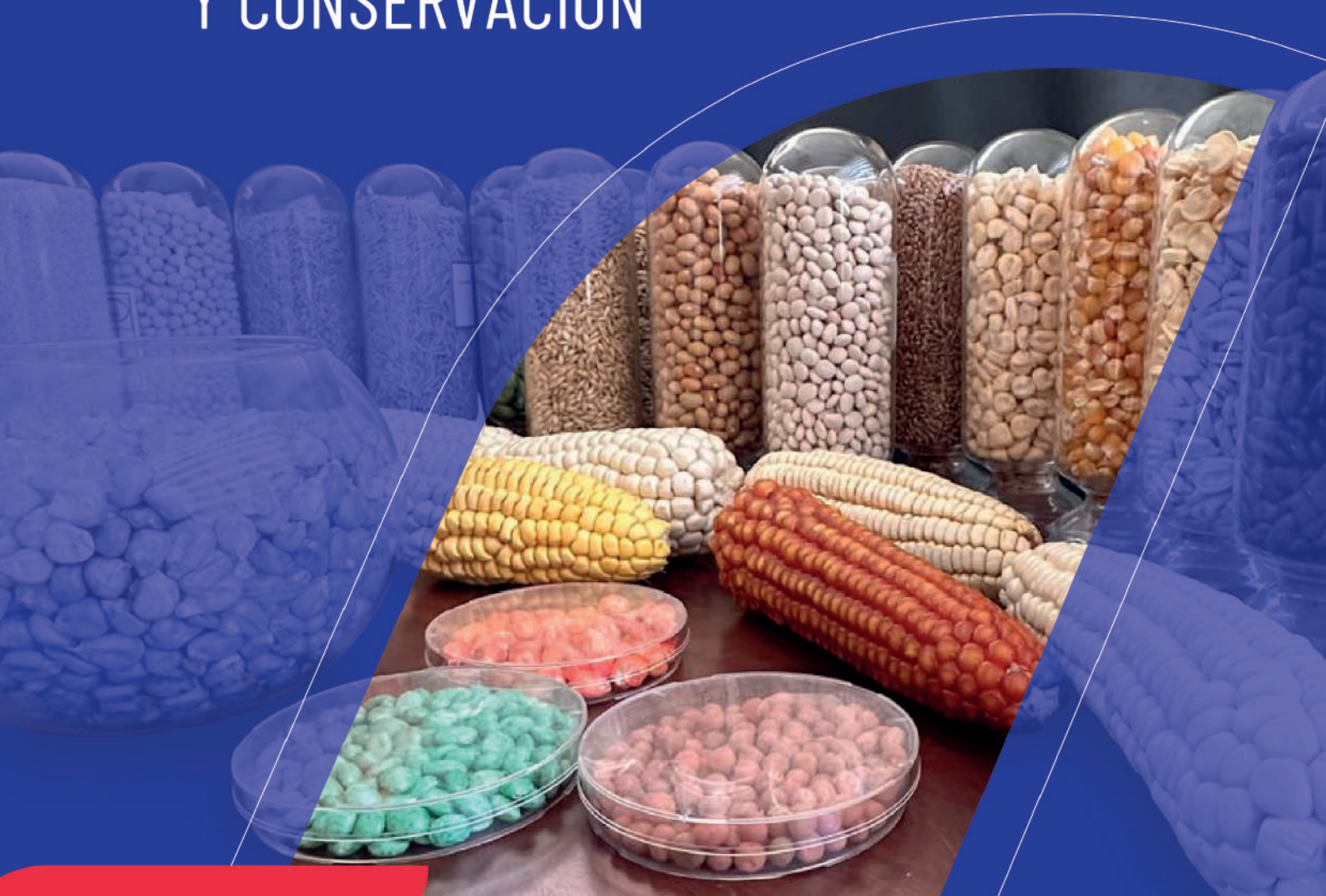




Publicación Miscelánea Nro. 468

SEMILLAS

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN



Publicación Miscelánea Nro. 468

SEMILLAS

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN
Y CONSERVACIÓN

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Daniel Noboa Azín

MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA

Danilo Palacios

DIRECTOR EJECUTIVO DEL INIAP

Raúl Jaramillo

DIRECTOR ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

Jorge Rivadeneira

AUTORES

José Velásquez Carrera

Andrés Araujo Jaramillo

Edwin Cruz Logacho

Alvaro Monteros Altamirano

César Tapia Bastidas

CITA DE ESTA PUBLICACIÓN

Velásquez, J., Araujo, M., Cruz, E., Monteros, A. y Tapia, C. 2025. Semillas; tecnología de producción y conservación (2da ed.).

INIAP. Quito-Ecuador. 176 p.

COMITÉ DE PUBLICACIONES EESC

Sandra Garcés Carrera

Javier Garófalo

Diego Peñaherrera

REVISORES INTERNOS

José Luis Zambrano (Programa de Maíz-INIAP)

Jaime Sánchez (UDT-INIAP)

Doris Tixe (DPS-INIAP)

REVISORES EXTERNOS

Mario Caviedes (USFQ-Ecuador)

Jorge Dobronski (UTA-Ecuador)

Segunda Edición, 2025

© Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

Panamericana Sur Km 1, Cantón Mejía,

Provincia de Pichincha. Casilla: 17-01-340

Teléfono: (593) (02) 3076002

www.iniap.gob.ec

La presente publicación ha sido impresa con el apoyo financiero del FIASA (Fondo de Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable). Su contenido es responsabilidad exclusiva de INIAP

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los editores y se cite correctamente la fuente.

ISBN: 978-9942-22-623-5

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP). Al equipo técnico, que conforman los Programas y Departamentos de la Estación Experimental Santa Catalina. Un reconocimiento especial al Dr. Silmar Peske y a todos los profesores de la Unidad de Semillas de la Facultad de Agronomía Eliceu Maciel de la UFPEL-Brasil; al Agrónomo Néstor Arregui Pozo por su honestidad y perseverancia durante más de 30 años en la producción de semillas de calidad.

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA
PROHIBIDA SU VENTA**



ÍNDICE

CAPÍTULO 1

Fisiología de semillas, formación y desarrollo .. 13

1.1 La Flor	13
1.2 El óvulo	14
1.3 Macrosporogénesis y macrogametogénesis	15
1.4 Microsporogénesis y microgametogénesis	16
1.5 Grano de polen.....	16
1.6 Doble fecundación o singamia	17
1.7 Embriogénesis	18
1.8 Formación y desarrollo de la semilla	19
1.9 Composición química de la semilla	19
1.10 Desarrollo y maduración de la semilla	20
1.11 Contenido de humedad.....	22
1.12 Peso de la semilla	23
1.13 Tamaño de la semilla	23
1.14 Germinación.....	23
1.15 Poder de germinación	24
1.16 Vigor y fortaleza de emergencia	24
1.17 Factores que afectan la germinación	24
1.18 Tipos de germinación	26

CAPÍTULO 2

Producción y multiplicación de semillas29

2.1 Características y atributos de calidad de semillas.....	29
2.1.1 Atributos de calidad genética.....	29
2.1.2 Atributo de calidad física.....	30
2.1.3 Atributos de calidad fisiológica	31
2.1.4 Atributos de calidad sanitaria	32
2.2 Técnicas de producción de semillas.....	32
2.2.1 Selección de semilla y variedad inicial	32
2.2.2 Selección del campo de multiplicación	33
2.2.3 Cultivo anterior	33
2.2.4 Malezas y especies silvestres	33
2.2.5 Insectos.....	33
2.2.6 Siembra y establecimiento	34
2.2.7 Separación y aislamiento de campos de multiplicación de semillas.....	35
2.2.8 Abonadura y fertilización	38
2.2.9 Riego.....	39
2.2.10 Purificación de lotes o "roguing"	39
2.2.11 Cosecha	41
2.3 Daños mecánicos	42
2.4 Pérdidas de semillas	43
2.5 Mezclas varietales	46
2.6 Inspección de campos para producción de semillas	48
2.6.1 Período de inspección.....	48
2.6.2 Tipos de contaminantes.....	49
2.6.3 Enfermedades	50
2.6.4 Cómo efectuar una inspección	50
2.6.5 Cómo recorrer un campo de multiplicación de semillas	51
2.7 Certificación de semillas	52
2.8 Componentes de un sistema formal de producción de semillas	53
2.9 Control de generaciones	55

2.10 Normas de certificación	55
2.11 Control externo de calidad y fiscalización	55
2.12 Proceso de certificación para el cultivo de papa	56
2.12.1 Primera inspección: campo de multiplicación previo a la siembra	57
2.12.2 Segunda inspección: período de floración	58
2.12.3 Tercera inspección: madurez fisiológica	58
2.12.4 Cuarta inspección: almacenamiento	58

CAPÍTULO 3

Acondicionamiento y beneficio de semillas..... 61

3.1 Importancia y principios	62
3.2 Registro y recepción del lote	62
3.3 Actividades y etapas del beneficio de semillas	63
3.3.1 Pre-limpieza	63
3.3.2 Operaciones especiales	64
3.4 Limpieza y clasificación de semillas	67
3.4.1 Separación por ancho y espesor	67
3.4.2 Separación por peso específico o densidad	73
3.4.3 Separación por largo	75
3.4.4 Separación por textura superficial	76
3.4.5 Separación por forma	77
3.4.6 Separación por color	78
3.4.7 Separación por afinidad por líquidos	79
3.5 Tratamiento de semillas	80
3.6 Transporte de la semilla en la UBS	81
3.7 Planificación y proyección de una UBS	82

CAPÍTULO 4

Secamiento de semillas..... 84

4.1 Humedad de la semilla	85
4.1.1 Equilibrio higroscópico (EH)	85
4.1.2 Propiedades físicas del aire	86
4.2 Métodos de secado	87
4.2.1 Secado natural	87
4.2.2 Secado artificial	88
4.2.3 Temperatura del aire de secado	91
4.2.4 Daños mecánicos	91
4.2.5 Capacidad de secado	92
4.2.6 Silos secadores de fondo falso perforado	92
4.2.7 Silos secadores de tubo central perforado	93
4.2.8 Secador de sacos o cajas	94
4.2.9 Silos secadores de maíz en mazorca	94
4.3 Secamiento continuo	95
4.4 Secador intermitente	96
4.5 Ventilador	98
4.6 Presión estática	99
4.7 Volumen de aire	100
4.8 Consumo de energía	100
4.9 Aireación	102
4.9.1 Migración de humedad	102
4.10 Demora en el secado	103
4.11 Temperatura de secado	103
4.12 Velocidad de secado	103
4.13 Velocidad del aire	103
4.14 Descuento por humedad	104



CAPÍTULO 5

Almacenamiento de semillas 106

5.1 Longevidad de las semillas	106
5.1.1 Semillas de vida larga y de vida corta.....	106
5.1.2 Potencial de almacenamiento.....	107
5.1.3 Semillas ortodoxas, intermedias y recalcitrantes.....	109
5.2 Deterioro de semillas	110
5.2.1 Teorías sobre el deterioro de las semillas	110
5.2.2 Causas del deterioro de las semillas	112
5.3 Factores que afectan la calidad de las semillas durante su almacenamiento	114
5.3.1 Factores genéticos.....	114
5.3.2 Estructura de la semilla	115
5.4 Factores que determinan la calidad de la semilla antes y después de la cosecha	116
5.4.1 Contenido de agua de las semillas.....	116
5.4.2 Humedad y temperatura ambientales.....	117
5.5 Daños causados a la semilla después de la cosecha.....	119
5.5.1 Edad fisiológica de las semillas	119
5.6 Tipos de almacenamiento de semillas	120
5.6.1 Almacenamiento a granel	120
5.6.2 Aireación de semillas.....	122
5.6.3 Almacenamiento en sacos	122
5.6.4 Tipos de envases	122
5.6.5 Arrume de semillas.....	123
5.6.6 Almacenamiento bajo condiciones de ambiente controlado.....	124
5.7 Plagas de semillas almacenadas	125
5.7.1 Insectos y ácaros.....	125
5.7.2 Hongos.....	129
5.7.3 Enfermedades.....	130
5.7.4 Bacterias	131
5.7.5 Nematodos	133
5.7.6 Roedores y pájaros.....	134
5.8 Almacenamiento a corto plazo	135
5.9 Almacenamiento a mediano plazo.....	135
5.10 Almacenamiento a largo plazo	135

