecidos en el laboratorio (tiempo de secado). Otro método para determinación de humedad aunque destructivo lo constituye el secamiento de semillas en estufa (IBPGR, 1985a). Sin embargo, si la muestra es muy pequeña o no existen parámetros establecidos para una determinada especie, se las mantiene en el cuarto de secamiento al menos por cuatro semanas.



Figura 44 . A. Cuarto de secamiento de semillas del INIAP (21°C y 40 % HR), con su equipo de deshumidificación. B. Semillas en proceso de secado, en el cuarto de secamiento. C. Varios aparatos para determinación de humedad interna de las semillas. INIAP, 2008.

6.3.5 Almacenamiento a largo plazo

El INIAP inicia la conservación de semillas a largo plazo en la década de los 80's con una pequeña cámara de 69 m³, posteriormente en 1996 se construye el nuevo banco de germoplasma con dos cámaras, la una de 66 m³ (Figura 45) (Banco Base) y otra de 40,6 m³ (Banco Activo), ver glosario de términos. Cada muestra ocupa un sitio específico dentro de la cámara, generalmente por grupo de especies. Los datos de ubicación de la muestra (número de estante y de bandeja) se registran en una base de datos computarizada.

Aunque varios bancos de germoplasma a nivel mundial utilizan diferentes tipos de envases para almacenamiento de semillas ej. frascos de vidrio, plástico, latas, etc., el INIAP desde sus inicios al igual que otros bancos de germoplasma a nivel mundial, utiliza fundas de aluminio plastificadas. Este método ha resultado adecuado puesto que permite almacenar semillas en condiciones herméticas y se evita controlar la humedad a más de la temperatura en la cámara de conservación lo cual incrementaría los costos de mantenimiento. Además, las fundas de aluminio plastificado pueden ser fabricadas a nivel nacional.

La muestra deshumificada se guarda en un mismo contenedor pero en tres submuestras de semillas (fundas de aluminio plastificado), la una como muestra base (que es la última en abrirse), otra para pruebas de germinación, y la tercera para intercambio de germoplasma. Esta metodología primeramente evita daños por rasgados entre sobres ya que las semillas podrían quedar expuestas al ambiente con alto contenido de humedad. Segundo, facilita el manejo, puesto que podemos determinar visualmente que existe un bajo contenido de semillas en la accesión ej. una sola funda que sería necesaria para multiplicación de semilla. Tercero, evita que toda la muestra esté expuesta a altas humedades al momento de extraer semillas para envío de germoplasma.

Desde el punto de vista operativo el INIAP-DENAREF mantiene las muestras originales de colecta en el banco base, y en el banco activo los materiales fruto de procesos de regeneración o evaluación por parte de los programas de mejoramiento. Esto ocurre, debido a que durante el proceso de regeneración o multiplicación, puede existir un cambio en la formación genética original sea por muestreo (que puede determinar que alelos raros no sean incluidos), posible mezcla de polen en el proceso de regeneración, error de muestreo a la cosecha, etc. (Sevilla y Holte, 1995). Así mismo, para el intercambio de semillas se toman muestras de los refrescamientos y no de la muestra original. En teoría este sistema de conservación permite que las semillas se conserven a largo plazo, por ejemplo, sobre los 50 años.



Figura 45. Banco base con temperatura constante de -15°C en donde se conservan semillas ortodoxas de varias especies en fundas herméticas de aluminio plastificado. INIAP, 2008.

6.3.6 Monitoreo de la viabilidad

Las semillas conservadas a largo plazo se encuentran con su metabolismo reducido y en condiciones adecuadas, sin embargo, continúan con procesos irreversibles de degradación (IPGRI, 1998b), los cuales en casos extremos pueden provocar cambios cromosómicos (Dourado y Robert, 1984) e incluso muerte; esto comprometería la representatividad de la muestra e implicaría un proceso de pérdida de genes valiosos. Por lo tanto, es necesario realizar un monitoreo de la viabilidad de las semillas conservadas a través de pruebas de viabilidad que incluyen pruebas de germinación y pruebas de tetrazolio (descritas en el capítulo pertinente). En el caso del DENAREF - INIAP se realizan principalmente las primeras.

Los bancos de genes deben realizar este monitoreo de la viabilidad periódicamente, lo cual dependerá de la especie así como de las condiciones de almacenamiento de la semilla (FAO, 1994a).

Se dan casos en que semillas de una accesión no germinan, lo cual puede suponer o que están muertas o que se encuentran dormantes, es importante diferenciar esto pues en los bancos de gemoplasma se guardan semillas de materiales silvestres o cultivadas y que en ciertos casos presentan dormancia. Un ejemplo de los estudios de dormancia ha sido desarrollado por Monteros (2002), quien caracterizó los procesos bioquímicos y moleculares involucrados en la germinación y dormancia de la semilla sexual de papa o TPS. Este trabajo incluye la caracterización de uno de los genes que intervienen en el proceso de degradación celular por donde la radícula emerge de la semilla. En caso de que existan dudas cuando una accesión no germine (posible dormancia) se realizan pruebas de tetrazolio para colorear tejido vegetal vivo (Delouche, *et al.*, 1979). Este método aunque ampliamente usado, para algunos autores no es muy adecuado puesto que presenta discrepancias en la interpretación de resultados entre laboratorios de semillas.

Las accesiones deben presentar un mínimo de 85% de germinación en relación al porcentaje inicial, caso contrario se debe planificar procesos de regeneración y/o multiplicación de la muestra con los programas de mejoramiento (FAO, 1994a).

En el INIAP-DENAREF en una primera instancia se venían realizando pruebas de germinación aleatorias y anuales para monitorear el estado de germinación de los diferentes géneros conservados en el banco (INIAP, 1994). Sin embargo, al no ser un procedimiento sistemático quedaban muchos cultivos no representados en estas pruebas. Actualmente se está monitoreando un 10% anual del total de los géneros conservados; se considera en primera instancia los géneros con mayor tiempo de conservación en cámara y los de mayor número de accesiones. Así mismo, se trata de muestrear el mayor número de especies dentro del género. Esto nos da periodicidad del monitoreo por accesión de aproximadamente 10 años; lo recomendable es de cinco a 10 años (FAO, 1994a).

La información de viabilidad de las accesiones conservadas es de vital importancia para establecer prioridades de regeneración y/o multiplicación de semillas. Los resultados obtenidos hasta el momento incluyen especies con un adecuado porcentaje de germinación (superior al 85%) después de 25 años de almacenamiento caso de quinua; otras presentan un porcentaje inferior para lo cual es necesario continuar con estudios referentes a ruptura de posible dormancia probando diferentes métodos de germinación.

6.3.7 Regeneración y/o multiplicación

Cuando en un banco de semillas las muestras se encuentran por debajo del número adecuado se recomienda multiplicar las muestras lo que se denomina multiplicación de semillas. Algunos autores como Sevilla y Holle, (1995) diferencian multiplicación (bajo número de semillas) y regeneración (bajo porcentaje de germinación). En cualquier caso se debe evitar que las especies en cuestión se contaminen con polen extraño, puesto que la muestra nueva que retorne al banco debe ser genéticamente igual a la original.

Mediante los resultados de las pruebas de viabilidad de semillas y/o de acuerdo a la información de inventario referente a la cantidad de semilla conservada, se priorizan los diferentes géneros para la regeneración o multiplicación de semillas. Generalmente se aprovechan estos procesos para registrar descriptores morfoagronómicos y moleculares.

Como al momento en el INIAP no existen programas de mejoramiento para todos los cultivos conservados en el banco, la regeneración o multiplicación de semillas del banco de germoplasma se lleva a cabo de la siguiente manera:

6.3.7.1 Interdepartamental

El INIAP a través de sus programas de investigación regenera y/o multiplica semillas de varias accesiones y las envía al DENAREF para que sean conservadas. Un ejemplo es el Programa Nacional de Mejoramiento de Maíz, quien mediante un proyecto de regeneración financiado por CIMMYT ha caracterizado y evaluado casi la totalidad de accesiones de maíz del banco de germoplasma. Igualmente el PRONALEG-GA (Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos) ha estudiado las siguientes especies: arveja, chocho, fréjol, quinua, amaranto entre otras.

6.3.7.2 Departamental

Cuando no existen programas de mejoramiento INIAP ha buscado proyectos específicos para multiplicar materiales en peligro, como por ejemplo Jiquima (*Pachyrhizus* sp.); tomate, cucúrbitas (*Cucurbita* spp.), ajíes (*Capsicum* spp.), entre otras. El proceso de regeneración supone una búsqueda constante de proyectos para el efecto.

6.3.8 Documentación

La documentación es una fase primordial en todas las etapas del proceso de manejo de germoplasma, desde el ingreso de las muestras de semillas hasta la utilización de las mismas.

Los datos pasaporte de cada una de las accesiones son documentados en primera instancia, manualmente en libretines con formatos los cuales son ingresados posteriormente en una base de datos computarizada, ECUCOL con base Excel. Estos datos comprenden información referente a país de origen, provincia, cantón, parroquia, localidad, altitud, latitud, longitud, estado de colecta, fuente de colecta, observaciones (etnobotánica de la especie), etc. Si una muestra de semilla carece de datos pasaporte suficientes se restringe el ingreso al banco de germoplasma puesto que implicaría limitaciones en su uso futuro al no conocer su rango de adaptación, procedencia, etc.

Igualmente, existen registros manuales para pruebas de germinación y para contenido de humedad interna de semilla que posteriormente se ingresan como nuevos campos por accesión a la base de datos. Igual procedimiento sigue el monitoreo de la viabilidad de las semillas conservadas.

Existe una documentación de inventario, para el lugar de almacenamiento en cámara; se registra información referente a número de estantería, gaveta, tipo de muestra (original, regeneración, custodia etc.), peso total y peso de 100 semillas,.

Es pertinente señalar que las muestras de semilla se manipulan inicialmente en el laboratorio utilizando el número de colector (código de colecta del material), hasta que la misma ingresa a conservación a largo plazo; en este momento a la muestra se le asigna un número de banco con código ECU, el cual es único e irremplazable.

Los datos provenientes de la regeneración y/o multiplicación (descriptores morfológicos, agronómicos y moleculares) se mantienen en diferentes medios como: archivos Word, Excel, fotodocumentación (fotos, slides, impresión en papel), etc. Generalmente los procesos de regeneración permiten caracterizar y evaluar materiales en el campo y adicional información en laboratorio al utilizar marcadores moleculares o estudios a nivel de ADN (que es la base genética de la herencia) como RAPD's (Amplificación al azar de los fragmentos de restricción del ADN), AFLP's (Amplificación de los fragmentos de ADN polimórficos microsatélites) o microsatélites (SSRs), lo cual permite incluir un valor agregado al germoplasma y facilitar su uso.

El inventario de los diferentes donadores y usuarios de germoplasma encuentra documentado en la base de datos ECUCOL y en informes anuales.

En un futuro se pretende implementar el sistema de documentación a nivel de la región Andina que permita sistematizar la información de datos pasaporte, inventario y caracterización-evaluación sobre una misma base.

6.4 Inventario de germoplasma de semillas conservadas en el INIAP

Por lo anotado anteriormente el trabajo relacionado a la conservación de germoplasma de semilla ortodoxa durante más de 20 años, ha permitido conservar como semilla hasta la fecha un total de 13 686 accesiones, que incluyen especies comestibles, medicinales, forrajeras y forestales con un total de 170 géneros y 399 especies. La Tabla 12, desglosa la información enunciada e incluyen nombres comunes y correcciones taxonómicas de (Jørgensen y Leon-Yanez, 1999; Wiersema y León, 1999).

Tabla 12. Géneros, especies, nombre común en inglés y en español y número de accesiones para 13 686 accesiones conservadas a manera de semilla en el banco de semillas del DENAREF. (Hasta julio 2008).

Cultivos

Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Accesiones
<i>Allium</i>	<i>cepa</i>	onion	cebolla	29
<i>Amaranthus</i>	<i>caudatus</i>	Foxtail	Kiwicha	54
	<i>cruentus</i>	Purple amaranth	Bledo	58
	<i>hybridus</i>	Slim amaranth Princess		5
	<i>hypocondriacus</i> spp.	feather		57
				320
				494
<i>Apios</i>	<i>americana</i>	American potato bean	Apio tuberoso	1
<i>Arachis</i>	<i>hypogaeu</i>	peanut	mani	296
	<i>hypocondriacus</i>			1
	spp.			89
				386
<i>Avena</i>	<i>sativa</i>	Oat	Avena	540
	<i>strigosa</i>	Black oat	Avena negra	4
	spp.			60
				604
<i>Beta</i>	spp.	beet	remolacha	1
<i>Brassica</i>	<i>campestris</i>	Cabbages		1
	<i>napus</i>			7
	spp.			7
				15
<i>Cajanus</i>	<i>cajan</i>	Pigeon pea	Fréjol de palo	7
<i>Capsicum</i>	<i>annuum</i>	Bird pepper	Aji	195
	<i>beccatum</i>		Locoto	27
	<i>chinense</i>	Bonnet pepper		10
	<i>frutescens</i>	Hot pepper	Aji	27
	<i>pubescens</i>	Apple chile	rocoto	34
	spp.			72
				370
<i>Chenopodium</i>	<i>quinoa</i>	Quinoa	Quinoa	672
	<i>embroskoides</i>	Wormseed	Paico	5
	<i>pallidicaule</i>		cañihua	3
				680
<i>Cicer</i>	<i>arietinum</i>			150

Nota: Algunos generos han sido conservados en cámara refrigerada como semillas de tipo ortodoxo, y estudios posteriores los catalogaron como semillas de comportamiento intermedio o recalcitrante (incluidas en la lista).

Cultivos cont...

Género	Especies	Nombre común (inglés)	Nombre común (español)	# Accediones
<i>Cucurbita</i>	<i>argyrosperma</i>	Cushaw	Ayote?	21
	<i>conadorea</i>			7
	<i>laprifolia</i>			1
	<i>ficifolia</i>	Black seed squash		16
	<i>maxima</i>	Bharna squash	Zapallo	6
	<i>moschata</i>	Pumpkin	Calabaza	48
	<i>pepo</i> spp.	Marrow squash	Sambo	21
			147	
<i>Cyclanthera</i>	<i>pedata</i>	Wild cucumber	chuchupé	34
<i>Dioscorea</i>	<i>sp.</i>	Yam	Yam	1
<i>Dolichos</i>	<i>lablab</i>			39
<i>Glycine</i>	<i>max</i>	Soybean	soya	226
<i>Gossypium</i>	<i>hirsutum</i>	Sea Island cotton	Algodón	5
	<i>spp.</i>	Upland cotton	algodón	0
				157
				183
<i>Helianthus</i>	<i>annuus</i>	Sunflower	girasol	122
<i>Holcus</i> (<i>recalcitrante?</i>)	<i>spp.</i>	Wild plantain	holcón	1
<i>Hordeum</i>	<i>virgare</i> <i>spontaneum</i>	Barley	cebada	1597
				29
				1626
<i>Ipomoea</i>	<i>alba</i>	Manihot		1
	<i>angustifolia</i>			2
	<i>batatas</i>	Sweet potato	camote	39
	<i>incarnata</i>			1
	<i>pes-caprae</i>	Birds morning glory	bujuco de paja	1
	<i>ramosissima</i>			1
	<i>reticulata</i>			1
	<i>rubens</i>		campanita	1
<i>triloba</i> spp.	Little bell		3	
			13	
			57	
<i>Lagenaria</i>	<i>siceraria</i>	Bottle gourd	calabaza	1
<i>Lentis</i>	<i>culinans</i>	Lentil	lenteja	262
<i>Lepidium</i>	<i>salivum</i>	Garden cress	Bero de huerta	2
<i>Lupinus</i>	<i>affinis</i>			1
	<i>albicaulis</i>			6
	<i>albus</i>	White lupine		51
	<i>angustifolius</i>	Blue lupine	Chucho azul?	30
	<i>arboreus</i>	Bush lupine		1
	<i>argenteus</i>			2
	<i>atlanticus</i>			2
	<i>caudatus</i>			1
	<i>hispanicus</i>			6
	<i>hybridus</i>			11
	<i>leucophyllus</i>	Woolly-leaf lupine		4
	<i>littoralis</i>			1
	<i>luteus</i>	Yellow lupine		10
	<i>mutabilis</i>	Andean lupine	Chucho o tarwi	308
	<i>pachylobus</i>			1
	<i>polyphyllus</i>	Garden lupine	Chucho parana	1
<i>pusillus</i>			1	
<i>sericeus</i> spp.	Silky lupine		1	
			13	
			548	
<i>Lycopersicon</i>	<i>cheesmanii</i>	Galapagos tomato	Tomate de Galapagos	59
	<i>esculentum</i>	Tomato	Tomato	6
	<i>hirsutum</i>			9
	<i>parviflorum</i>			3
	<i>parviflorum</i>			1
	<i>pimpinellifolium</i> spp.	Currant tomato	tomatillo	10
			10	
			88	

Cultivos cont.....

Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Acciones
<i>Nicotiana</i>	<i>glabrum</i>	Tobacco	Tabaco	1
<i>Oryza</i>	<i>sativa</i>	Rice	Arroz	11
<i>Pachyrhizus</i>	<i>ahipa</i>	Yambuan	Ahipa	17
	<i>erosus</i>		Jiquina	13
	<i>luriginosus</i>			1
	<i>panamensis</i>			1
	<i>tuberosus</i>			39
	spp.			1
				72
<i>Passiflora</i> (<i>intemedia?</i>)	<i>alata</i> *	Wingstem passionflower		3
	<i>biflora</i>			1
	<i>cf. caerulea</i>			1
	<i>cf. cubensis</i>			1
	<i>cf. exoperculata</i>			1
	<i>cf. mathewsii</i>			2
	<i>cf. mixta</i>			3
	<i>cf. montana</i>			1
	<i>cf. sanguinolenta</i>			2
	<i>edulis</i> *			25
	<i>foetida</i>	Stinking passionflower	<i>Passiflora hedionda</i>	3
	<i>harlingii</i>			1
	<i>ligularis</i> *	Sweet granadilla	Granadilla	32
	<i>marginata</i>	Red passionflower		5
	<i>mollissima</i> *			71
	<i>popovii</i>			4
	<i>quinqueangula</i> *	Giant granadilla	Badea	16
	<i>roseorum</i>			1
	<i>rubra</i>			1
	<i>sodirol</i>			3
	<i>vitifolia</i>			1
	spp.			61
				239
<i>Phaseolus</i>	<i>acutifolius</i>	Tapary bean		1
	<i>coccineus</i>	Scarlet runner bean		170
	<i>lunatus</i>	Lima bean	Fréjol pallar	185
	<i>plya</i>			1
	<i>polyanthus</i>			4
	<i>rosol</i>			1
	<i>vulgaris</i>			2454
	spp.			284
				3100
<i>Physalis</i>	<i>peruviana</i>	Goldenberry	Uvilla, uchuya	57
	spp.			7
				64
<i>Pisum</i>	<i>sativum</i>	Pea	arveja	238
<i>Sesamum</i>	<i>indicum</i>	Sesame	Ajonjolí	193
<i>Sicana</i>	<i>odorifera</i>	Musk cucumber	Cahombra de olor	1
<i>Solanum</i>	<i>acule</i>			10
	<i>albinozif</i>			4
	<i>andeanum</i>			19
	<i>arbatum</i>			1
	<i>benthallii</i>			2
	<i>boliviana</i>			2
	<i>brachistotrichum</i>			4
	<i>bravidens</i>			1
	<i>bulbocastanum</i>			1
	<i>canariense</i>			1
	<i>cardiophyllum</i>			1
	<i>caripense</i>	mamoncillo		2
	<i>cf. pectinatum</i>			1
	<i>chacoense</i>			7
	<i>chilense</i>			2
	<i>colombianum</i>			25
	<i>commerstonii</i>			2

Cultivos cont.....

Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Accediones
<i>Solanum</i>	<i>demissum</i>			23
	<i>Goulayi</i>			1
	<i>grandiflorum</i>			1
	<i>hirtum</i>			1
	<i>hertingii</i>			1
	<i>huancabambense</i>			1
	<i>hybrid</i>			2
	<i>jamesii</i>			1
	<i>juglandifolium</i>			12
	<i>lasiocarpum</i>			1
	<i>medians</i>			1
	<i>megistacrobium</i>			1
	<i>microdontum</i>			4
	<i>minutifolium</i>			2
	<i>moscopanum</i>			3
	<i>multidissectum</i>			1
	<i>muncatum</i>	Melon-pear Black	Pepino dulce	4
	<i>nigrum</i>	nightshade	Hierba mora	1
	<i>ochrantum</i>			9
	<i>pampasense</i>			1
	<i>paucijugum</i>			4
	<i>phureja</i>	Phureja	chaucha	6
	<i>pinnatisectum</i>			5
	<i>polyadenium</i>			6
	<i>pseudotulo</i>			1
	<i>quitoense</i>	Naranjilla, lulo	Naranjilla	168
	<i>repanifolium</i>	Peach-tomato	Cocona	1
	<i>regularifolium</i>			1
	<i>sanctae-rosae</i>			1
	<i>sessiliflorum</i>			10
	<i>sisymbriifolium</i>			1
	<i>sogaradinum</i>			1
	<i>spp.</i>			135
<i>stoloniferum</i>			6	
<i>tuberosum</i>	Potato	Papa	237	
<i>tuquerrense</i>			8	
<i>vernoi</i>			3	
<i>viridissimum</i>			1	
			810	
<i>Sorghum</i>	<i>arundinaceum</i>	Common wild sorghum	Bledo	1
	<i>bicolor</i>	Sorghum	Sorgo	72
				73
<i>Triticum</i>	<i>vulgare</i>	Wheat	Trigo	144
<i>Vicia</i>	<i>andicola</i>			1
	<i>benghalensis</i>	Purple vetch	Veza purpúrea	1
	<i>fabae</i>	Faba bean	Haba	272
	<i>sativa</i>	Common vetch	Vicia	12
	<i>villosa</i>	Wooly pod vetch		1
				287
<i>Vigna</i>	<i>unguiculata</i>	Asparagus bean	Judía	2
	<i>hookeri</i>	Cowpea		4
				4
<i>Zea</i>	<i>mays</i>			1,608

Pastos y Forrajes

Genero	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Acciones
<i>Agropyron</i>	<i>monanthum</i>	Crested wheatgrass		2
	<i>desertorum</i>			5
	<i>repens</i>			1
	<i>trichophora</i>			1
				9
<i>Agrostis</i>	<i>exigua</i>	Bentgrass		1
	<i>hiemalis</i>			1
	<i>semivermiculata</i>			1
				3
<i>Anthoxanthum</i>	<i>odoratum</i>	Vernal grass	Gramma de olor	1
<i>Arrhenatherum</i>	<i>elatum</i>	luber oat grass		3
	<i>pratense</i>			1
				4
<i>Bouteloua</i>	<i>curtipendula</i>	Sicra oats grama	Navajita banderillera	1
	<i>distichis</i>			1
				2
<i>Bromus</i>	<i>catharticus</i>	Restuo grass	Cabadilla	2
	<i>inornis</i>	Smooth broma	Broma de hungria	6
	<i>kalmii</i>			1
	<i>lanatus</i>			2
	<i>runssariensis</i>			1
	<i>unickoides</i>			1
	<i>wildenowii</i>			1
				14
<i>Calamagrostis</i>	<i>heterophylla</i>	Reed grass		1
	<i>tormensis</i>			1
				2
<i>Chamaecytisus</i>	<i>proliferus</i>	White broom		1
	<i>palmensis</i>			1
	<i>suproliferus</i>			1
				3
<i>Corniflora</i>	<i>vana</i>			2
<i>Dactylis</i>	<i>glomerata</i>	cockstool	Jopillo	11
<i>Desmodium</i>	spp.	clover		1
<i>Eleusine</i>	<i>coracana</i>	African finger millet		1
<i>Elytrigia</i>	<i>intermedia</i>	intermediate wheatgrass	Lastón azul	1
<i>Eragrostis</i>	<i>albus</i>	Boer love grass Pasto llorón		1
	<i>curvula</i>			2
	<i>semibertisikata</i>			1
				4
<i>Festuca</i>	<i>arundinacea</i>	Tall fescue	Cañuela alta	8
	<i>dolicocha</i>			1
	<i>humilis</i>			1
	<i>nitrophylla</i>			1
	<i>ovina</i>	Sheep fescue	Cañuela de oveja	2
	<i>pratensis</i>	Meadow fescue		5
	<i>rubra</i>	Chewing's fescue	Cañuela de los prados	5
	<i>woburnensis</i>			1
	spp.			1
				25
<i>Gaultheria</i>	<i>aronea</i>	Wintergreen		1
	<i>erecta</i>			3
	<i>glomerata</i>			1
	<i>reticulata</i>			1
	<i>stingosa</i>			1
	<i>tomentosa</i>			1
spp.	1			
				9
<i>Hodysanum</i>	<i>coronerium</i>	cock's head	Esparceta	1
<i>Holcus</i>	<i>lanatus</i>	Soft meadow grass	Pastu lujado	2

Pastos y forrajes cont...

Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Accediones
Lathyrus	<i>annuus</i>	Vetchling	Galgano	1
	<i>cicera</i>	Chickling-vetch		1
	<i>latifolius</i>	Everlasting-pea		1
	<i>pratensis</i>	Meadow vetchling		1
	<i>sphaericus</i>	Flat peavine		1
	<i>sylvestris</i>			1
				6
Lolium	<i>italicum</i>	Annual ryegrass Perennial ryegrass Wimmera ryegrass	Raygrass anual	1
	<i>multiflorum</i>		Raygrass perenne	12
	<i>perenne</i>		Raygrass rigido	15
	<i>rigidum</i> spp.			1
				1
				30
<i>Lotus</i>	<i>corniculatus</i>	Bird's foot trefoil	Loto	1
Medicago	<i>lupulina</i>	Black medic	Miniga azafranada	2
	<i>nuxa</i>			1
	<i>polymorpha</i>	California bur-clover	Trébol carretilla	2
	<i>saliva</i> <i>truncatula</i>	Alfalfa Barrel medic	Alfalfa Trébol barril	14 1
				21
<i>Muhlenbergia</i>	<i>angustata</i>	Muhly		1
Ornithopus	<i>compressus</i>	Yellow bird's foot	Pie de pájaro	4
	<i>salivus</i>	Sarradola	Sarradola	1
				5
<i>Paspalum</i>	<i>lividum</i>	Redo millet		1
Pharus	<i>aquatica</i>	Bulbous canary grass	Rabillo de cordero	7
	<i>arundinacea</i>	Reed canary grass	Pasto cinta	5
	<i>minor</i>	Little-seed canary grass		5
				17
<i>Phleum</i>	<i>pratense</i>	Timothy	Timotí	3
Poa	<i>annua</i>	Annual blue grass	Pasto azul	1
	<i>palustris</i>	Fowl blue grass	Poa de los pantanos	1
	<i>pratensis</i>	Kentucky blue grass	Poa común	6
	spp.			2
				10
Polypogon	<i>tabioides</i>			1
	<i>interruptus</i>			1
				2
<i>Puccinellia</i>	<i>ciliata</i>			1
<i>Setaria</i>	<i>sphaeralata</i>	Foxtail Millet		5
<i>Silpa</i>	<i>plumieri</i>			2
Trifolium	<i>alexandrinum</i>	Bergeem clover	Trébol alejandrino	5
	<i>chierken</i>			1
	<i>deconum</i>			4
	<i>fragiferum</i>	Strawberry clover	Trébol fresero	1
	<i>hirtum</i>	Rose clover	Trébol rosa	1
	<i>incarnatum</i>	Crimson clover	Trébol encarnado	5
	<i>isthmocarpum</i>			1
	<i>melchianum</i>	Big-flower clover		1
	<i>pratense</i>	Red clover	Trébol rojo	5
	<i>quartinianum</i>			5
	<i>repens</i>	Ladino clover	Trébol ladino	2
	<i>resupinatum</i>	Parisian clover	Trébol persa	2
	<i>rupeellanum</i>			4
	<i>stueudneri</i>			4
	<i>subterraneum</i>	Subclover	Trébol subterráneo	11
	<i>tense</i>			4
<i>vesiculosum</i>	Arrow-leaf-clover		2	
				58
<i>Trisetum</i>	<i>spicatum</i>			1

Forestales

Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Accesiones
<i>Acacia</i>	<i>ampliceps</i>	Salt wattle	Mimosa	1
	<i>aneura</i>	Mulga		1
	<i>auriculiformis</i>	Northern black wattle		1
	<i>dealbata</i>	Silver wattle		2
	<i>holosericea</i>			1
	<i>mangum</i>			1
	<i>mearnsii</i>	Black wattle		2
	<i>melanoxylon</i>	Black wood		1
	<i>murrayana</i>			1
	<i>pendula</i>	Myall acacia		1
	<i>pruinocarpa</i>			1
<i>saligna</i>	Golden-wreath-wattle	1		
	spp.		1	
			14	
<i>Albizia</i>	<i>guichapote</i>		Mimosa	1
<i>Atriplex</i>	<i>amnicola</i>	Grache		1
	<i>lentiformis</i>			1
	<i>nummularia</i>	Giant saltbush		1
	<i>undulata</i>			4
<i>Bombacopsis</i>	<i>quinatum</i>			1
<i>Caesalpinia</i>	<i>inostachys</i>			1
<i>Cassia</i>	<i>sturtii</i>			1
	<i>fistula</i>	Golden shower	Cana fistula	1
	<i>siamea</i>			1
				3
<i>Casuarina</i>	<i>obesa</i>			1
<i>Cedrela</i>	<i>odorata</i>	Barbados cedar	Cedro	1
<i>Carotostoma</i>	<i>salatum</i>			1
	<i>saliqua</i>			1
				2
<i>Cordia</i>	<i>alliodora</i>	Cypre	Laurel	1
<i>Coronilla</i>	<i>thymifolia</i>			1
<i>Croton</i>	spp.	Croton	Croton	1
<i>Derris</i>	<i>elliptica</i>	Derris		1
<i>Diphysa</i>	<i>robinoides</i>			1
<i>Enterolobium</i>	<i>cyclocarpum</i>			1
<i>Erythrina</i>	<i>amazonica</i>			1
	<i>berteroana</i>		Pilo	1
	<i>lusca</i>	Coral-bean	Palo santo	1
	<i>poeppigiana</i>	Coraltree	Poró gigante	1
	spp.			2
				6
<i>Eucalyptus</i>	<i>camaldulensis</i>	Murray red gum	Eucalypto común	2
	<i>coccifera</i>			1
	<i>dalympheana</i>			1
	<i>deglupta</i>	Doglupta		1
	<i>delegatensis</i>	Alpine-ash		1
	<i>globulus</i>	Blue gum		2
	<i>gunii</i>	Cider gum		2
	<i>johnstonii</i>	Johnston s gum		1
	<i>nitens</i>	Shining gum		1
	<i>obliqua</i>	Messmate		1
	<i>ovata</i>			1
	<i>pauciflora</i>	Snow gum		1
	<i>pulchella</i>			1
	<i>rubida</i>	Candle bark		1
<i>saligna</i>	Sydney blue gum	1		
<i>urnigera</i>	Urn-gum	1		
<i>virginiana</i>	mannagum	1		
			20	
<i>Ficus</i>	spp	Fig	Higo	2

Forestales cont....

Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Accesiones
<i>Gleditsia</i>	<i>triacanthos</i>	Honey locust	Acacia	1
<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Nicaraguan</i>	cocoa shade	Mata ratón	1
<i>Gonolobum</i>	spp.			1
<i>Guazuma</i>	<i>ulmifolia</i>	Bastard cedar	Guácimo	1
<i>Inga (recalcitrante)</i>	spp.	Ica-croon-bean		3
<i>Leucaena</i>	<i>diversifolia</i>	Leucaena	Tamarindo silvestre	1
	<i>leucocephala</i>	horse tamarind		3
				4
<i>Mimosa</i>	<i>scabrella</i>		Albaracaatinga (Port.)	1
<i>Pithecolobium</i>	spp.	Blackbead	Huemúchil	1
<i>Pouroma</i>	<i>bicolor</i>	Pouroma	Sacha uvillas	1
<i>Rhedia</i>	<i>magnifolia</i>			1
<i>Schizolobium</i>	<i>parahyba</i>	Brazilian fretree		1
<i>Semanea</i>	<i>saman</i>			1
<i>Sesbania</i>	<i>sesban</i>	sesben		3
<i>Swintonia (intermedia?)</i>	<i>macrophylla</i>	Mahoganí		1
<i>Tubebuia</i>	<i>rosea</i>			1
<i>Ziziphus</i>	spp.	jujube		1

Medicinales y Aromáticas

Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Accesiones
<i>Bidens</i>	<i>humilis</i>	Hairy begger-ticks	nachag	1
	<i>pilosa</i>			1
				2
<i>Cananga</i>	<i>odorata</i>	Ylang-ylang-tree	Gadmia	1
<i>Cinnamomum (recalcitrante)</i>	<i>zeylanicum</i>	Cinnamon		1
<i>Coriandrum</i>	<i>sativum</i>	Coriander	Culantro	1
<i>Fevillea</i>	spp.			1
<i>Franseria</i>	<i>artemisioides</i>			1
<i>Foeniculum</i>	<i>vulgare</i>	Fennel	Hinojo	1
<i>Hibiscus</i>	<i>esculentus</i>	Kenaf	roselle	1
<i>Nigella</i>	<i>sativa</i>	Black cummin	Comino	1
<i>Ocimum</i>	<i>basilicum</i>	Basil	Albahaca	2
<i>Satureja</i>	<i>hortensis</i>	Savory	Tomillo	3
<i>Perezia</i>	<i>multiflora</i>			1

Frutales

Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Accesiones
<i>Annona</i>	<i>cherimola</i>	Cherimoya	Chirimoya	2
	<i>muricata</i>	Soursop	Guanabana	2
	<i>squamosa</i>			1
	spp.			2
				7
<i>Avorhoa (intermedia)</i>	<i>carambola</i>	Carambola	Grosella china	1
<i>Bixa (intermedia)</i>	<i>orotiana</i>	Annatto	Achiote	1
<i>Bomarea</i>	spp.			1

Frutales cont....

Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Accesiones
<i>Carica (mlemedia)</i>	<i>candicans</i>			1
	<i>cuneiflora</i>			2
	<i>goudotiana</i>			1
	<i>heilbornii</i>			7
	<i>nitrocarpa</i>			6
	<i>papaya</i>	Papaya	Papaya	26
	<i>pubescens</i>	Mountain papaya	Chamburo	28
	<i>stipitata</i>			27
	<i>weberbaueri</i> spp.			1 15 113
<i>Cucumis</i>	<i>sativus</i>	Cucumber	Pepino	5
<i>Cyphomandra</i> (syn. <i>Solanum tomentosum</i>)	<i>betacea</i>	Tree tomato	Tomate de árbol	30
	spp.			8 38
<i>Diospyros (recalcitrante)</i>	<i>philippensis</i>	Morinda tree	Gamojón	1
<i>Durio (recalcitrante)</i>	<i>zibethinus</i>	Durian	Durian	1
<i>Enobotrya</i>	<i>japonica</i>	Loquat	Nispero de japon	1
<i>Fragaria</i>	<i>vesca</i>	Woodland strawberry	Fresa silvestre	1
	spp.			1 2
<i>Hyloteleus</i>	<i>polyrhizus</i>	Pitahaya	Pitahaya	1
	<i>peruviana</i>			1 2
<i>Litchi (mlemedia)</i>	<i>chinensis</i>	Litchi	Litchia (Port.)	1
<i>Opuntia</i>	spp.	Prickly	Tuna	1
<i>Poncirus (intermedia)</i>	<i>trifoliata</i>	Trifoliate orange	Naranja trebol (Sp)	1
<i>Pouteria (recalcitrante)</i>	<i>caimito</i>	Caimito	Caimito	2
	spp.			1 3
<i>Prunus</i>	<i>serotina</i>	Black cherry	Capuli	96
<i>Psidium</i>	<i>guajaba</i>	Guava	Guayaba	5
	<i>friedrichshlanum</i>			1
	spp.			1 7
<i>Punica</i>	<i>granatum</i>	Pomegranate	Granado (Sp)	1
<i>Quararibea</i>	<i>cordata</i>	South American sapote	Zapote	1
<i>Rubus</i>	<i>acanthophyllus</i>	Raspberry		1
	<i>adenanthus</i>	Blackberry		2
	<i>bogotensis</i>			5
	<i>canadensis</i>			4
	<i>ellipticus</i>	Cheeseberry		2
	<i>glaberrimus</i>			3
	<i>glabrus</i>	Andean blackberry		13
	<i>inveus</i>	Ceylon raspberry	Frambuesa	2
	<i>robustus</i>	Himalaya berry	Frambuesa gigante	4
	<i>roseus</i>	Wild blackberry	Mora silvestre	6
	<i>tricuspidatus</i> spp.			3 34 79
<i>Spondias</i>	<i>dulcis</i>	Golden apple	Jova da la India (Sp)	1
<i>Vaccinium</i>	<i>ashii</i>	Rabbit-eye blueberry	Mortino	10
	<i>crenatum</i>			2
	<i>floribundum</i>	Colombian blueberry		16
	spp.			1 29
<i>Vitex</i>	<i>gigantica</i>			1
<i>Vitis</i>	<i>vinifera</i>			1

Ornamentales				
Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Acciones
<i>Brugmansia</i>	<i>sanguinea</i>	Red angel's triumphet	Floripondio rojo	1
<i>Cavendishia</i>	<i>bracteata</i>			2
	<i>tarapatama</i>			1
				3
<i>Cissus</i>	<i>scicioides</i>	Grape ivy	Enredadera	1
<i>Clavija</i>	spp.			1
<i>Pemetya</i>	spp.			1

Misceláneos				
Género	Especies	Nombre común (Inglés)	Nombre común (Español)	# Acciones
<i>Banaricara</i>	spp.			1
<i>Befana</i>	<i>aestuans</i>			1
	<i>resinosa</i>			1
				2
<i>Bromelia</i>	<i>pingui</i>			2
<i>Cratylia</i>	<i>argentea</i>			1
<i>Crotalaria</i>	<i>juncea</i>	Sunn-hemp	Cáñamo	1
<i>Disterigma</i>	<i>alaternoides</i>			1
	<i>empetrifolium</i>			1
	<i>popenci</i>			1
	spp.			2
				5
<i>Eunica</i>	<i>saliva</i>			1
<i>Faba</i>	<i>bcna</i>			1
<i>Hesperomeles</i>	spp.			1
<i>Leonia</i>	spp.			3
<i>Macleania</i>	<i>rupestris</i>			2
	spp.			2
				4
<i>Melolia</i>	spp.			1
<i>Neonefsonia</i>	<i>acuminata</i>			1
<i>Pentagonia</i>	spp.			1
<i>Pemetya</i>	spp.			1
<i>Podandrogynne</i>	spp.			1
<i>Psammisia</i>	spp.			1
<i>Ribes</i>	spp.			1
<i>Tadehagi</i>	<i>triquetrum</i>			1
<i>Xanthium</i>	<i>spinosum</i>	Cocklebur	Amar seco	1

Fuente: DENAREF, base de datos ECUCOL (Hasta julio 2008).

En la Figura 46 se incluye fotografías indicando una muestra de la variabilidad de especies semillas ortodoxas conservadas en el banco de germoplasma de INIAP.



Figura 46. Muestra de la variabilidad genética conservada en el banco de germoplasma de INIAP, 2008.

BIBLIOGRAFÍA

- CDB. 1996. Convenio de diversidad biológica (Textos, anexos y comentarios). Separata de la revista holística Raíz. 6ta. Edición. IICA-Raíz. 40 p.
- DELOUCHE, J.; WAYNE, S.; RASPET, M. & YLIENHARD, M. 1979. Prueba de viabilidad de semillas con tetrazol. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional. 65 p.
- DOURADO, A. y ROBERT, E. 1984. Chromosome Aberrations Induced during Storage in Barley and Pea Seeds. *Annals of Botany* 54, 767-779.
- FAIAD, M.G.R.; SALOMÃO, A.N.; FERREIRA, F.R.; GONDIM, M.T.P.; WETZEL, M.M.V da S.; MENDES, R.A. y GOES, M. de; MIRANDA, A.R. de. 1998. Manual de procedimentos para conservação de germoplasma-semente a longo prazo no Embrapa. Brasília: Embrapa- Cenargen. 21 p.
- FAO. 1994a. Normas para bancos de genes. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Instituto Interamericano de Recursos Fitogenéticos. Engels, J. y Tao, K. (Eds). Roma. 15 p.
- FAO. 1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 510 p.
- HONG, T. y ELLIS, R. 1996. Protocol to determine seed storage behavior. Department of Agriculture, The University of Reading, UK. IPGRI. Engels, J. and Toll, J. (Eds.). 62 p.
- IBPGR. 1985a. Handbook of seed technology for genebank. Principles and Metodologies. Vol I. R. Ellis, T. Hong and Roberts, E. (Eds.)
- IBPGR. 1985b. Handbook of seed technology for genebank. Compendium of specific germination information and test recommendation Vol II. R. Ellis, T. Hong and Roberts, E. (Eds.) 667 p.
- INIAP, 1994. Informe Anual del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos. 59 p.
- IPGRI, 1998a. The electronic Seed Storage Behaviour Compendium. Windows Version. Software.
- IPGRI, 1998b. Taller sobre conservación de semillas. Documento presentado en Curso Taller en La Paz-Bolivia. Octubre 1998. S.n.p.
- JØRGENSEN, P. y LEON-YANEZ, S. 1999. Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden Press. 1181 p.
- MONTEROS, A. 2002. Dormancy and Germination of true potato (*Solanum tuberosum*) seeds: Characterization of endo- β -mannanase genes. MSc. Thesis. Oregon State University. 67 p.
- SEVILLA R., y HOLLE, M. 1995. Recursos Genéticos Vegetales. CIP, Lima-Perú. S.n.p.
- WIERSEMA, J. y LEON, B. 1999. World Economic Plants. A Standard Reference. 749 p.