CAPÍTULO 6

El banco de germoplasma del INIAP 138

6.1 Conservación de semillas ortodoxas	139
6.2 Proceso de conservación de semillas ortodoxas	140
6.3 Recepción de semillas.....	141
6.4 Selección de semillas.....	141
6.5 Secado y contenido de humedad	141
6.7 Pruebas de germinación inicial	142
6.8 Protocolos de germinación.....	142
6.9 Pruebas de viabilidad	142
6.10 Empaque.....	143
6.11 Conservación en cámaras frías.....	143
6.12 Monitoreo de viabilidad.....	145
6.13 Regeneración/multiplicación.....	145
6.14 Caracterización morfológica de semillas	146
6.15 Documentación	146
6.16 Duplicados de seguridad	147

CAPÍTULO 7

Análisis de semillas..... 149

7.1. Muestreo.....	151
7.1.1 Lote	151
7.1.2 Muestra primaria.....	151
7.1.3 Muestra compuesta o global	151
7.1.4 Muestra de envío	151
7.1.5 Muestra de trabajo	152
7.1.6 Tamaño de lote	152
7.1.7 Uniformidad del lote	152
7.1.8 Intensidad del muestreo	153
7.1.9 Envases.....	153
7.2 Análisis de pureza	154
7.2.1 Semilla pura	155
7.2.2 Otras semillas	156
7.2.3 Materia inerte	156
7.3 Humedad - Determinación del contenido de agua de las semillas	157
7.3.1 Métodos.....	157
7.3.2 Método de estufa	157
7.3.3 Evaluación del contenido de agua por volumen condensado	158
7.3.4 Métodos indirectos - rápidos	159
7.3.5 Método basado en la conductividad eléctrica.....	159
7.3.6 Método basado en las propiedades dieléctricas	159
7.4 Análisis de germinación.....	160
7.4.1 Sustrato	161
7.4.2 Agua	162
7.4.3 Origen de las semillas.....	162
7.4.4 Germinadores	162
7.4.5 Interpretación de la prueba	164
7.5 Análisis de Vigor.....	165
7.5.1 Prueba del tetrazólio	165

GLOSARIO DE TÉRMINOS 168

BIBLIOGRAFÍA 170



PRESENTACIÓN

La tecnología de semillas se define como, el conjunto de métodos mediante los cuales se mejora la calidad de las semillas. Para influir en el avance de la agricultura moderna, es imperiosa la necesidad de utilizar semilla de la más alta calidad asociada con prácticas culturales como: control de malezas, aplicación de fertilizantes, riego, sistemas de siembra, control de plagas y enfermedades. Esta “tecnología” tendrá un gran impacto en la productividad.

En los últimos años, la agricultura de nuestro país ha dado avances tecnológicos importantes, como la generación de nuevas variedades y técnicas de mejoramiento genético, la adopción de híbridos, el uso de maquinarias de última tecnología, semillas con recubrimiento y peletizadas; sumada a la publicación de la nueva Ley de Semillas del Ecuador LOSFAS, que han dado lugar a la actualización de la literatura existente.

Esta nueva edición, compila experiencias de los técnicos de la Estación Experimental Santa Catalina, tomando como referencias trabajos elaborados en la Facultad de Agronomía Eliceu Maciel de la Universidad Federal de Pelotas-Brasil. El objetivo de esta publicación servirá de apoyo y referencia a profesionales, inspectores de semillas, estudiantes, agricultores e industria semillera, que día a día trabajan con aspectos que involucran la multiplicación, producción, comercialización, tecnología poscosecha, control de calidad y temas relacionados con la Ley de Semillas y su marco legal.

Las semillas de alta calidad, son el vehículo para entregar a los agricultores los avances científicos y tecnológicos necesarios para obtener el máximo rendimiento de los cultivos. En un momento en que se habla de medio ambiente, sostenibilidad, sustentabilidad y resiliencia de la agricultura, la importancia social, ambiental y económica de las semillas fue abordada de una forma muy clara, precisa y sencilla en cada capítulo de esta nueva edición.

Por lo expuesto anteriormente, el INIAP pone a disposición la presente publicación, como un aporte a la tecnología de producción y conservación de las semillas.

LOS AUTORES



INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna ha evolucionado en los últimos años, pero se desconoce exactamente cuando la agricultura tuvo su inicio. Evidencias antiguas nos hacen presumir que nuestros antepasados practicaban una agricultura incipiente desde hace al menos 10 000 años (Castillo et al., 1991). La agricultura representa uno de los logros más importantes del ingenio del hombre, y de igual forma se puede decir que las especies vegetales cultivadas han originado al hombre contemporáneo. Aproximadamente el 90 % de las calorías y el 80 % de las proteínas de nuestra dieta son de origen vegetal. Además, los alimentos de origen animal, también dependen y derivan de los vegetales (Mamani & Filippone, 2018).

Para determinar el origen de la agricultura, es necesario basarse en datos arqueológicos y el comportamiento de las civilizaciones al domesticar muchas de las plantas que actualmente se cultivan. Con el transcurso del tiempo, la vida de los cazadores, recolectores y pescadores, se iba tornando más calmada, haciéndolos menos nómadas y más sedentarios. Esta permanencia in situ promovía una mayor dedicación en la explotación de especies y plantas (Castillo et al., 1991).

Hace más de 10 000 años, el hombre fue identificando que las semillas sembradas en el campo daban origen a una planta que multiplicaría decenas de veces la semilla original. Conscientes de este hecho, las semillas pasaron a ser de gran importancia en la vida y prosperidad de los pueblos, generando más interés (mentalidad de negocio) en los agricultores para su producción y comercialización (Carvalho & Nakagawa, 1983). Este tipo de actividad siguió una trayectoria irregular, alternando fases de rápidos avances y recesos acordes con el progreso de la humanidad. Referencias históricas manifiestan que, con el inicio de la revolución industrial, la producción de semillas presentó un gran progreso a medida que crecía la población y se expandían las ciudades, a su vez, era necesaria una mayor producción de alimentos y materia prima para la industrialización, siendo la semilla el insumo agrícola fundamental para esos cambios.

El interés de producir más semilla a un precio cada vez mejor, fue objeto de fraudes, pero a partir de los primeros años del siglo XIX, se toman 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 para 1905 en Estados Unidos ya se encontraban funcionando 130 laboratorios. 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 & Nakagawa, 1983).

El incremento de la productividad de los cultivos y hasta la viabilidad económica de una actividad agrícola, depende directamente de la calidad de la semilla como insumo fundamental. Una semilla de calidad, garantiza los mejores resultados puesto que en

ella se involucran atributos de mucha importancia. Con seguridad la calidad de una semilla no puede ser solamente definida por su poder germinativo, existen otros factores tan importantes como, el vigor, pureza genética y pureza física, los cuales, deben ser controlados, mejorados y mantenidos desde la formación y desarrollo de la semilla, tal como se describe en el primer capítulo.

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 segundo capítulo, 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, después de ser cosechadas aún contienen materiales que deben ser removidos de los lotes de semillas, como restos de la cosecha anterior o basura en general. Así, en el tercer capítulo, se describen técnicas de pre-limpieza, limpieza, homogenización y tratamiento de semillas, como parte fundamental en la obtención de semillas de calidad.

En el cuarto capítulo, se enfatizan los diferentes métodos y sistemas de secamiento para mantener la calidad fisiológica de las semillas, que depende en gran medida del grado o porcentaje de humedad interna de las mismas.

En el quinto capítulo, se describe al almacenamiento como parte primordial para mantener la calidad de la semilla, organismo vivo, que debe ser perfectamente cuidado, desde su cosecha hasta la siembra, en el siguiente ciclo agrícola.

En el sexto capítulo, se enfatiza la importancia que tiene el Banco de Germoplasma del INIAP en temas de investigación y conservación de variedades mejoradas y materiales que sirven como fuente de riqueza de la biodiversidad genética del país.

Finalmente, en el séptimo capítulo, se tratan aspectos importantes en el control interno de calidad de semillas, siguiendo estándares de calidad óptimos según la Ley de Semillas; este es un proceso sistemático, que empieza desde la producción hasta la distribución y comercialización.

El INIAP, comprometido en producir semilla de alta calidad para los agricultores, técnicos, industria y público en general; pone a disposición, el presente documento de tecnologías de producción y conservación de semillas, como una herramienta práctica en el manejo de semillas.



CAPÍTULO 1

Fisiología de semillas, formación y desarrollo

La base de la vida e inicio de una nueva generación o de nuevas plantas está representada 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 (Sanchez, 1991). Una vez completada la fase vegetativa de una planta, cuyo período en días puede variar en una misma variedad, se inicia la fase reproductiva, la misma que, es prácticamente constante para cada variedad, determinando la perpetuidad de la especie.

1.1 La flor

La flor es una yema con crecimiento limitado, generalmente originada 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 (Filhio, 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).

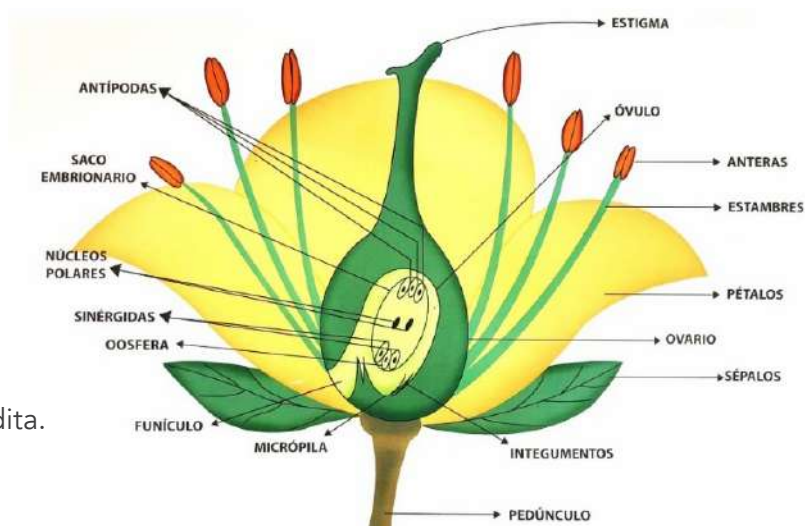


Figura 1.
Diagrama de una
flor completa hermafrodita.
INIAP-EESC, 2025.

Muchas especies de plantas donde se destaca el maíz, tienen flores unisexuales, en las cuáles, los órganos masculinos y femeninos pueden encontrarse en la misma planta denominadas plantas monoicas, (Figura 2) 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, puesto que, posibilita la conversión de flores unisexuales en hermafroditas y viceversa; útil en la práctica para la obtención de híbridos.

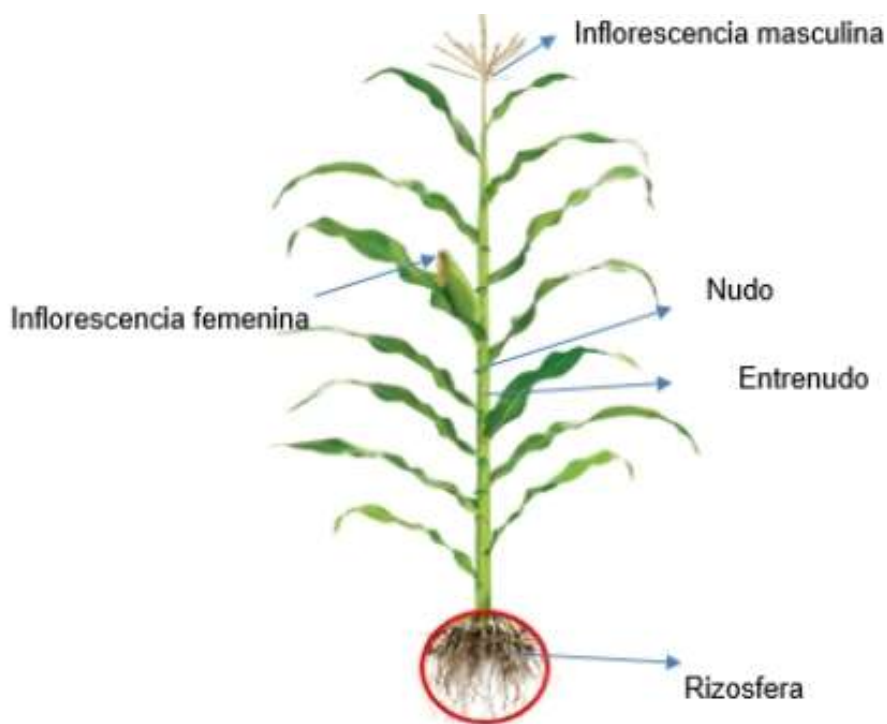


Figura 2. Diagrama de una planta monoica con flores unisexuales masculinas (panoja) y femeninas (espiga o mazorca) Adaptado de (Velásquez et al., 2024).

1.2 El óvulo

El óvulo llamado también megasporangio es el precursor de la semilla (Figura 3). Un óvulo normal está constituido de las siguientes partes: funículo, pedúnculo, integumentos, micrópilo, núcula 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 núcula envolviéndola casi completamente, quedando una pequeña abertura llamada micrópilo que es el punto donde los integumentos se encuentran (Carvalho & Nakagawa, 1983).

La núcula 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).



Figura 3. Inflorescencia femenina de maíz INIAP-101. A: estilos, B: óvulos o megasporangios. INIAP-EESC 2025.

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 (Raven & Evert, 2001).

Después de divisiones meióticas, se forma una tétrada lineal de mega esporas (macrosporogénesis). Las tres células de la parte micropilar no son funcionales y se degeneran. La mega espora 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 al micrópilo, denominándose antípodas. Otros tres núcleos también se aíslan y se agrupan junto al micrópilo, de éstas, la célula central se diferencia en gameto femenino denominado oosfera y las dos laterales toman el nombre de sinérgidas (Peske et al., 2019). (Figura 4).

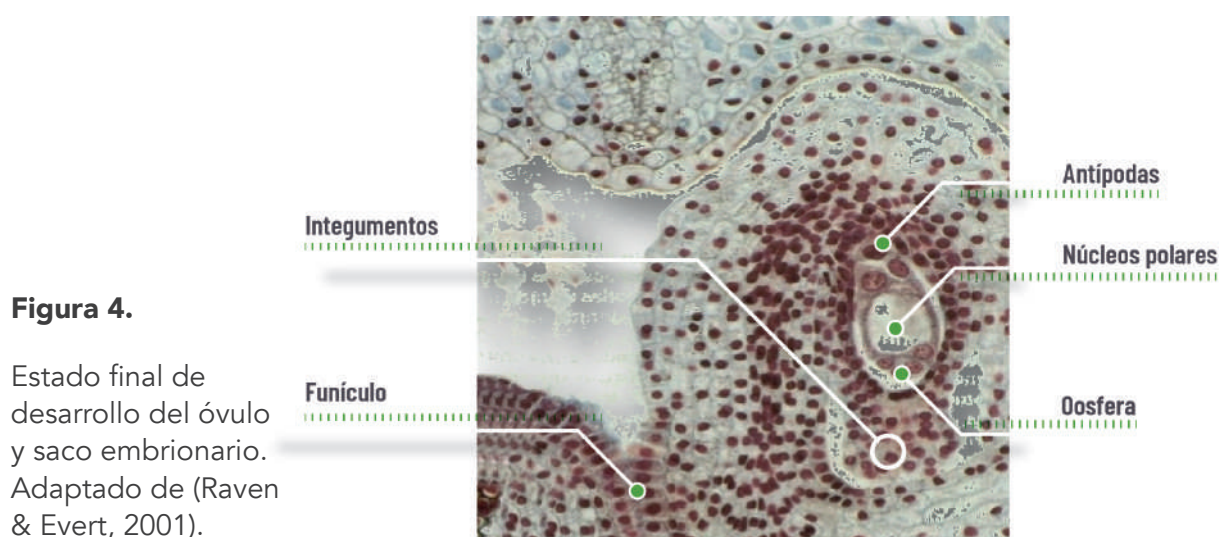


Figura 4.

Estado final de desarrollo del óvulo y saco embrionario. Adaptado de (Raven & Evert, 2001).

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 haploides (n), dos sinérgidas (n) y la oosfera también denominada célula huevo o gameto femenino (n) (Filhio, 2005).

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 esta fase, la antera ya presenta cuatro lóbulos correspondientes a las regiones ocupadas por los sacos polínicos longitudinales. Las primeras estructuras a diferenciar, son las células asquesporiales, 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 5). Simultáneamente a estas alteraciones, las células de la camada esporogina después de sufrir varias divisiones darán origen a las tacas o células madres de los microsporos, que por meiosis formarán tétradas de microsporos haploides (Filhio, 2005).

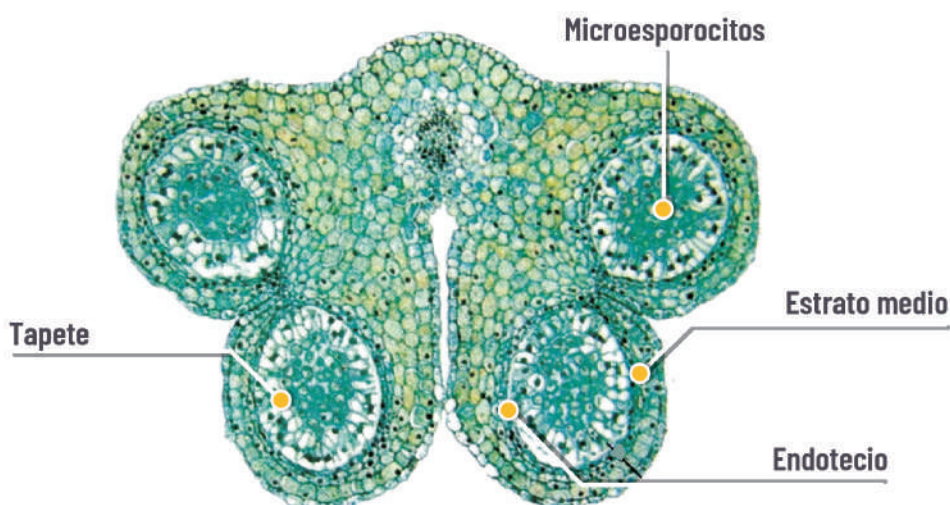


Figura 5. Antera indicando los cuatro sacos polínicos recubiertos por el tapete nutritivo. Adaptado de (Raven & Evert, 2001).

1.5 Grano de polen

El grano de polen o microspora se forma en la antera. 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. En la parte interna del

grano surge un vacuolo central y posteriormente, el núcleo de éste sufre una división mitótica (Figura 6), de esta división resulta una pequeña célula generativa o reproductiva 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 el tubo polínico, resultado del crecimiento de la célula vegetativa. El tubo polínico crece desde el estilete 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 (Popinigis, 1977).

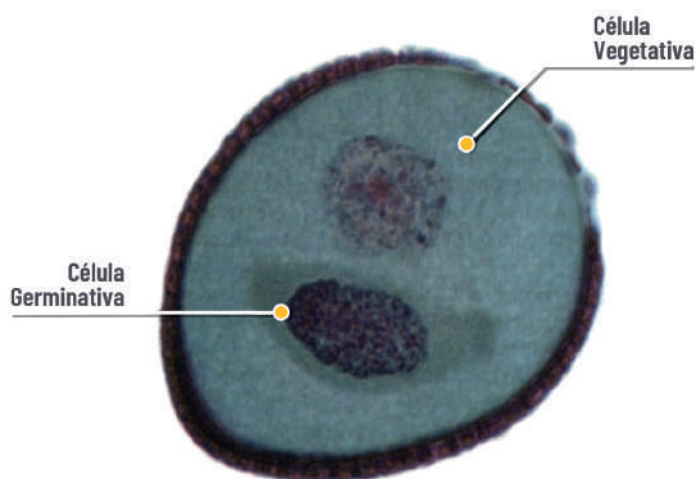


Figura 6. Grano de polen, conteniendo las estructuras del gameto masculino. Adaptado de (Raven & Evert, 2001).

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 alcanzar la maduración se rompen liberando los granos de polen, estos, pueden ser transportados por insectos, viento o agua. Cuando los granos de polen alcanzan el estigma, se adhieren a su superficie gracias a las características de la exina y de las peculiaridades de la superficie del estigma. Luego los granos de polen absorben los líquidos estigmáticos y germinan emitiendo el tubo polínico que atraviesa el canal del estilete llegando hasta el óvulo. A través del tubo polínico pasan al interior del óvulo, por el micrópilo, 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 diploide ($2n$), a partir del cual surge el embrión de la semilla. La otra célula espermática del gameto masculino se une con los núcleos polares del saco embrionario, formando una célula triploide ($3n$) denominada célula primaria del endosperma, (Figura 7). Este proceso se denomina de doble fecundación o singamia, típico de las angiospermas (Filhio, 2005).

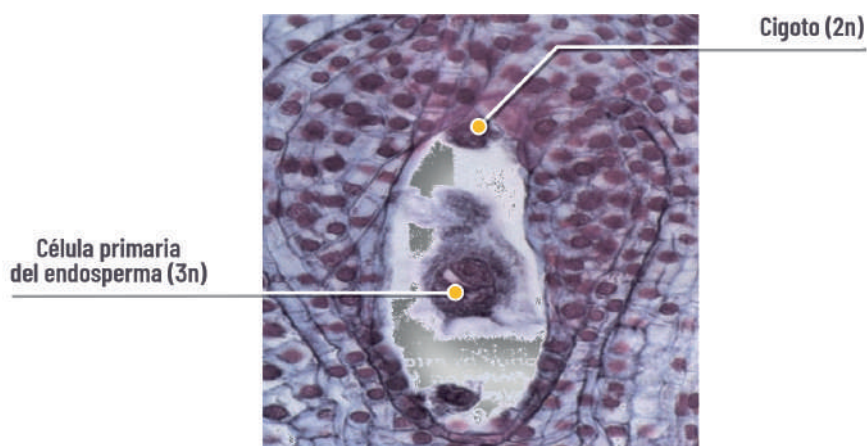


Figura 7. Doble fecundación o singamia. Adaptado de (Raven & Evert, 2001).

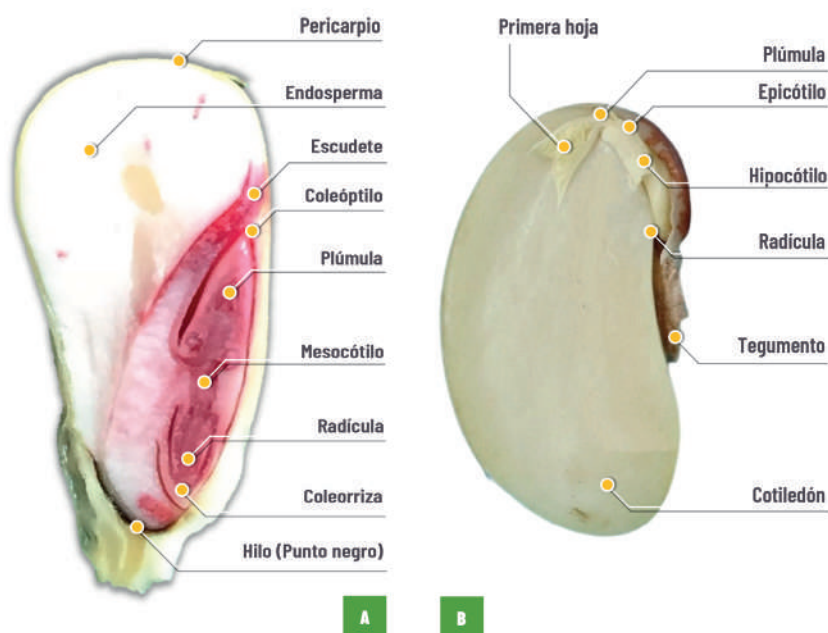
1.7 Embriogénesis

En las monocotiledóneas el embrión es constituido esencialmente por un eje embrionario y un cotiledón (Figura 8). 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 coleóptilo.