CAPÍTULO 7

7. ANÁLISIS DE SEMILLAS

La semilla de alta calidad es uno de los principales insumos que se requieren para lograr mayor productividad. Por lo tanto, aumentar su uso es indispensable para la mayor producción de granos. En muchos países en desarrollo, la mayor parte de la semilla usada es la del propio agricultor, guardada desde la cosecha anterior, la cual no es sometida a certificación y su calidad es desconocida. Este sistema es altamente sostenible para un sector de la economía ecuatoriana, el cual merece un estudio particular. Por otro lado, en nuestro país se encuentran otros agricultores cuya producción y mercado están basados en semillas certificadas de alta calidad. Este libro ha enfatizado el manejo de este tipo de semillas.

En este ámbito, el principal objetivo del análisis de semillas es servir al productor, consumidor y a la industria semillera proporcionándoles toda la información posible sobre la calidad de la semilla en general y sobre los diversos lotes de semillas. La industria semillera que abarca la producción, beneficiamiento, almacenamiento y distribución, tiene la obligación de suministrar a los consumidores semillas de alta calidad y su comprobación debe ser constante, desde la fecha en que la semilla se cosecha hasta su distribución.

Para obtenerse esta comprobación, los tecnólogos en semillas han establecido procedimientos normatizados para su evaluación. Los métodos que se utilizan y su precisión dependen de sus objetivos, pero se exige un alto grado de reproducción de los resultados, dado que las semillas son objeto de comercio al nivel nacional e internacional. Por consiguiente, estos métodos de ensayo deben ser uniformes y sus resultados deben ser similares entre todos los laboratorios.

La calidad de una semilla, es validada por un conjunto de índices determinados por el análisis de una muestra representativa de un lote de semillas. De esta manera el Laboratorio de Análisis de Semilla (LAS) (Figura 47), es el centro del control de esa calidad, donde a través de diferentes análisis, se puede obtener información sobre la misma para los diferentes cultivos y en las diferentes etapas de multiplicación, producción, cosecha, secamiento, beneficio, tratamiento y almacenamiento. Estas informaciones son de gran utilidad para la identificación de problemas durante el proceso y sus posibles causas (Mello y Tillman, 2000).



Figura 47. Laboratorio de Análisis de Semilla como centro del Control Interno de Calidad.

Los ensayos de calidad más importantes realizados en los laboratorios de análisis de semillas son la pureza y la germinación. Estos determinan el valor de las semillas para la siembra. Por ejemplo, conociendo el porcentaje de pureza física y de germinación de un determinado lote, es posible determinar el Valor Cultural (VC), el cual permite calcular la cantidad de semillas que se deben utilizar en la siembra:

$$VC = \frac{\% \text{ de pureza} \times \% \text{ de germinación}}{100}$$

Otros ensayos son también importantes y siempre que sea posible, hacen parte de normas oficiales como: porcentaje de contaminación con otras especies, verificación de especies y variedades, determinación del peso de 1000 semillas, contenido de agua, etc.

Es importante recordar que el LAS es responsable solo por los resultados de las muestras que son recibidas, las cuales deberán ser retiradas de los lotes con procedimientos adecuados, observándose su representatividad y de acuerdo con las Reglas para Análisis de Semillas del (ISTA, 1985)

7.1 Muestreo

El objetivo del muestreo es obtener una muestra de tamaño adecuado donde estén presentes los mismos constituyentes y en las mismas proporciones que lo están en el lote de semillas. Para tomar la muestra de un lote de semillas, es necesario comprobar primero que el lote sea lo más uniforme posible, que no presente durante el muestreo signos de heterogeneidad y que no exceda en cantidad a lo prescrito en las Reglas de Análisis de Semillas (RAS).

La muestra de envío, o sea, la muestra que se remite al LAS debe tener un peso mínimo por especie y un peso máximo de 1 000 g. Esta muestra se obtiene de la reducción de la muestra compuesta, la cual es formada por la combinación y mezcla de todas las muestras primarias (puntos de muestreo del lote) cuyo número obedece a la intensidad de muestreo recomendada en las RAS.

Para facilitar una mejor comprensión sobre el asunto, es necesario conocer algunos conceptos y recomendaciones de las RAS.

7.2 Conceptos

7.2.1 Lote

Es una cantidad limitada de semillas identificables físicamente (por letra y/o número) donde cada porción debe estar dentro de límites fijados y debe estar uniforme para las determinaciones contenidas en la identificación, permitiendo la emisión de un certificado nacional o internacional de análisis.

7.2.2 Muestra primaria

Es una pequeña porción de semillas tomada al azar de diferentes sitios del lote obedeciendo a la intensidad de muestreo.

7.2.3 Muestra compuesta o global

Es una porción de semillas obtenida mediante la combinación y mezcla de todas las muestras primarias tomadas del lote.

7.2.4 Muestra de envío

Es la muestra que se remite al LAS: comprende la muestra compuesta reducida al tamaño y peso adecuado utilizándose un equipo apropiado (Ej: divisor de tierra). Esta muestra deberá estar claramente identificada en relación con el lote y deberá estar envasada de manera que se evite cualquier daño o alteración en las condiciones de las semillas durante su transporte hasta el laboratorio. Si se destina solamente para los ensayos de pureza y germinación, deberá estar acondicionada en envases permeables; si se destina a la determinación del contenido de agua deberá estar acondicionada en envases herméticos.

7.2.5 Muestra de trabajo

Es la muestra obtenida en el LAS también por mezclas y divisiones sucesivas de la muestra de envío. Es en esta muestra que se realizará el ensayo o los ensayos, debiendo por lo tanto poseer el peso mínimo estipulado en las reglas (Figura 48).



Figura 48. Divisores de muestras eléctrico y mecánico. INIAP, 2008.

7.3 Como obtener la muestra de envío

Para emitir el Certificado de un lote de semillas, la persona o el inspector de semillas responsable por la obtención de la muestra de envío deberá observar los siguientes requisitos:

7.3.1 Tamaño del lote

El lote de semillas no deberá exceder la cantidad indicada en la Tabla 13, sujeta a una tolerancia del 5%. Por ejemplo, para las especies como la soya, arroz, trigo y maíz el lote deberá tener un peso máximo de 20 000 kg. Para las especies hortícolas, un máximo de

10 000 kg. Para la mayoría de las especies de forrajeras también 10 000 kg. En caso que un lote de semillas exceda dicha cantidad, se subdividirá y cada una de las subdivisiones se identificarán por separado.

6.3.2 Uniformidad del lote

Debe ser lo más uniforme posible y no debe presentar durante el muestreo signos de heterogeneidad. En caso de una evidente heterogeneidad, la persona encargada del muestreo deberá rechazar el lote.

7.3.3 Intensidad del muestreo

En el caso de que se muestren semillas a granel, en envases de diversos tamaños, o de pequeño tamaño, o en semillas que circulen en el curso de las operaciones de acondicionamiento, las intensidades de muestreo que se considerarán como las mínimas exigidas son: hasta 500 kg por lo menos cinco muestras primarias, con excepción para los lotes menores de 50 kg que deberán tener por lo menos tres muestras primarias; de 501 a 3 000 kg una muestra primaria de cada 300 kg pero no menos de cinco muestras de 3 001 kg a 20 000 kg una muestra primaria a cada 500 kg y no menos de 10 muestras primarias (Andre y Colvara, 1998).

En caso de lote de semillas ensacadas (envases de tamaño uniforme), hasta cinco envases todos ellos deberán ser muestreados; de seis a 30 envases muestrear un envase cada tres pero no menos de cinco; de 31 envases o más muestrear uno de cada cinco pero no menos de 10.

En el caso de que la semilla esté acondicionada en pequeños envases como cajas metálicas, cartones o envases similares a los que se utilizan en el comercio, se recomienda lo siguiente: formar un peso de 100 kg como unidad de base y reunir los pequeños envases para formar unidades de muestreo que no excedan este peso, ej: cinco envases de 20 kg ó 100 de un kilogramo.

7.3.4 Envases

El lote deberá estar envasado, sellado y etiquetado o con marcas para su identificación. No debe emitirse un certificado del lote en caso de semillas a granel o almacenadas en envases que no puedan sellarse.

Tabla 13.- Pesos de lotes, de muestras y número de semillas por gramo utilizados para análisis de varias especies. INIAP-EESC, 2008.

Especie	Peso Máximo del Lote (ton)	Peso Mínimo de muestras (gramos)			Número de semillas por gramo
		1*	2*	3*	
<i>Avena sativa</i>	20	1 000	120	1 000	38-35
<i>Glycine max</i>	20	1 000	500	1 000	6-13
<i>Gossypium spp.</i>	20	1 000	350	1 000	7-9
<i>Helianthus annuus</i>	20	1 000	200	1 000	10-20
<i>Hordeum vulgare</i>	20	1 000	120	1 000	20-30
<i>Lolium multiflorum</i>	10	60	60	60	375-500
<i>ryza sativa</i>	20	400	40	400	26-40
<i>Phaseolus vulgaris</i>	20	1 000	700	1 000	2-6
<i>Psium sativum</i>	20	1 000	900	1 000	3-6
<i>Secale cereale</i>	20	1 000	120	1 000	35-40
<i>Sorghum bicolor</i>	10	900	90	900	50-60
<i>Trifolium repens</i>	10	25	2	20	1700
<i>Triticum aestivum</i>	20	1 000	120	1 000	22-30
<i>Zea mays</i>	20	1 000	900	1 000	2-6

1*: Muestra remitida al laboratorio

2*: Muestra de trabajo para análisis de pureza.

3*: Muestra de trabajo para examen de semillas de otras especies presentes en la muestra.

7.4 Análisis de pureza

El análisis de pureza es una de las pruebas más importante que se realiza en los laboratorios de análisis de semillas, ya que permite:

- La determinación de la composición en porcentaje por peso de la muestra que se analiza y por consiguiente del lote de semillas; y
- La identidad de las distintas especies de semillas y de las partículas de materia inerte constituyentes de la muestra.

En este análisis, la muestra de trabajo se clasifica en tres componentes: semilla pura, otras semillas y materia inerte, determinándose el porcentaje de cada uno por peso.

7.4.1 Semilla pura

Son todas las semillas de la especie indicada por el expedidor (productor en general) o encontrada como predominante en el análisis, incluyendo todas las variedades botánicas y cultivares de dicha especie. Según Andre y Colvara (1998), los elementos incluidos en esta fracción comprenden:

a) Las semillas maduras y no dañadas de la especie considerada.

b) Las semillas de un tamaño inferior a la normal, arrugadas, no maduras, germinadas, siempre que puedan identificarse como pertenecientes a la especie considerada, con excepción de aquellas que hayan sido transformadas por los hongos en esclerocios, masas esporíferas de módulos o agallas de nemátodos.

c) Los fragmentos de semillas resultantes de roturas cuyo tamaño sea superior a la mitad del tamaño original; las semillas vacías o llenas desde que no presenten lesión evidente en la testa. Si la semilla tiene una abertura en la testa, el analista deberá decidir si la parte restante es superior a la mitad del tamaño original. Si esta determinación no se puede hacer con facilidad, la semilla se considerará pura:

d) Los flósculos de gramíneas y de cereales así como las espiguillas uniflorales con evidente endospermo;

e) Las cariopsis desnudas de gramíneas y de cereales desprovistas de sus glumas (palea y lemma) (Figura 49).



Figura 49. Semilla pura, semilla de otra especie o variedades y material inerte. INIAP, 2008.

7.4.2 Otras semillas

En esta clasificación se incluirán todas las semillas y pseudo-semillas de cualquier especie distinta a la de la semilla pura y con las mismas características diferenciales establecidas para ellas (Figura 48).

Además de éstas, hay otras clasificaciones que son específicas para cada género de semillas y que pueden ser encontradas en las RAS.

7.4.3 Materia inerte

En esta clasificación se incluirán:

a) Los fragmentos de semilla de la especie en examen y de semillas de otras especies de cultivo cuyo tamaño es igual o inferior a la mitad de su tamaño original.

b) Semillas de leguminosas, crucíferas y coníferas cuyos tegumentos se hayan desprendido por completo, así como las estructuras en que sea evidente que no existe una semilla verdadera.

c) Flósculos vacíos de malezas y de especies de cultivo que sólo contienen anteras u ovarios sin desarrollar.

d) Glumas vacías, lemmas, paleas, flores estériles sueltas, tierra, arena, piedras, tallos, agallas de nemátodos, esclerocios de hongos etc. o sea, todas las demás materias que no sean semillas.

7.5 Procedimiento

El análisis de pureza se efectuará sobre una muestra de trabajo obtenida de la muestra de envío y cuyo peso está de acuerdo con lo exigido para la especie Ej.: trigo 120,0 g; soya 500,0 g; maíz 900,0 g etc. Estos pesos ya están establecidos para las diferentes especies y pueden ser encontrados en las RAS.

El análisis puede efectuarse aún sobre dos submuestras de la mitad de este peso, como mínimo, tomadas independientemente.

La separación de los componentes en semillas puras, otras semillas y materia inerte se basará en un examen visual o mecánico de cada partícula de la muestra y según sus características de manera de no destruir la semilla para que no se modifique su capacidad de germinar.

7.6 Cálculo y emisión de los resultados

El porcentaje en peso de cada constituyente se calculará con una cifra decimal. Los porcentajes se basarán en la suma de los pesos de los componentes y no en el peso inicial de la muestra de trabajo; así, la suma de los pesos de los componentes deberá compararse con el peso inicial, como comprobación de una posible pérdida de material o cualquier otro error.

Cuando se efectúe un doble análisis sobre dos submuestras, la diferencia entre las dos no debe exceder la tolerancia para análisis dobles y en el caso de dos o más análisis de pureza sobre muestras completas de trabajo, los resultados equivaldrán al porcentaje media por peso.

7.7 Indicación de los resultados

Los porcentajes de semilla pura, otras semillas y materia inerte se anotarán en los espacios correspondientes del certificado de análisis. Para los componentes menores de \wedge 05% se indicarán como "Trazas" y para el resultado nulo se expresará – 0 (cero).

Se anotará el nombre latino de la especie y de las especies de otras semillas. Cuando una clase particular de materia inerte o alguna especie de otras semillas alcance o sobrepase el 1%, se indicará su porcentaje en el certificado.

7.8 Determinación del contenido de agua de las semillas

La viabilidad de las semillas y consecuentemente su mayor o menor longevidad dependen de la interacción de varios factores entre los cuales la humedad ocupa un lugar de indiscutible importancia. El contenido de agua de las semillas influye en el comportamiento de ellas cuando son sometidas a las más diferentes situaciones que acompañan todas las etapas de producción, hasta la comercialización. Por tanto, determinaciones frecuentes del contenido de agua son necesarias para establecer y adoptar procedimientos adecuados para evitar, o por lo menos, minimizar los daños que frecuentemente ocurren en las semillas.

Existen dos maneras de expresar el contenido de agua sin embargo, para semillas convencionales utilizar la base de humedad que es la razón entre el peso del agua presente en la muestra y el peso total de la muestra siendo utilizada para semillas.

Las muestras para la determinación del contenido de agua de las semillas deben estar en recipientes a prueba de vapor de agua, herméticamente cerrados y completamente llenos, de modo de evitar cambios de contenido de agua de las semillas con el del aire externo. Cuando es enviada a un LAS, esta muestra deberá ir separada de la muestra de envío para las otras determinaciones. El recipiente deberá ser abierto solamente en el momento del análisis, y la muestra debe ser homogenizada rápidamente.

7.8.1 Métodos

Los métodos son clasificados en: a) Básicos o directos; y, b) Indirectos o rápidos.

a.1) Determinación del contenido de agua por peso

a.1.1) Método de Estufa. Se utiliza estufas de laboratorio en donde se desecan las semillas (Figura 50) y el agua contenida en las semillas es calculada por la fórmula:

$$\% \text{ de Agua} = \frac{100 (P - p)}{P - t}$$

donde: P = peso bruto inicial de la muestra
p = peso bruto final de la muestra
t = tara.

Para que los resultados en los diferentes laboratorios sean uniformes y comparables entre sí, hay necesidad de establecer y adaptar un método patrón cuyas instrucciones deben de ser rigurosamente seguidas.



Figura 50. Estufa para secamiento de semillas. INIAP, 2008.

a.2) Evaluación del contenido de agua por volumen condensado.

a.2.1) Método de destilación. Estos métodos son basados en el proceso de

remoción de agua de las semillas (molidas o enteras) por el calentamiento del material inmerso en un líquido (aceite) con temperatura de ebullición superior a la del agua. El vapor de agua retirado de las semillas es condensado, recolectado y medido en un cilindro graduado. En los métodos designados como Brown Duvel o Crisptero, la muestra de 100 g con semillas enteras es calentada en aceite vegetal (soya) a una temperatura específica, en general 180°C. Las determinaciones son estandarizadas para cada especie, variando así el peso de la muestra, la temperatura y el tiempo de exposición (Andre y Colvara, 1998).

7.8.2 Procedimiento

La operación es simple: se pesan 100 g de semillas. (pueden ser 50 g para semillas mayores o con mucha paja) y se colocan en el frasco de vidrio. En seguida se adiciona el aceite en cantidad suficiente para que rebalse la muestra en cerca de 1 cm. Se cierra el frasco con una tapa de goma en la cual están conectados un tubo curvo de cobre y el termómetro.

Montado el equipo, se enciende la fuente de calentamiento bajo el soporte donde está colocado el frasco de vidrio más la semilla en el aceite. El tiempo de calentamiento debe ser tal que permita el hervor del aceite y que la temperatura, la cual difiere por especie de semilla, sea alcanzada. Alcanzada la temperatura deseada, se desconecta la fuente de calentamiento, se espera la reducción de la temperatura en 5-10°C y se hace la lectura del agua destilada en la probeta graduada, la cual corresponde directamente al porcentaje de agua de las semillas. Diferentes temperaturas son especificadas para cada tipo de semillas: 180°C para trigo y soya; 195°C para maíz y sorgo y 200°C para arroz. La duración de la prueba es aproximadamente de 15 a 20 minutos.

7.8.3 Métodos indirectos - rápidos

En muchas circunstancias se hace necesario que la determinación del contenido de agua de las semillas sea hecha en un periodo de tiempo menor del utilizado para los métodos básicos. Por esa razón fueron desarrollados métodos cuyos principios están basados en la conductividad eléctrica o en las propiedades dieléctricas de las semillas.

Estos métodos son los más empleados por los laboratorios de producción para el control interno de calidad. Sus resultados son menos precisos y los equipos empleados necesitan ser periódicamente calibrados con los métodos básicos de estufa o de destilación.

7.8.4 Método basado en la conductividad eléctrica.

Los aparatos que miden la conductividad eléctrica como el "Universal", muestran resultados más satisfactorios cuando las semillas presentan entre 7 y 23% de agua. En niveles inferiores a 7%, el agua es fuertemente retenida por los coloides de la semilla encima de 23%, la conductividad crece considerablemente provocando errores.

Por otro lado, si las semillas presentan la superficie seca e internamente más húmedas, estos aparatos registran un bajo contenido de agua y viceversa. El primer caso, por ejemplo, puede ocurrir durante el secado, cuando los determinadores eléctricos son los únicos instrumentos que pueden atender las necesidades de una rápida lectura del contenido de agua. Las semillas todavía calientes, cuando son probadas en aparato frío, presentan resultados más bajos que la realidad. El segundo caso, sucede generalmente cuando las semillas secas se toman húmedas debido al rocío, lluvia o condensación de la humedad ambiente. La lectura en el determinador indicará un contenido de agua demasiado alto. Por lo tanto, solamente cuando la humedad esté bien distribuida en las semillas, habrá una indicación satisfactoria.

7.8.5 Método basado en las propiedades dieléctricas

Ya los aparatos basados en las propiedades dieléctricas de las semillas, como el "Steinite" (diferentes modelos), el "Burrows", etc. (Figura 51), están menos sujetos al tipo de error encontrados en los de conductividad eléctrica y pueden probar con mayor precisión valores altos o bajos de humedad.



Figura 51. Determinadores de humedad de varios tipos. INIAP, 2008.

7.9 Análisis de germinación

La evaluación de la germinación proporciona informaciones sobre la calidad de un lote de semillas para fines de siembra para el comercio y para comparar el valor de diferentes lotes de semillas.

La metodología empleada por los LAS es estandarizada, donde las condiciones controladas de algunos o todos los factores externos permiten la obtención de una germinación más rápida, regular y completa dentro del menor tiempo para la mayoría de las muestras de semillas de una determinada especie. La utilización de esas condiciones estandarizadas, consideradas óptimas, permiten también la obtención y la reproducción y comparación de los resultados en los diferentes laboratorios dentro de los límites más próximos posibles, de aquellos determinados por la variación de las muestras.

De acuerdo con las reglas ISTA (ISTA, 1985), "germinación" es la emergencia y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de aquellas estructuras esenciales que para la clase de semilla que se está ensayando indican la capacidad para desarrollarse en planta normal bajo condiciones favorables en el suelo".

La germinación también puede ser considerada como prueba de laboratorio, es la emergencia y desarrollo de una plántula hasta un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es o no capaz de establecerse como una planta normal bajo condiciones favorables de campo.