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. 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 hipocótilo entre la radícula y los cotiledones (Popinigis, 1977).

Figura 8.

Principales estructuras a través de un corte longitudinal. A: semilla madura de maíz INIAP-101 teñida con Tetrazolium y B: semilla madura de fréjol INIAP-481 al natural. INIAP-EESC, 2025.



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, 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. Es de suma importancia el conocimiento de la composición química de las semillas, debido a que su vigor potencial de almacenamiento y otros, están directamente influenciados por los componentes presentes en la semilla, descritas en la Tabla 1.

Tabla 1.

Composición química de las principales semillas producidas por el INIAP-EESC, 2025. *

Especie	%					
	Agua	Proteína	Lípidos	Carbohidratos		Cenizas
				Total	Fibra	
Arveja (<i>Pisum sativum</i> L.)	12.0	20.0	1.3	56.1	8.0	2.6
Avena (<i>Avena sativa</i> L.)	13.5	9.0	5.0	58.1	10.0	4.3
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	13.0	9.7	1.7	68.6	4.5	2.4
Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.)	12.5	39.9	13.0	23.0	8.7	3.0
Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	11.5	19.0	1.5	59.4	4.2	4.5
Haba (<i>Vicia faba</i> L.)	12.0	25.8	1.1	57.9	1.8	1.4



Especie	%					Cenizas
	Agua	Proteína	Lípidos	Carbohidratos		
				Total	Fibra	
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	13.5	8.8	4.8	69.1	2.2	1.6
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Wild.)	11.5	17.9	6.4	54.5	6.5	3.2
Soya (<i>Glicine max</i> (L.) Merr.)	11.5	37.9	20.0	18.2	6.5	5.9
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	13.0	12.2	1.0	61.3	10.9	1.7

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

Fuente: Registro de análisis bromatológicos. Departamento de Nutrición y Calidad. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP 2025.

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 que son menos conocidas, como los granos andinos, chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.), la quinoa (*Chenopodium quinoa* L.), el amaranto (*Amaranthus* spp.) entre otros, a excepción de la soya. Existe una gran diferencia en la composición química de las semillas, dependiendo de la predominancia del material acumulado, es así que, las leguminosas por una parte son más ricas en proteína y las gramíneas son en general ricas en carbohidratos.

1.10 Desarrollo y 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.

Después de la fecundación o doble fertilización, el óvulo sufre una serie de modificaciones, tanto en sus funciones, forma, como en su fisiología, lo que provoca que la semilla pueda alcanzar su mayor tamaño y peso seco. En este punto más alto, las semillas llegan también a la máxima germinación y vigor. Las transformaciones ocurridas durante el período 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 punto de Madurez Fisiológica (MF), momento exacto en el cual la semilla tiene la mejor calidad física, fisiológica y sanitaria. Tomando en cuenta también, el contenido de humedad, consistencia del endosperma y cotiledones, la viabilidad del embrión, los cambios bioquímicos y sanidad, entre otros.

La MF, es también conocida como el punto en el que las semillas alcanzan el máximo porcentaje de germinación, vigor y materia seca. En este punto, la semilla ya no

depende más de la planta madre y, 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. En la Figura 9, se observa que posterior a la fertilización del óvulo, la germinación, vigor, materia seca, humedad y sanidad en la semilla, cambian de acuerdo con el paso de los días, hasta llegar a su maduración.

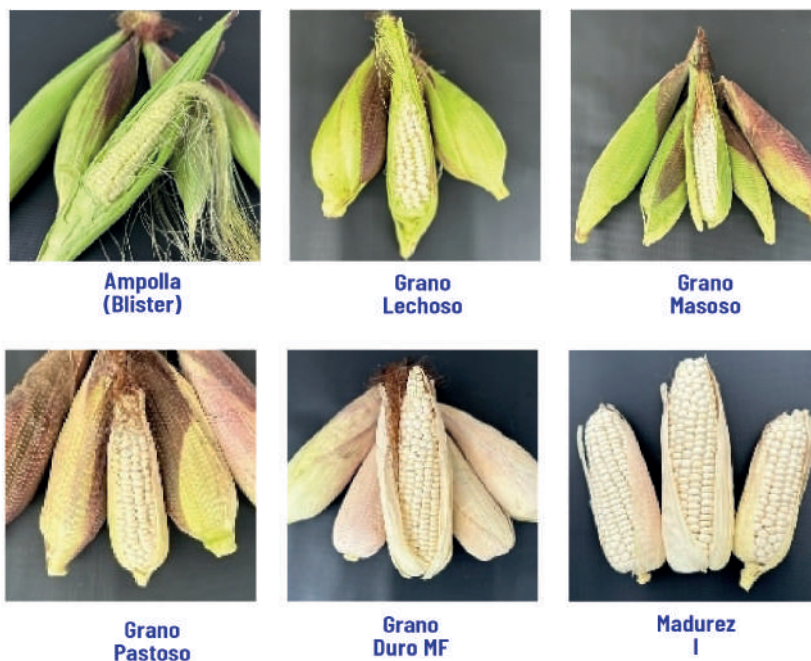
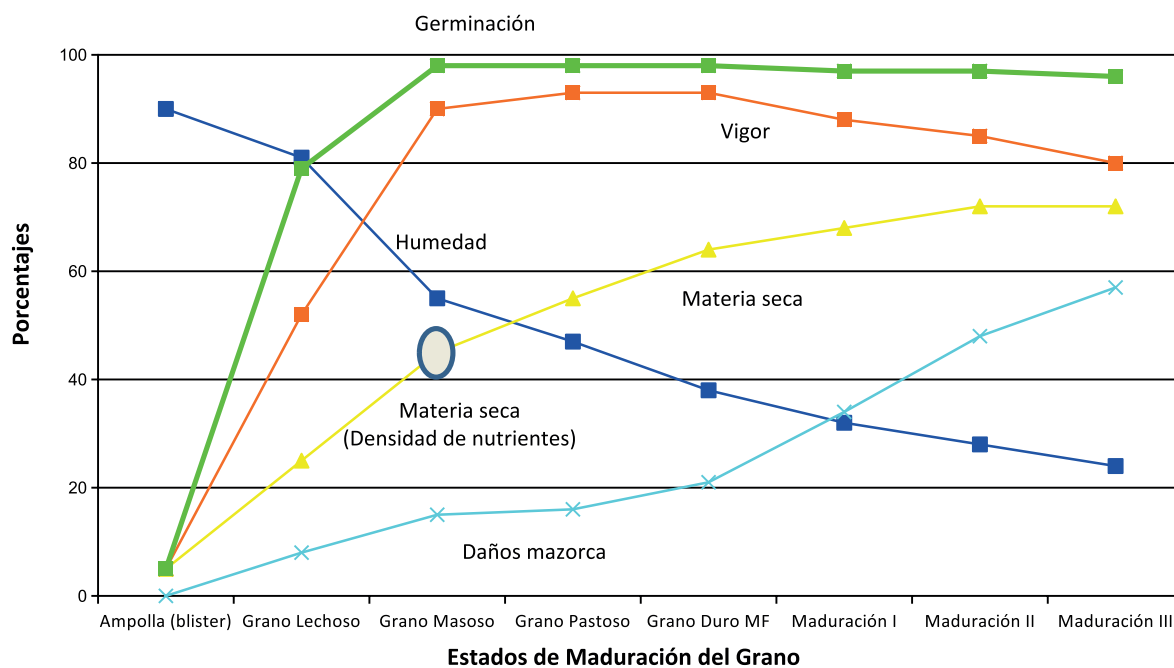


Figura 9. Gráfico y fotografías de la tendencia general de la maduración de semillas de maíz amiláceo de polinización libre, variedad INIAP-101, a 3 058 m de altitud. INIAP-EESC, 2025.



1.11 Contenido de humedad

El momento en que ocurre la fecundación, el contenido de humedad del óvulo es elevado, generalmente más del 80 %. Este valor tiende a aumentar, llegando en algunos casos al 90 % por períodos cortos. A medida que una semilla se forma, la humedad disminuye gradualmente, ocurriendo el intercambio de humedad por aumento de materia seca.

Normalmente, el agricultor cosecha cuando la planta presenta rasgos fenotípicos de madurez, como la coloración marrón en brácteas de maíz, esto ocurre cuando la humedad llega a valores entre 16 y 22 %, mucho después que ocurrió la MF, razón por la cual, no logran identificar el momento adecuado para cosechar. Determinar la humedad del grano mediante diferentes equipos puede ser la diferencia para obtener semillas con mejores características de calidad.

En la Tabla 2, se describe el porcentaje de humedad cercano a la MF que existe para cada una de las diferentes especies.

Tabla 2.

Contenido de humedad en semillas de varias especies en el punto de maduración fisiológica.

Especie		Humedad %
Arveja	(<i>Pisum sativum</i> L.)	40
Avena	(<i>Avena sativa</i> L.)	32
Arroz	(<i>Oryza sativa</i> L.)	30
Cebada	(<i>Hordeum vulgare</i> L.)	34
Chocho	(<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.)	35
Fréjol	(<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	40
Haba	(<i>Vicia faba</i> L.)	35
Maíz	(<i>Zea mays</i> L.)	35
Quinoa	(<i>Chenopodium quinoa</i> Wild.)	35
Rye Grass	(<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)	40
Soya	(<i>Glycine max</i> (L.) Merr.)	40
Trigo	(<i>Triticum aestivum</i> L.)	32

Fuente: INIAP-EESC, 2025.

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 (Filhio, 2005).

1.12 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 cuándo alcanza la MF. En el punto máximo de peso, la semilla tiene un elevado contenido de humedad y la cantidad de sustancias orgánicas a ella transportada, se equilibra con aquella consumida en la respiración. El punto de máxima acumulación de materia seca y peso, coincide con aquel en que la semilla llega al máximo vigor y germinación (Popinigis, 1977). En este momento, la semilla se desliga de la planta madre y tiene la capacidad plena e ideal de respuesta en campo; este estado, es conocido como punto de MF.

1.13 Tamaño de la semilla

El cigoto u óvulo fecundado, es una estructura minúscula con 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 (Filhio, 2005), llegando al máximo en el momento de la MF. Después de esto, la tendencia es disminuir de tamaño, debido a las pérdidas de humedad; este comportamiento se presenta más en semillas de leguminosas que en semillas de gramíneas.

1.14 Germinación

A la germinación se lo puede definir como, el reinicio del crecimiento del eje embrionario 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, se considera 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 (Filhio, 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 de contenido de humedad y de la actividad respiratoria productora de energía de la semilla.

La germinación comprende varias fases, entre las que se puede citar:

- La imbibición y absorción de agua.
- Hidratación de tejidos.



- Absorción de oxígeno.
- Actividad enzimática (respiración celular- energía).
- División celular.
- Diferenciación celular y tejidos.
- Crecimiento y diferenciación de tejidos.
- Emergencia de plántulas.

1.15 Poder de germinación

La germinación es uno de los principales atributos de calidad, puesto que asegura al productor que la semilla que está sembrando, genere una nueva planta y una densidad óptima en campo; el crecimiento, desarrollo y brotación del 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 también a su punto máximo en la MF. La suma de todos los atributos 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 determinantes en la formación completa de la semilla.

1.16 Vigor y fortaleza de emergencia

Según Delouche & Cadwell (1960), el vigor de la semilla, es la suma de todos los atributos 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 punto máximo de su peso seco. De tal forma que, para la obtención de semillas con un máximo vigor, la cosecha deberá realizarse cuando alcance el punto de MF. Sin embargo, y como se indicó anteriormente, la mayoría de las especies entran a su MF con humedades muy altas (>30 %), por esta razón y para reducir la velocidad de respiración y disminuir el deterioro de las semillas, es importante secarlas para bajar la humedad, llegando al punto de equilibrio higroscópico (humedad segura promedio al 13 %).

1.17 Factores que afectan la germinación

La capacidad germinativa de las semillas, que normalmente vienen descritas en los marbetes de cada envase en términos de porcentaje de germinación, fue el que se obtuvo en laboratorio bajo 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 humedad, 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 acelerará 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.

Delouch (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 se incrementa con el aumento de la humedad, Tabla 3.

Tabla 3.

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

Cotenido de Humedad %	Velocidad respiratoria ml CO ₂ /g ⁻¹ - peso seco/día ⁻¹
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 naturaleza de las semillas, las diferentes partes de ésta, absorben agua a diversas velocidades, por ejemplo, el tegumento absorbe más lentamente que otras estructuras, tomando en cuenta el papel que desempeña en las funciones de transporte de agua del medio ambiente para el interior de la semilla. Por otra parte, el eje embrionario absorbe la humedad rápidamente y de forma continua, alargando y generando nuevas células. Los tejidos de reserva absorben agua a una velocidad intermedia y luego de completar su rehidratación actúan como reservorio y formación de nuevas células (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:

- Temperatura mínima, no existe germinación visible en un período de tiempo razonable.
- Temperatura máxima, no existe actividad germinativa.



- Temperatura óptima, número máximo de semillas germinadas en un período 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 las especies necesitan de aireación, es decir, requieren de oxígeno para germinar, debido a que el proceso germinativo demanda energía que es proporcionada por las reacciones oxidativas. Generalmente, cuanto mayor oxígeno se encuentre en el ambiente, existirá un aumento en la 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 McAalister, 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.

1.18 Tipos de germinación

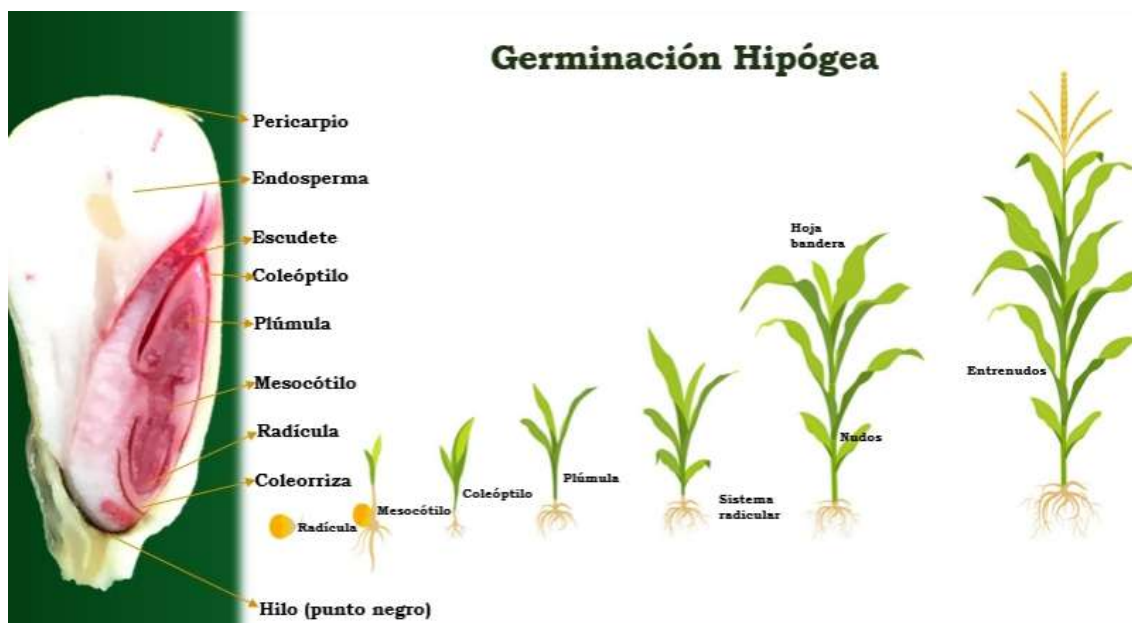
La forma y tipo de germinación de la semilla, dependen del modo que el sistema caulinar emerge de la semilla durante la germinación y esta pueda ser epígea o hipogea. Así, por ejemplo, en el caso del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.), el hipocótilo se alarga y dobla durante el proceso, de esta manera 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 las que los cotiledones son llevados fuera del suelo y actúan como primeras hojas cotiledonares, se denomina germinación epígea (Figura 10).

Fuente:
INIAP-EESC, 2025.

Figura 10.
Diagrama de las principales estructuras de una semilla de fréjol de germinación epígea y las estructuras en los primeros estadios en campo.



En la germinación hipogea en cambio, los cotiledones quedan bajo el suelo, este tipo de germinación la podemos observar en el desarrollo de plántulas de maíz (*Zea mays* L.), 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 se ancla en el suelo, el coleóptilo que envuelve a la plúmula, es empujado para arriba por la acción del alargamiento del mesocótilo, cuando la base del coleóptilo alcanza la superficie del suelo, sus márgenes se abren en ápice, para dar paso a las primeras hojas de la plúmula que comienzan a emerger (Figura 11).



Fuente: INIAP-EESC, 2025.

Figura 11. Diagrama de las principales estructuras de una semilla de maíz de germinación hipogea y las estructuras en los primeros estadios en campo.





CAPÍTULO 2

Producción y multiplicación 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. El impacto que esta tenga en la agricultura, además de ser de alta calidad, es que sea útil y necesaria para muchos agricultores (Baudet & Peske, 2005). 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).

Detrás de una semilla, se encuentra el trabajo de muchos años de investigación, el desarrollo de nuevas tecnologías y un esfuerzo de mantener sus propiedades físicas y fisiológicas en condiciones óptimas para un correcto establecimiento en campo. Es así que, las nuevas variedades mejoradas, se tornan insumos agrícolas importantes, siempre y cuando cumplan con características deseables y se encuentren disponibles para los agricultores. Pero, semillas de alta calidad utilizadas con prácticas culturales inadecuadas, no reflejarán todo su potencial genético.

2.1 Características y atributos de calidad de semillas

Una semilla, necesita cumplir con cuatro atributos de calidad, que son: genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios.

A través de una semilla de alta calidad, se podrá conseguir el máximo potencial productivo de un cultivo, para lo cual, es razonable buscar maneras más adecuadas para su producción mediante la investigación. De esta manera, la preocupación de los productores de semilla será constante, en el sentido de alcanzarla, mantenerla y evaluarla.

2.1.1 Atributos de calidad genética

Involucra características de pureza varietal, potencial de productividad, resistencia a plagas y enfermedades, precocidad, calidad de grano, resistencia a condiciones adversas de suelo y clima, entre otras. La mayoría de estas características son influenciadas

por el medio ambiente. La contaminación genética, es el resultado del intercambio de granos de polen entre variedades diferentes y la mezcla varietal es el resultado de la presencia de semillas de diferentes variedades. La primera ocurre en la etapa de producción y la segunda en la etapa de cosecha y poscosecha.

La pureza genética de una variedad, garantizará la obtención de plantas que reproducirán fielmente las características seleccionadas por el mejorador y que sean deseables por agricultores y consumidores (Figura 12).



Figura 12. Identificación de plantas progenitoras para la extracción de semilla de calidad. (Velásquez et al., 2024)

2.1.2 Atributo de calidad física

El aspecto y apariencia de un lote de semillas actúa como un fuerte elemento de comercialización. La semilla no solamente debe ser buena, sino también, parecer buena. Los lotes de semillas que han sido atacadas por insectos, o con semillas de maleza, material inerte, con semillas mal formadas, no presentan buen aspecto y no son bien aceptadas por los agricultores, por esta razón, los atributos de calidad física, involucran los siguientes aspectos:

Pureza física, es una 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, entre otras. En el caso específico 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 que se encuentra dentro de la misma, expresada en porcentaje en función de su peso húmedo (base húmeda). La humedad ejerce gran influencia sobre el desempeño de las semillas. Por ejemplo, en el punto de cosecha para la mayoría de las especies, el contenido de

humedad denota la actividad metabólica de las semillas en los procesos de germinación y deterioro. Gracias a la correcta determinación de la humedad, se puede 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 es un organismo vivo y frágil, que, durante su proceso de producción, está sujeta a daños mecánicos. En una explotación agrícola lo ideal sería cosechar, secar y beneficiar la materia prima 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, proceso que daña las semillas si estas son cosechadas muy húmedas o muy secas. Por otro lado, los daños en la unidad de beneficio de semillas (UBS), son también comunes, cuando las semillas pasan varias veces por los elevadores y transportadores. Según Vilela de Andrade & 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 1 000 semillas, es una característica utilizada para informar el tamaño y el peso de la semilla. Este valor es importante al momento de la siembra específicamente para realizar los cálculos de densidad, ajustando la máquina para colocar un determinado número de semillas por metro y transformarlo a hectáreas.

El peso de 1 000 semillas nos permite realizar los cálculos de los principales componentes de producción. De esta manera, se realiza una simulación tomando como ejemplo lo evaluado en la EESC con el cultivo de trigo a 3 100 m:

- Peso de 1 000 semillas = 0,04 kg.
- Densidad de siembra $180 \text{ kg}^{-1} / \text{ha}^{-1}$. para variedades de trigo en la Sierra ecuatoriana, se obtendrá 4 200 000 semillas.
- 80 % de germinación mínima (LOASFAS, 2017) se tendrá una densidad de 3 600 000 plantas/ ha^{-1} .
- Productividad, si cada planta produce 30 granos con un peso de 1,2 g, el rendimiento será de 4,5 toneladas/ ha^{-1} .

2.1.3 Atributos de calidad fisiológica

Este atributo está estrechamente relacionado con el metabolismo de la semilla, es decir, la expresión del potencial máximo de desarrollo de la semilla. Involucra los siguientes aspectos:

Germinación, 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. En otras palabras, la germinación es la capacidad que tiene el eje embrionario para desarrollarse en condiciones óptimas de clima, suelo, agua, entre otras. La germinación es expresada en porcentaje y su determinación está estandarizada.



zada en todo el mundo. Los requerimientos mínimos para el análisis de germinación están contenidos en las Reglas para el Análisis de Semillas de cada país, que a nivel internacional controla la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA).

Vigor, 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. Generalmente, los resultados de pruebas de germinación normalmente no son los mismos que a nivel del campo, pues en el suelo las condiciones raramente son adecuadas para la germinación. Es por eso que, se puede establecer que el vigor, es la capacidad que tiene el eje embrionario para desarrollarse en condiciones adversas de clima, suelo, agua, entre otras. Por otra parte, para el análisis de semillas en el laboratorio, este no se encuentra controlado por el ISTA por considerarlo un análisis subjetivo, puesto que es capacidad del analista establecer su condición.

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 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 cosecha puede alcanzar valores superiores al 80 % de las semillas del lote. En el caso de las semillas de malezas, la dormancia es perjudicial para el agricultor porque dificulta su control ya que algunas semillas pueden permanecer dormantes por muchos años en el suelo (Peske & Barros, 2000).

2.1.4 Atributos de calidad sanitaria

Las semillas son excelentes vehículos para la propagación y diseminación de patógenos. Pequeñas cantidades de inóculo en la semilla pueden tener un gran significado epidemiológico, debido a que, los patógenos transmitidos por semillas incluyen bacterias, hongos, nemátodos y virus. Es por eso que, las semillas utilizadas para propagación deben ser sanas y libres de patógenos; más aún, si se conoce que una semilla enferma puede presentar problemas de viabilidad, con parámetros de bajo vigor, llegando a contaminar áreas exentas con el patógeno.

2.2 Técnicas de producción de semillas

El manejo y técnicas para la producción de semillas no tienen muchas diferencias con las utilizadas para la producción comercial, pero se requieren de estrictos cuidados desde el momento de la siembra, desarrollo del cultivo, manejo de poscosecha y comercialización. Se describen las siguientes técnicas:

2.2.1 Selección de semilla y variedad inicial

La selección de la semilla madre y la variedad seleccionada para siembra, es el primer paso en la producción de semillas de alta calidad. Así, el material a utilizarse para multiplicación debe 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 productivo 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 campo de multiplicación

Los campos destinados a la producción de semillas de calidad, deben tener las mejores características físicas, químicas, biológicas y sanitarias, que provienen del historial del terreno, como variedades cultivadas en los años anteriores, malezas existentes, problemas locales con plagas (insectos) y enfermedades (hongos, nematodos), condiciones de fertilidad, problemas de erosión, entre otros.

2.2.3 Cultivo anterior

El terreno no debe ser cultivado con la misma especie sembrada en el año o años anteriores, conforme la variedad escogida, ni tampoco se acepta con especies afines (LOASFAS, 2017). Este cuidado o exigencia se debe a que, las semillas caídas en el suelo sobreviven de un año para otro, o por más de un año, principalmente si éstas presentan el fenómeno de dormancia, común en las 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 Malezas y 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.

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 & Barros, 2000).

2.2.5 Insectos

Los insectos son en mucho de los casos la fuente directa de daño provocado a un cultivo, sin embargo, este puede ser transmisor de enfermedades viróticas, bacterianas,



entre otras; que dificultan aún más su control, lo que ocasiona graves pérdidas económicas para el agricultor.

Es imprescindible determinar la presencia de insectos, bajo dos aspectos: el negativo, con los efectos comúnmente abordados y conocidos para los cultivos, por el daño que causa en ambientes favorables; y el aspecto positivo y menos considerado, que involucra la relación planta - insecto refiriéndose 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 merecen 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 y establecimiento

Época de siembra, juega un rol importante en la obtención de semillas de alta calidad, que, si bien es cierto en la actualidad, el cambio climático ha modificado las fechas de siembra, existen regiones donde el período de lluvias es más marcado, lo cual es de vital importancia al momento de planificar la siembra, tomando en cuenta que uno de los principales factores para el deterioro en campo son las lluvias después de la maduración de las semillas. Por otro lado, es recomendable definir una época de siembra “local o zonal” para que la diseminación de las plagas se distribuya a más campos de multiplicación y no se focalice en un solo lugar. La planificación ayudará a minimizar costos de producción innecesarios si fuera del caso. 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, considerando 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. Lo más sobresaliente de estas semillas es que tengan una alta tasa de multiplicación, más aún 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 existe, dentro de ciertos límites, una compensación donde las plantas se desarrollan o emiten más macollos, mazorcas o vainas según la especie. En síntesis, habrá 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, la preparación del suelo se la realiza de manera manual o mecánica según su extensión,

topografía y condiciones del suelo; de ahí se tomarán las mejores decisiones para la ejecución de acciones a implementarse. De tal manera que, un suelo bien preparado, producirá 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 13). Por otro lado, se recomienda realizar un análisis de suelo físico-químico y biológico del suelo. Este análisis es importante para saber si un suelo presenta características bajas, medias o altas de nutrientes, así como también el pH del suelo, el nivel de materia orgánica y demás aspectos para identificar si es necesaria la aplicación de enmiendas y abonaduras iniciales para realizar el adecuado cálculo de fertilización para el establecimiento del cultivo, considerando su pendiente y perfil (Velásquez et al., 2022). Campos de producción de semillas desuniformes, además de los problemas de producción, dificultan las inspecciones y el control de calidad, por lo tanto, no se debe escatimar esfuerzos en la preparación del suelo, para dejar un lote perfectamente preparado



Figura 13. Preparación y aplicación de enmiendas en lotes de semilla de maíz. INIAP-EESC, 2025.

2.2.7 Separación y aislamiento de campos de multiplicación de semillas

Este es un aspecto importante para evitar la contaminación entre variedades o cultivos por efecto del polen, además de causar desuniformidad en el lote de semillas, provoca una disminución de la producción en el cultivo siguiente (Vilela de Andrade & Silveira, 1993). En otras palabras, los campos para multiplicación 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. En la Tabla 4, se presenta una lista de plantas autóгамas (plantas que se reproducen mediante autofecundación, sus gametos masculinos y femeninos forman un cigoto a partir de la misma planta (homocigosis alta)) y alógamas (plantas que se producen por polinización cruzada en la que sus gametos masculino y femenino se juntan para formar el cigoto a partir de plantas diferentes (heterocigosis alta)). Se debe considerar que muchas de las especies denominadas como autóгамas pueden presentar una tasa ele-



vada de cruzamiento, como el caso de arveja y haba que dependiendo de la cantidad de insectos polinizadores pueden llegar a tasas altas de polinización cruzada.

Tabla 4.

Tipos de polinización de algunas especies producidas en la Estación Experimental Santa Catalina, INIAP-EESC, 2024.

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

El aislamiento de los campos de producción se realiza, considerando los siguientes procedimientos:

Espacio, es el tipo de aislamiento más común que se utiliza, controlando la distancia del campo a la fuente de contaminación de polen (Velásquez et al., 2024). 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.

Cuanto más alta es 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 (Velásquez et al., 2024), desde que la emergencia ocurra de forma uniforme y no exista 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.

En algunos casos, donde por espacio y épocas de siembra, no es posible el establecimiento de un campo de multiplicación, se deben implementar barreras naturales o artificiales (Figura 14), como elevaciones del terreno, bosque, árboles, chaparros, así como barreras formadas por plantas cultivadas, complementan el aislamiento.

Dependiendo del cultivo, se instalan barreras vivas que protejan el cultivo, como lo son los “cultivos trampa” que atraen a los insectos dañinos y los mantienen alejados y controlados, generando menor daño al cultivo principal.



Figura 14. Aislamiento con barreras naturales. A: multiplicación de semilla de fréjol INIAP-481, en un sistema de riego. B: multiplicación de semilla de fréjol INIAP-420. INIAP-EESC, 2025.

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. Para especies autógamas con alguna polinización de insectos como solanáceas (berenjena, pimiento) y malváceas (algodón), necesitan un aislamiento semejante al de



las especies alógamas, llegando hasta los 1 500 m. En la Tabla 5, se presentan 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. Ley de semillas y normativas de cada cultivo (LOASFAS, 2017).

Especie	Distancia (m)
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	6
Fréjol (<i>Phaseolus vulgare</i> L.)	20
Haba (<i>Vicia faba</i> L.)	100
Arveja (<i>Pisum sativum</i> L.)	50
Forrajeras alógamas	500
Forrajeras autógamas	10
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	6
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	500

2.2.8 Abonadura y fertilización

Posterior al análisis físico-químico de suelos y conocer el estado actual de la fertilidad del terreno, se determina si es necesario aplicar enmiendas o abonaduras, conociendo que estas servirán para mejorar las condiciones del suelo. Para la multiplicación de semillas, se debe preferir suelos fértiles, porque se obtienen no sólo las mayores producciones sino también semillas de mayor calidad. Los macro y micro nutrientes (N-P-K-Ca-S-Mg-Br-Zn-Fe-Cu-Cl, etc.), 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 física y fisiológica. Varias experiencias han relacionado fertilización con calidad fisiológica y física de las semillas.

Existe una estrecha relación entre la cantidad de los nutrientes aplicados a la planta madre y su posterior determinación en la calidad de la semilla. 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, fuerte y vigorosa.

2.2.9 Riego

La vida está íntimamente asociada al agua, muy especialmente en su estado líquido, cuya importancia para los seres vivos es consecuencia de sus propiedades físicas y químicas exclusivas (Azcon-Bieto & Talón, 2015). El agua como disolvente universal, es el vehículo capaz de facilitar el ingreso de los diferentes nutrientes a la planta.

Es importante, identificar las condiciones climáticas que acompañan al cultivo, esta compatibilidad determinará la calidad de las semillas. La baja humedad relativa del aire, baja precipitación pluvial y un período bien definido de lluvias en la fase de maduración y cosecha son claves para el correcto establecimiento del cultivo.

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 maíces amiláceos, 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 se realice en la noche, para no interferir en el trabajo polinizador de las abejas y no causar 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 purificación de lotes, es una práctica obligatoria en todo campo de multiplicación de semillas, que consiste en la eliminación planificada de plantas contaminantes en un campo de producción de semillas. En otras palabras, el roguing, es la limpieza sistemática y total de plantas de un campo de producción de semillas, evitando la pérdida de semillas por problema de calidad, cuando existen en el campo plantas atípicas, deformes, enfermedades, polinizadoras indeseables y/o plantas de malezas (Martins et al., 1993).



La purificación de lotes permite retirar:

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

Si una nueva variedad es liberada 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 período 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, y así, mantener la pureza genética.

Para la purificación de los lotes se deben seleccionar y entrenar personas que tengan la capacidad de distinguir plantas diferentes o malezas (prohibidas o toleradas) (Franca, 2002). En el caso de los híbridos, al momento de formar las líneas hembras, deben armarse grupos de trabajo específicos para esta actividad (de 6 a 8 personas), supervisando que todas las plantas queden correctamente establecidas como hembras.

Los períodos para la purificación son:

- **Post-Emergencia**, donde puedan ser identificadas las plántulas (coloración del hipocótilo y cotiledones en leguminosas). En este periodo, será más visible la identificación de plántulas voluntarias provenientes de cultivos anteriores, así como también tamaño, hábito de crecimiento y plántulas fuera de líneas.
- **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.
- **Floración**, en esta etapa se consigue, identificar diferencias entre características agronómicas y morfológicas. Por ejemplo, en fréjol (*Passeolus vulgaris* L.) (Figura 15) el color de la flor, ciclo de la planta, forma del foliolo, coloración de las hojas, presencia de pubescencia, entre otras. Es necesario tomar precauciones al ingreso del lote puesto que se puede provocar la caída de las flores, repercutiendo directamente en la producción.



Figura 15. Campo de multiplicación de semilla de fréjol (*Passeolus vulgaris* L.) variedad INIAP-420 Canario del Chota, posterior a la purificación, INIAP-EESC 2025.

- **Post - floración**, en este período 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.
- **Pre – cosecha**, la semilla está formada y alcanzó la maduración fisiológica, las hojas comienzan a secarse y se caen; en este momento, el trabajo continúa, pues plantas indeseables aún pueden ser identificadas.

2.2.11 Cosecha

La cosecha es una actividad especializada y se necesita tomar precauciones en esta fase final de campo. En esta etapa, es importante que el grano llegue a MF, garantizando la máxima germinación, vigor y materia seca; sin embargo, no todas las especies permiten cosechar en este punto, algunas, dependen de factores como su misma especie, el clima, humedad y de la tecnología empleada en esta etapa, así como también el área cultivada, puesto que cultivos extensivos como lo son los cultivos de cereales, solo es posible la cosecha de forma mecánica, impidiendo la identificación individual y manual que por lo general se lo hace en especies como el maíz, fréjol, haba, chocho, arveja, entre otras.

Por consiguiente, uno de los factores que determina el momento de la cosecha (Figura 16) o la Maduración de Campo (MC) (considerándose que la MF haya llegado mucho antes), es el grado de humedad de las semillas. Tratándose de la 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 y es más fácil su identificación, realizándola planta por planta.



Figura 16. Cosecha de un campo de multiplicación de semillas de trigo variedad INIAP-Imbabura. INIAP-EESC, 2024.

2.3 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 & 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 calibradas en las actividades agrícolas.

En las cosechadoras, el daño mecánico ocurre en el momento de la trilla (Figura 17), es decir, 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 17. Daños mecánicos en semillas de maíz amiláceo variedad INIAP-101, luego del desgrane mecánico. INIAP-EESC, 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, 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, entre otras. El lugar del impacto, además de ser algo incontrolable, presenta efecto diferenciado en función de las características de la semilla. Si el impacto ocurre en la región donde se localiza el eje embrionario, el daño será mayor que en otra parte.

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

El grado de humedad de la semilla desempeña el papel más importante en la intensidad del daño mecánico sufrido por las semillas. 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 et al., 2019).

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 18-20 % de humedad.

Los daños mecánicos se pueden manifestar a través de efectos inmediatos, cuando las semillas son rápidamente 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, entre otros. En el caso de los daños visibles, estos son fácilmente detectados al momento de la cosecha. En cambio, los internos, que son detectados mediante pruebas de viabilidad, también deben ser tomados en consideración en la cosecha y 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 deterioro durante el almacenamiento, 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 de deterioro.

Las recomendaciones para el momento de cosecha o trilla mecánica deben coincidir con aquel espacio 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 & Barros, 2000).

2.4 Pérdidas de semillas

Durante la cosecha el productor de semillas, está sujeto a pérdidas de varios tipos, que pueden ser en cantidad y calidad. Estas pérdidas dependen de condiciones ambientales durante la cosecha, de las condiciones del cultivo en cuanto a su conduc-

ción o tecnología empleada, de características de la especie o cultivar, y de la propia práctica de cosecha en sí.

- a) **Pérdidas en cantidad**, o caída natural de las semillas, por desgrane o dehiscencia de los frutos, ocurre en la mayoría de las especies cultivadas poco después de alcanzar 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-dehiscuentes o indehiscuentes.

La caída de las semillas trae serios problemas para el productor, principalmente en actividades de siembra y cosecha. En avena y rye grass, la pérdida por desgrane es bastante común, y cualquier atraso en relación al momento más adecuado de cosecha puede significar la pérdida total del campo de semillas.

Otra pérdida muy frecuente, es durante la cosecha (Figura 18). 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, perdiendo el momento exacto de la cosecha; causando una pérdida natural, referida anteriormente.



Figura 18. Evaluación en campo de pérdidas por granos caídos en una superficie delimitada durante la cosecha en un campo de trigo INIAP-Imbabura. INIAP-EESC, 2024.

Las causas de las pérdidas durante la cosecha son varias y están relacionadas con el establecimiento y la conducción del semillero en forma no recomendada, lo que causa, el 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 inadecuado de cosecha; 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. Se denomina como cosecha precoz, cuando la semilla alcanza su peso máximo en materia seca, es decir en el punto de 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 obstaculiza o imposibilita el funcionamiento de los mecanismos de trilla y separación de la cosechadora, originando pérdida de semillas.

Con la tecnología disponible, 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 (Baudet & Peske, 2005). En resumen, las pérdidas de semillas en cantidad ocurren debido a:

- El punto de inserción de la semilla en la planta está muy bajo, como puede ocurrir en fréjol, algunas forrajeras y en 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, cuando de producción de semillas se trata, la mayor preocupación recae sobre la calidad, si existen pérdidas cualitativas durante la cosecha, las semillas no podrán alcanzar los estándares exigidos y tendrán que ser separadas. Tal situación, representa la pérdida de abastecimiento, tiempo, dinero y todo el esfuerzo que se empleó hasta que la semilla es identificada y se determina su mala calidad.

Una de las principales causas de las pérdidas de calidad es el retraso de la cosecha, en relación con la MF. Como ya se mencionó anteriormente, después de que la semilla alcanzó la MF, pasa a estar almacenada en el propio campo, sujeta a condiciones de campo y del ambiente, generalmente adversas. Estas condiciones adversas están dadas por el clima (lluvias, temperaturas extremas, rocío, entre otras.), lo que causa aceleración en el proceso de deterioro en los atributos físicos, fisiológicos y sanitarios a las semillas. Algunas de las plagas y microorganismos se benefician de estas condiciones para alterar el comportamiento fisiológico del campo de multiplicación.

En determinadas épocas del año, el rocío puede aumentar la humedad de las semillas hasta en un 5 %. Todo esto, acelera el 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, sanidad y en algunos casos una pre germinación como ocurre en semillas de quinua y trigo, principalmente.

2.5 Mezclas varietales

Esta condición 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 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 realizada en las cosechadoras combinadas, que son utilizadas para cosechar diferentes especies y variedades como por 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 y de los elevadores y rodillos sinfín. Posteriormente el operador abrirá la máquina y limpiará internamente, incluyendo; canaletas, codos, elevadores y todas aquellas partes menos accesibles. Un soplador o sistema de aire comprimido facilitará la limpieza. Se recomienda que, al iniciar la cosecha de otra variedad o especie, deben descartarse los primeros sacos de semillas, pues éstas pueden estar contaminadas a pesar de la limpieza realizada en la máquina (Figura 19), labor conocida como despunte.



Figura 19. Evaluación de la calidad física de trigo antes del despunte. INIAP-EESC, 2024.

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 (Velásquez et al., 2024).

La cosecha, para la mayoría de las especies cultivadas, consta básicamente de cuatro operaciones: corte, trilla, separación y limpieza. Estas operaciones se realizan

de forma manual o mecanizada, de forma separada o mixta (corte manual y trilla mecanizada y viceversa). La selección del método para cada situación depende de, cada especie, área, condiciones climáticas, tecnología aplicada, maquinaria y economía del proceso.

Para determinadas especies, el corte o arranque de las plantas, vainas, espigas, entre otros, se realiza luego de la MF, necesitando a continuación de un período 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, adicional a los métodos normalmente empleados 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 dificulta 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, cuando estos 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:

- Cosechar lo más próximo posible al punto de madurez fisiológica.
- Cosechar las semillas inmediatamente cuando comience el desgrane con cierta facilidad, como en el arroz, cuando llega a 24 % de humedad, soya con 20 % de humedad.
- En el caso de especies que poseen hábito indeterminado con maduración desuniforme, como alfalfa, y otras especies establecidas en superficies más grandes (cultivos extensivos), se recomienda cosechar cuando el 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.

2.6 Inspección de campos para producción de semillas

La inspección de campos para la 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 existe la necesidad de posicionar la inspección de semillas como parte del sistema, pues es en el campo donde se realiza el control riguroso de la calidad genética de las plantas, observándose el desarrollo, floración, polinización y fructificación.

2.6.1 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 los cultivos que se propagan vegetativamente.

Especies alógamas, como el 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, presentando plantas atípicas no identificadas que polinizan 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 se deben considerar, las siguientes 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 del 50 % 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 fecundado 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 presionado.

d) Pre-cosecha

En este período, la semilla está próxima a alcanzar su MF, empieza a tornarse dura y la planta comienza a secarse. El grano está completamente formado, pero todavía con alto grado de humedad, por lo que, es necesario secar el grano 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 fisiológicamente madura y húmeda, para 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 realizadas minuciosamente 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 y Ganadería (MAG), deben ser entrenados y deben tener un amplio conocimiento de las fases de desarrollo del cultivo. La institución responsable por el sistema de producción de semillas deberá contar con el suficiente número de inspectores para poder asegurar una inspección apropiada.

2.6.2 Tipos de contaminantes

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

- **Plantas atípicas**, son plantas de la misma especie del cultivo pero que se di-



ferencian en su tamaño, 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**, son las 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 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 el productor cumplió con las recomendaciones dejadas anteriormente. (LOASFAS, 2017).
- **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.

2.6.3 Enfermedades

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, deben ser eliminadas y, dependiendo de la incidencia de la contaminación, se elimina todas las plantas del campo, como los altos porcentajes de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, *Rhizoctonia solani*, *Pectobacterium* spp., *Streptomyces scabies*, *Ralstonia Solanacearum*, entre otras; en lotes de tubérculos-semilla de papa.

2.6.4 Cómo efectuar una inspección

El examen de un campo de producción de semillas es realizado “planta por planta”. Se resume en la toma de sub-muestras en toda el área de producción de semillas. A través de un croquis del campo son determinados lugares o sitios de tomas de sub-muestras. La muestra de un campo comprende áreas pre-determinadas, completamente al azar. Las áreas de las sub-muestras se encuentran 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 realizada a cualquier hora del día y en cualquier estado de desarrollo del cultivo. Puede ocurrir que algunos 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 la erradicación de dichas áreas. Es importante también resaltar que la no aceptación de un campo de semillas puede ser parcial, respetando 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 realizarse un nuevo muestreo a criterio del inspector, o si el productor lo solicita.

2.6.5 Cómo recorrer un campo de multiplicación de semillas

El inspector de campos de producción de semillas tiene como deber realizar 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 aplicados. El modelo de recorrido permite al inspector observar todas las partes del campo, lados y centro, sin considerar su forma o tamaño (Figura 20).

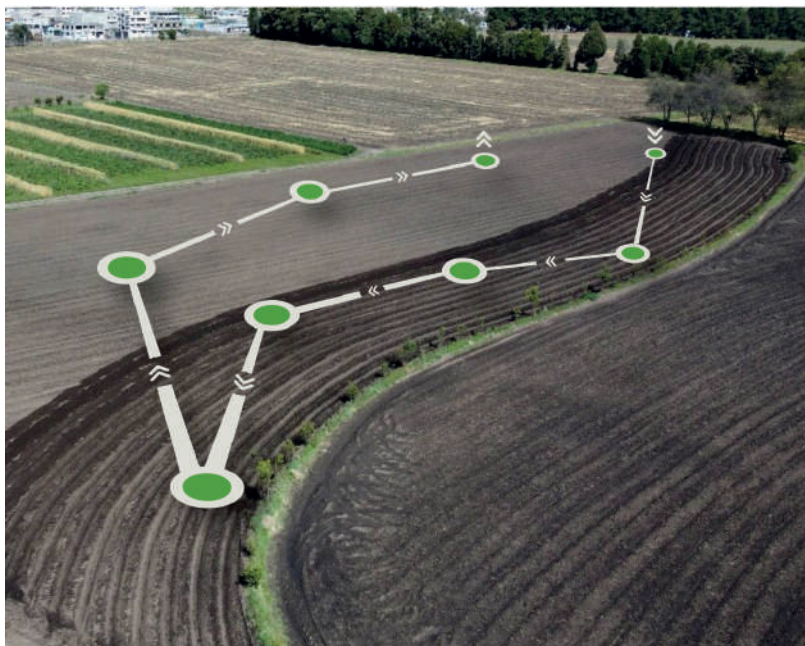


Figura 20. Sugerencia de cambios o alteraciones de dirección en una inspección de campo para muestreo o control de calidad. INIAP-EESC, 2025.

2.7 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, de su poder germinativo.

La certificación es un componente importante de la industria de semillas puesto que actúa en todos sus elementos, participando de la producción, beneficio, comercialización y prestación de 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 a gran escala.

Los países con programas establecidos de semillas, poseen una legislación o Ley de Semillas, que, expresando una política de estado, 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 inspeccionar el cultivo para semillas 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 semilleros 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.

2.8 Componentes de un sistema formal de producción de semillas

En un programa de semillas, es de vital importancia, la participación de instituciones capaces de velar el correcto manejo a partir de la investigación hasta llegar a su distribución, y para el caso del Ecuador, la institución encargada es el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el cual participa intensamente en ámbitos de investigación, el desarrollo de nuevas tecnologías, la generación de procesos de innovación, transferencia de tecnología y la más importante, la producción y multiplicación de categorías iniciales de semilla, como lo es, la semilla fitomejorador, básica y registrada. Dentro de este sistema formal de semillas es importante considerar la participación de "semilleros" (empresas o personas particulares), en la provisión de semilla certificada, categoría que será entregada a los agricultores para su producción. La fiscalización del comercio de semilla, la hace el MAG en las Categorías Básica, Registrada y Certificada (Figura 21 y 22).

Un programa de semillas debidamente organizado proporcionará 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 21. Elementos del programa formal de producción de semillas de maíz en Ecuador. INIAP-EESC, 2025.

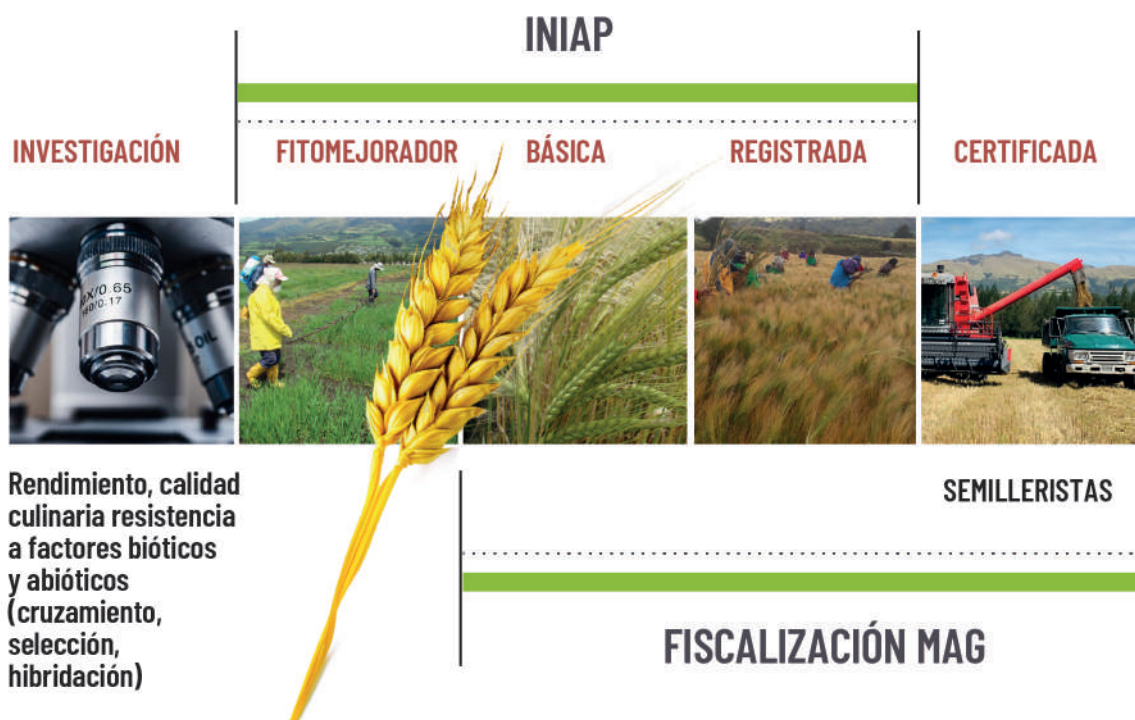


Figura 22. Elementos del programa formal de producción de semillas de trigo, cebada y avena en Ecuador. INIAP-EESC, 2025.

2.9 Control de generaciones

El control de generaciones, está relacionado 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 (LOASFAS, 2017), de la siguiente manera:

- a) **Semilla Fitomejorador o genética.** 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 o genética y que sirve de base para la semilla registrada, multiplicada bajo la responsabilidad de la entidad creadora o dueña de la variedad e identificada con marbete de color blanco.
- c) **Semilla Registrada.** Obtenida de la semilla básica, multiplicada 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.

2.10 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. Para el caso del Ecuador, se las encuentra en la Ley de Semillas (LOASFAS, 2017).

2.11 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 MAG siguiendo estrictos controles de verificación de calidad de semillas bajo certificación. La fiscalización realizada por el ente de control consiste en la verificación del material de siembra inicial, la georreferenciación de la parcela o lote de multiplicación, inspecciones oficiales de campo dependiendo del estado fenológico del cultivo, pureza, sanidad, entre otros. A su vez, AGROCALIDAD (institución adscrita al MAG) se encarga del análisis de laboratorio para germinación, pureza y sanidad

A continuación, se presentan las funciones principales que desempeñan los inspectores de semilla del MAG según la Ley de Semillas del Ecuador:

- Supervisar la producción de semillas en campo, así como el aprovechamiento de los materiales en las plantas de beneficio y realizar los análisis de calidad en el laboratorio.
- Calificar los campos georeferenciados, inscritos en el Sistema de Certificación de Semillas (SCS) para la multiplicación de semilla básica, registrada y certifica-



da, 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 asignados por la 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 biodiversidad, lo cual es respetable en alto grado; sin embargo, existe otro sector agrícola que utiliza diferente tecnología de producción y emplea semillas certificadas, a quienes el sistema formal debe atenderlos.

2.12 Proceso de certificación para el cultivo de papa

El proceso de certificación de semilla de papa, tiene ciertas particularidades por ser un cultivo de propagación vegetativa; se basa en niveles máximos y mínimos, levantados en las inspecciones que se describen a continuación.

Inscripción del campo de multiplicación de semillas

Todo productor de semillas debidamente registrado en el MAG, deberá inscribir los campos de multiplicación de semillas, en la jurisdicción de su competencia, al menos con 15 días antes de la siembra.

Número de inspecciones

Los campos de multiplicación de semillas estarán sujetos a las inspecciones que el fiscalizador lo estime conveniente, en los siguientes estados de desarrollo del cultivo:

- Campo de multiplicación previo a la siembra.

- En crecimiento y desarrollo.
- En el período de floración y madurez fisiológica.
- En el almacenamiento y beneficio.

Una inspección puede requerir una o varias visitas para verificar el cumplimiento de los requisitos de la normativa. Se pueden realizar otras visitas (por ejemplo, al momento de la siembra/cosecha) si el inspector lo creyera pertinente. Al final de cada inspección, el inspector levantará el respectivo informe de acuerdo al formato establecido.

2.12.1 Primera inspección: campo de multiplicación previo a la siembra

La primera inspección se realiza luego de la inscripción del campo y antes de la siembra. Se toma en cuenta los siguientes criterios:

- Los campos para la multiplicación de tubérculo-semilla de papa deberán estar ubicados de preferencia entre 3 000 y 3 400 metros de altitud.
- Los campos deben estar aislados de otras parcelas de papa a una distancia de al menos 200 metros. En el caso de producción en ambientes controlados (invernadero), no aplica este requerimiento.
- El período de rotación de cultivos en el campo de multiplicación debe ser de al menos dos a tres años, desde el último cultivo de papa.
- El campo de multiplicación de semilla deberá disponer de trampas amarillas pegajosas para el monitoreo de adultos de psílido de papa (*Bactericera cockerelli*) y otros insectos asociados con el Complejo de la Punta Morada de la Papa (CPMP) al menos cuatro trampas en los extremos bordes y cuatro en el centro; para monitorear estados inmaduros (huevos y ninfas) y adultos se deberá muestrear folíolos de las plantas de papa en los bordes y en el centro del cultivo, diez hojas por sitio de muestreo, las hojas a revisar deben ser de la parte media a baja de la planta y las que estén menos expuestas, según lo establecido en Cuesta et al., (2025).
- Para el monitoreo de gusano blanco de la papa (*Premnotypex vorax* Hustache), mínimo 20 trampas por hectárea con una tolerancia máxima de 10 adultos/trampa.
- Para el caso de semilla básica, registrada y certificada, la tolerancia máxima para el nematodo del quiste *Globodera* sp., será de 5 quistes por 100 g de suelo, definida con base a un análisis realizado en un laboratorio autorizado por el MAG.
- Para el caso de semilla básica, registrada y certificada, la tolerancia máxima para el nematodo del nódulo de la raíz *Meloidogyne* sp., será de 50 larvas por 100 g de suelo, definida con base a un análisis realizado en un laboratorio autorizado por el MAG.

2.12.2 Segunda inspección: período de floración

La Segunda Inspección se realizará cuando el cultivo de papa esté en crecimiento, desarrollo vegetativo y cuando inicie la floración; en caso de tratarse de una variedad de papa que no posea floración, la inspección se realizará cuando se inicie la tuberización. Se califica: (a) El manejo del cultivo; (b) la sanidad del cultivo; y (c) la pureza genética del campo de multiplicación.

De las plantas muestreadas, se toma al azar una submuestra de al menos diez (10) plantas para remitirlas al laboratorio de diagnóstico fitosanitario de AGROCALIDAD, para realizar el análisis de la presencia de fitoplasmas y *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso). Si el resultado es positivo se debe realizar un nuevo muestreo, y si éste es positivo se descartará el campo de multiplicación.

Para el caso de virus, además de la inspección visual, se realizará lo siguiente:

- En semilla básica y registrada, se colectarán 90 muestras por hectárea y se las enviará a laboratorios autorizados para realizar análisis de serología u otras técnicas para detectar virus.
- En el caso de semilla certificada, se colectarán y enviarán muestras al laboratorio únicamente si se presentan síntomas visuales, el campo quedará condicionado hasta la entrega de los resultados.

2.12.3 Tercera inspección: madurez fisiológica

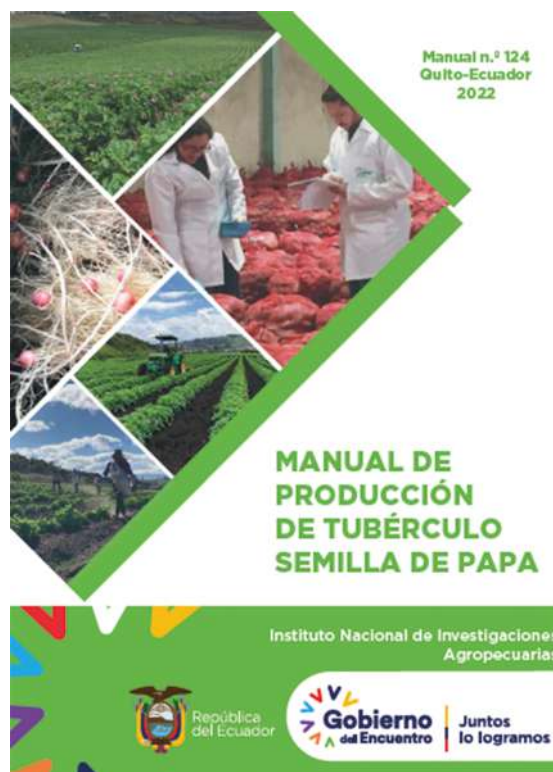
La tercera inspección se realizará en etapa de madurez fisiológica para monitorear la sanidad del cultivo, para lo cual se realizará la inspección del campo de multiplicación, verificando la presencia de plantas sintomáticas y la presencia de todos los estados de desarrollo de insectos vectores asociados a las enfermedades, principalmente el psílido de papa (*Bactericera cockerelli*).

2.12.4 Cuarta inspección: almacenamiento

La cuarta inspección se realizará en almacenamiento, una vez que los tubérculos hayan sido clasificados y seleccionados, previo a la desinfección. Se tomará una muestra con un tamaño mínimo de 200 tubérculos por lote de semilla. En caso de lotes mayores de 10 toneladas (220 qq) se deberá tomar una muestra adicional de 20 tubérculos por cada tonelada (22 qq) adicional de semilla. Una submuestra de estos tubérculos (1kg) será enviado al laboratorio de diagnóstico fitosanitario de AGROCALIDAD, para el análisis de fitoplasmas y (CaLso); si el resultado es positivo se debe realizar un nuevo muestreo y análisis, si éste es positivo se descartará el lote.

Una vez que se haya cumplido con todo este proceso, la autoridad competente emitirá los marbetes de certificación de semillas con base al volumen y presentación de la semilla para su posterior comercialización.

Los parámetros descritos anteriormente se encuentran a detalle y a disposición en el Manual de Producción de Tubérculo-Semilla de Papa (Velásquez et al., 2022) y para el caso de maíz los parámetros se los puede encontrar detallados en el libro Tecnologías para el Mantenimiento y Multiplicación de Semilla de Variedades de Polinización Libre de Maíz (Velásquez et al., 2024).





CAPÍTULO 3

Acondicionamiento y beneficio de semillas

El incremento de la productividad de los cultivos y la viabilidad económica de una actividad agrícola, depende directamente de la calidad de la semilla como insumo fundamental. En una semilla de calidad que garantiza los mejores resultados están involucrados atributos de mucha importancia y 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, mejorados y mantenidos desde la formación, desarrollo, maduración y poscosecha de la semilla.

Las semillas de alta calidad dependen directamente del manejo y condiciones de multiplicación en campo, sin embargo, estas después de ser cosechadas y secadas, siempre contienen materiales indeseables que deben ser removidos y eliminados de los lotes de semillas, con la utilización de maquinaria y técnicas apropiadas dentro de la Unidad de Beneficio de Semillas (