7.9.1 Condiciones para la germinación

a) Humedad y aireación

b) Temperatura: mínima.- Es aquella abajo de la cual no hay germinación visible en un período de tiempo razonable; máxima, es aquella encima de la cual no ocurre la germinación y; óptima aquella en la cual ocurre el máximo.

c) Luz.- La mayoría de las especies de semillas germinan tanto en presencia de luz como en la oscuridad. Sin embargo el uso de luz, es necesaria para la germinación, por ejemplo muchas especies de gramíneas y hortalizas, principalmente de reciente cosecha. Así puede ser evitada la presencia de plántulas estioladas e hialinas que son más sensibles al ataque de microorganismos o también detectarse ciertos defectos como la deficiencia de clorofila.

7.10 Materiales y equipo

7.10.1 Substrato

Para escoger el substrato se considera el tamaño de las semillas, la exigencia en cuanto a humedad, la sensibilidad o no a la luz y la facilidad para el desarrollo de las plántulas hasta el estado apropiado para la evaluación correcta de la prueba. Los tipos de substratos más comúnmente usados son: papel (papel toalla, papel poroso y papel filtro), lino de algodón, arena y suelo (Figura 52).



Figura 52. Pruebas de germinación. INIAP, 2008.

7.10.2 Papel toalla

Empleado en forma de rollo (BP), es el más indicado para especies de semillas como soya, maíz, fréjol, arroz y avena, variando su tamaño de acuerdo con el tamaño de las semillas.

7.10.3 Papel poroso

Utilizado para especies de semillas de tamaños menores como las de forrajeras y hortalizas. La designación de TP (sobre papel) y BP (entre papel) indicada por las RAS está directamente relacionada con las especies más o menos sensibles a la luz, respectivamente.

7.10.4 Papel filtro

Es el menos utilizado en las pruebas comunes de germinación. Se emplea para semillas de forrajeras, hortalizas y algunas forestales y/u ornamentales pequeñas.

Lo importante en estos tipos de sustratos es que deben ser exentos de sustancias tóxicas solubles en agua, de hongos y bacterias que puedan interferir en la germinación, presentar poder de absorción y retención de agua adecuados e índices de pH de 6,0 a 7,5. Su estructura debe ser tal, que las raíces se desarrollen sobre y no a través de su superficie.

7.10.5 Tierra o arena

Debe ser exenta de sustancias tóxicas y de microorganismos, previamente lavada, esterilizada y cribada (pasada por cribas con orificios de 0,8 mm de diámetro y que sea retenida en otra de 0,05 mm). A pesar de ser indicada en las RAS para algunas especies, no es utilizada rutinariamente debido a las mayores dificultades para instalación de la prueba, ocupa gran espacio en el interior del germinador y presenta problemas de manutención y de limpieza del laboratorio. Es recomendada su utilización cuando hay dudas en alguna prueba, principalmente en cuanto a la toxicidad (re-análisis). Debe presentar pH 6,5 a 7,0, ser lavada y esterilizada antes de su reutilización.

7.11 Agua

El agua utilizada en la prueba de germinación debe ser libre de impurezas orgánicas e inorgánicas y presentar un pH de 6,0 a 7,5. Puede ser utilizada agua destilada o deionizada.

7.12 Origen de las semillas

Son utilizadas 400 semillas tomadas al azar de la porción de "semillas puras" del análisis de pureza física, sembradas en cuatro repeticiones de 100, ocho de 50 ó 16 de 25. El número de repeticiones depende de la especie en examen y del tamaño de las semillas versus tamaño del sustrato.

7.13 Germinadores

A pesar de que bastantes variables en cuanto al tamaño, sistema empleado para acomodación de las muestras, dispositivos adaptados para controlar la temperatura, luz, humedad relativa del aire interno y otros detalles, los germinadores más utilizados en la gran mayoría de los laboratorios son (Figura 53):

- a) Germinador de cámara
- b) Germinador de sala
- c) Germinador de cámara y sala



Figura 53. Germinador de doble cámara. INIAP, 2008.

7.14 Destilador de agua

Equipo importante dentro de un laboratorio para el humedecimiento del sustrato y preparación de soluciones.

7.15 Duración de la prueba y conteos

La duración de la prueba para cada especie corresponde a un número de días establecidos para el conteo final. Generalmente dos conteos son efectuados: El primer conteo y el conteo final (Tabla 14).

Tabla 14. Substratos, temperaturas y duración del ensayo de germinación (Tillmann y colvara, 1998).

Especie	Substrato	Temperatura	1° Conteo	Ultimo Conteo	Observación en semillas latentes
<i>Avena sativa</i>	S, BP	20	5	10	KNO ₃
<i>Glycine max</i>	BP, S	20, 30, 25	5	8	
<i>Gossypium spp</i>	BP, S	20-30, 25, 30	4	12	
<i>Hordeum vulgare</i>	S, BP	20	4	7	KNO ₃
<i>Lolium multiflorum</i>	TP	15-25, 20, 30, 20	5	14	Preenfriar
<i>Oryza sativa</i>	BP, TP	20-30, 30, 25	5	14	40° C por 7 días
<i>Phaseolus vulgaris</i>	S, BP	25-30, 25, 20	5	8	
<i>Pisum sativum</i>	S, BP	20	5	8	
<i>Sorghum bicolor</i>	BP	20-30, 20, 35	4	10	Preenfriar
<i>Trifolium repens</i>	BP, TP	20	3	10	Preenfriar
<i>Triticum aestivum</i>	S, BP	20	4	8	Presecar
<i>Zea mays</i>	BP, S	20-30, 25	4	7	

TP = sobre papel

BP = Entre papel

S = Arena

Preenfriar - Contacto sustrato humedo de 5 a 10°C por siete días

Presecar - Calentar las semillas a 40°C por siete días

KNO₃ - Humedecer el sustrato con una solución de 0,2%

7.16 Interpretación de la prueba

La interpretación de la prueba de germinación consiste en hacer la separación en: plántulas normales capaces de producir plantas normales en condiciones favorables; plántulas anormales incapaces de generar plantas de valor comercial en campo; semillas latentes y semillas muertas.

a) Plántulas normales.- Son aquellas que presentan todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, proporcionadas y sanas. Son también consideradas como normales las plántulas que presentan algunas deficiencias como: ausencias de raíz primaria más con raíces secundarias o adventicias vigorosas y en número suficiente; lesión superficial (no alcanzando los vasos conductores) en el hipocotilo, epicotilo o cotiledones; ausencia de un cotiledón desde que el restante esté sano y haya una yema normal; plúmula con compartimiento mayor de la mitad del coleóptilo, insertada en este, desde que el mismo se presenta intacto para las gramíneas; plántulas atacadas por hongos o bacterias, aunque seriamente atacadas, si es evidente que la propia semilla no es la causa de infección (infección secundaria) y las mismas presentan todas las estructuras esenciales presentes y normales.

b) Plántulas anormales.- Deben ser así consideradas las plántulas que presenten daños como: ausencia de cotiledones, lesiones profundas afectando los tejidos conductores, ausencia de raíz primaria (cuando esta estructura es esencial) o sin raíz primaria y con raíces secundarias o adventicias muy débiles; deformadas en consecuencia de un desarrollo general débil y desequilibrado de las estructuras esenciales tales como plúmula, hipocotilo y epicotilo torcido en espiral o atrofiados, hipocotilo y/o coleóptilo corto y engrosado, plúmulas heridas o poco desarrolladas (menos de la mitad del tamaño del coleóptilo), coleóptilo vacío; plántulas hialinas o vitreas; plántulas deterioradas con una o todas las estructuras esenciales infectadas o podridas por causas internas (infecciones primarias)

c) Semillas no germinadas.- Que pueden ser: semillas latentes. Las semillas de muchas, leguminosas, malváceas, gramíneas forrajeras, de algunos cereales y crucíferas y de muchas especies forestales y frutales, a pesar de que son vivas, no germinan cuando son sometidas a condiciones consideradas óptimas para su germinación. Apenas absorben agua y se hinchan, presentan un aspecto sano y no se pudren.

7.17 Prueba del tetrazollo

A pesar de que la prueba de germinación es rutinariamente utilizada para determinar la calidad fisiológica de las semillas para fines de identificación y comercialización de lotes, presenta limitaciones como: requiere periodos de tiempo relativamente largos, dependiendo de la especie, impidiendo así una mayor eficiencia en las operaciones de cosecha, beneficio, almacenamiento y comercialización; son conducidas bajo condiciones controladas (temperatura, humedad y sustrato) por lo tanto, sus resultados manifiestan la capacidad máxima de germinación de un lote de semillas, lo que no representa muchas veces su desempeño en campo; no permite de forma precisa la identificación de factores que puedan afectar la calidad de las semillas, siendo sus resultados muchas veces enmascarados por la presencia de hongos (*Phomopsis* para soya y fréjol y *Fusarium* más generalizado entre las diferentes especies).

Considerando que la toma de decisiones durante el manejo y comercialización de las semillas debe ser basada en diagnósticos de calidad lo más completos posible; y que las informaciones referentes a la viabilidad del lote son indispensables, el desarrollo de métodos seguros y rápidos para determinar el por ciento de germinación de un lote de semillas en un periodo de tiempo relativamente corto asume gran importancia en los programas de producción de semillas.

Con base en este principio, fue desarrollada la prueba del Tetrazolio, la misma que es considerada como una alternativa promisoriosa debido a su rapidez y eficiencia en determinar la viabilidad, vigor, deterioración por humedad, daños mecánicos y daños por insectos de un lote de semillas, además del enjuiciamiento individual de la semilla en casos de presencia de latencia durante la prueba de germinación. Conocida desde la década de los 40, su metodología ya que está estandarizada para muchas especies de semillas, la cual puede ser encontrada en las RAS internacionales. Para soya, su aplicación ha sido más amplia, debido a un intenso trabajo de entrenamiento y a la publicación de un manual de evaluación de la prueba específico para esta especie.

Es una prueba bioquímica que estima la viabilidad de las semillas con base en la alteración de la coloración de los tejidos vivos del embrión por la reducción de un indicador en el interior de los mismos. (Andre, 1998). Esta alteración de coloración refleja la actividad de sistemas enzimáticos específicos, en el caso, de las enzimas deshidrogenadas desarrolladas en el proceso normal de respiración de las semillas y que catalizan la reacción de reducción del sal de Tetrazolio en las células vivas.

Cuando la semilla es inmersa en la solución de Tetrazolio, la cual es difusible, incolora e inolora, ésta se difunde a través de los tejidos, originándose en las células vivas la reacción de reducción que resulta en la formación de un compuesto rojo, no difusible, conocido como Formazán. Esta reacción se procesa en el interior de las células y es donde el color se desarrolla, apareciendo una nítida separación entre el tejido vivo que respira del tejido muerto que no respira y que mantiene su color natural (Figura 54). Esta reacción puede ser esquematizada de la siguiente manera:



Figura 54. Pruebas de Tetrazolio en semillas de chocho (*Lupinus mutabilis*). INIAP, 2008.

7.17.1 Material y equipamientos

Para la realización de la prueba son necesarios:

- a) El reactivo Sal de Tetrazolio. El más empleado es el 2, 3, 5 Trifenil Cloreto de Tetrazolio.
- b) Cristalería tales como cajas de petri, vasos de becker, frascos de vidrio de color ámbar pardo obscuro para almacenar la solución.
- c) Láminas o bisturí. Para cortes y/o estiletes para perforar las semillas para exponer el embrión a la acción del TZ

- d) Estufa o germinador con control de temperatura entre 30° - 40°C para el desarrollo más rápido de la coloración.
- e) Lupas o microscopio con aumento de 5 a 10 veces y con iluminación fluorescente, principalmente si se trata de semillas pequeñas.
- f) Refrigerador para almacenar las semillas después de la coloración y antes de la evaluación.
- g) Sustrato de papel para el pre-acondicionamiento de las semillas.

7.18 Vigor

La evaluación de la calidad fisiológica de las semillas para propósitos de siembra y comercialización de lotes ha sido fundamentalmente basada en la prueba de germinación la cual es de gran utilidad práctica para este fin. Su metodología estandarizada y sus resultados son fácilmente reproducidos dentro y entre laboratorios. Sin embargo, por ser realizado en condiciones ideales y controladas, raramente encontradas en el campo adonde, pueden variar de subóptimas hasta altamente adversas, viene sufriendo severas críticas en relación a su capacidad de detectar el nivel de deterioración de las semillas. Es frecuentemente observada una emergencia reducida de plántulas en el campo en lotes de semillas que habían presentado germinación elevada en el laboratorio. Es común, también, que ocurra el descarte de lotes de semillas debido al bajo potencial de almacenamiento aún cuando hayan presentado una germinación inicial elevada.

En vista de esto, algunos investigadores, tecnólogos, productores de semillas y agricultores no se han mostrado satisfechos con las informaciones proporcionadas por la prueba de germinación. Otros parámetros que mostraron ser capaces de ejercer influencia sobre todo el ciclo de la planta vienen siendo cada vez más estudiados.

Es de consenso general que la suma de estos parámetros o características más sutiles que pueden permitir una emergencia, crecimiento y maduración más uniforme de las plantas, lo que es indispensable para la mecanización de la cosecha y de los trabajos culturales utilizados en la agricultura moderna, ha sido definida como "vigor de la semilla".

Varias definiciones sobre vigor han sido propuestas, a pesar de que universalmente no han sido aceptadas.

Se puede definir al vigor como "la suma total de los atributos de las semillas que favorecen el establecimiento de una población inicial bajo condiciones de campo desfavorables". Sin embargo, se ha considerado esta definición muy estricta en el sentido de "ignorar el establecimiento de las plantas bajo condiciones de campo favorables". (Deloucheet *et al.*, 1979) complementó esta definición indicando ser "la suma de todos los atributos de la semilla que favorecen el establecimiento rápido y uniforme de una población inicial hasta el campo."

En verdad el término vigor, por mucho tiempo, pasó a ser erróneamente el responsable por la resolución precipitada de muchas preocupaciones que alcanzaron los tecnólogos y productores de semillas.

El "bajo vigor" o el "alto vigor" de los lotes de semillas mostró ser la respuesta inmediata para justificar los éxitos o fracasos observados tanto en el almacenamiento como en el establecimiento de las plántulas en campo, e innumerables métodos fueron desarrollados para su evaluación. Muchos de ellos, procuraron imitar situaciones desfavorables a las semillas en condiciones de campo y otros, a pesar de que son relacionados a los atributos de la semilla, posiblemente son relacionados también a su comportamiento fisiológico.

Esta situación perduró por algún tiempo, hasta que, los investigadores se concientizaron que el vigor no podría satisfacer a todas las indagaciones ni profetizar el porcentaje de emergencia de las plantas en un campo o predecir el periodo durante el cual diferentes lotes podrían mantener su calidad durante el almacenamiento.

Se reconoce actualmente, que el vigor es un conjunto de características que determinan el potencial fisiológico de las semillas, el cual es influenciado por las condiciones de ambiente y manejo durante las etapas de pre y post cosecha. De este modo, un lote constituido por semillas vigorosas podrá presentar emergencia deficiente bajo condiciones adversas, de la misma forma que un lote de menor calidad podrá originar un buen desempeño bajo condiciones favorables. Sin embargo, es indiscutible que el primero deberá presentar un potencial fisiológico superior y mayor probabilidad de éxito bajo una amplia diversidad de condiciones ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRE, M. y COLVARA, V. 1998. Análisis de Sementes. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, Universidade Federal de Pelotas, Brasília D.F. Brasil 85 p.
- DELOUCHE, J.; WAYNE, S.; RASPET, M. y YLIENHARD, M. 1979. Prueba de viabilidad de semillas con de tetrazol. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional. 65 p.
- ISTA. 1985. International Seed Testing Association International Rules for Testing Seed. Seed Sci. and Technology. 13(2).
- MELLO, V. D. C. y TILMANN, M. A. 2000. Curso Ciencia e Tecnologia de Sementes, Módulo 4-Análisis de Sementes. ABEAS. 81 p.
- TILMANN, M y COLVARA, V. 1998. Análisis de sementes. Módulo 5. Curso en Ciencia y Tecnología de Sementes. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Universidade Federal de Pelotas. 85 pp.

8. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Accesión o entrada. Muestra de una variedad, línea o población en cualquiera de sus formas reproductivas (semilla, cormo, tubérculo, esqueje, etc) que ingresa a un centro de recursos genéticos para su conservación o uso.

Agrobiodiversidad. Subconjunto de la biodiversidad que incluyen especies cultivadas y sus parientes silvestres.

Banco Activo. Grupo de accesiones que mantienen su variabilidad a mediano plazo (aproximadamente cinco años) por almacenamiento a temperaturas de 0°C hasta 15°C, con 3 a 7 % de humedad interna.

Banco Base. Grupo de accesiones almacenadas a largo plazo desde 0°C a -20°C, con un bajo contenido de humedad y no usado para distribución.

Base de datos. Colección de información sobre accesiones que incluye descriptores y los estados de descriptores asociados.

Biodiversidad. Diversidad de formas de vida que existen sobre el planeta, ej. plantas, animales, microorganismos.

Conservación *ex situ*. Método de conservación fuera del lugar donde un material ha desarrollado sus características particulares.

Conservación *in situ*. Método de conservación en el lugar donde un material ha desarrollado sus características particulares, sean reservas naturales o campo de agricultores.

Descriptor. Rasgo o característica identificable y medible de una accesión; atributo referente a la forma, estructura o comportamiento de un individuo.

Documentación. Cualquier manera de almacenar y conservar datos.

Erosión genética. Pérdida gradual de la diversidad genética entre o dentro de poblaciones de plantas o animales.

Germinación. Proceso biológico que lleva al desarrollo de una plántula a partir de una semilla.

Germoplasma. Material base de la herencia transmitido de generación en generación; material genético total en una planta o animal.

Multiplicación de germoplasma. Se maximiza la cantidad de semilla o sea el número de la muestra.

Regeneración de germoplasma. El objetivo es producir semilla nueva de una accesión, sin cambiar su frecuencia génica.

Recursos fitogenéticos. Material genético de plantas que tiene valor como recurso para las generaciones presentes y futuras.

Semillas de comportamiento intermedio. Antes consideradas como ortodoxas pero según, Hong *et al.*, 1996, estas mantienen la viabilidad por más tiempo en condiciones de 10°C y 12 % HR. Ejemplo: *Carica* sp. y *Coffea* sp.

Semillas ortodoxas. Aquellas que se puede bajar la humedad interna a niveles entre 3 y 7% y almacenar a temperatura entre -15°C y -20°C sin que pierdan viabilidad a corto plazo (IPGRI, 1998b). Se encuentran la mayoría de especies agrícolas.

Semillas recalcitrantes. Aquellas que no pueden ser conservadas con bajos contenidos de humedad ni bajas temperaturas sin que las semillas pierdan viabilidad rápidamente. Aquí se encuentran especies generalmente tropicales.

Viabilidad de la semilla. Potencial de una semilla para germinar en condiciones favorables, suponiendo que los factores causantes de la latencia se han eliminado.

José Velásquez Carrera:

Líder del Departamento de Producción de Semillas (DPS) de la Estación Experimental Santa Catalina. Su carrera la inició en el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos en 1990 y pasó a ser técnico del DPS desde 1995. Ingeniero agrónomo de profesión con una maestría en Tecnología de Semillas de la Facultad de Agronomía Eliseu Marcial de la Universidad Federal de Pelotas (RS-Brasil). Catedrático de la Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Actualmente desarrolla proyectos productivos relacionados con semillas.

Alvaro Monteros Altamirano:

Investigador agropecuario del Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias. De profesión Ingeniero agrónomo, inició su carrera profesional en el INIAP en 1996 y desde entonces ha trabajado en el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos sede Estación Experimental Santa Catalina. En este Departamento ha ejecutado actividades relacionadas con la conservación *ex situ* de la agrobiodiversidad del país (colecta, conservación de semillas a largo plazo, caracterización y evaluación de germoplasma y documentación). Tiene una maestría en Biología de Semillas de Oregon State University (USA) y actualmente se encuentra cursando sus estudios de doctorado en Wageningen University (Países Bajos) en donde investiga la diversidad genética de papas nativas en tres microcentros de diversidad del Ecuador.

César Tapia Bastidas:

Líder del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP. Magister Science en el área de Manejo y Conservación de los Recursos Fitogenéticos en el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. Experiencia de 20 años en conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad y sus parientes silvestres y políticas en biodiversidad. Punto Focal de la Comisión de Recursos Genéticos de la FAO, del tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura y de la Red Andina de Recursos Fitogenéticos.



La producción de semillas dentro de un sistema formal está conformada por una cadena de actividades estrechamente ligadas unas con otras. el éxito dependerá de las técnicas utilizadas tales como: calidad inicial y categoría de la semilla, selección del área de siembra, aislamiento, fertilización, así como una perfecta planificación con la fiscalización de los lotes para su comercio.

El éxito de una industria de semillas depende en gran medida de la investigación para la obtención de variedades mejoradas, las mismas que se obtienen de los genes almacenados en los bancos de germoplasma.

Finalmente, ningún agricultor justificará a una empresa que comercialice semillas de mala calidad, por lo que el control de producción interno, garantizará la calidad de las semillas que están siendo producidas.



ISBN 978-9978-92-658-1



9 789978 926581



Gobierno Nacional de la República del Ecuador



Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca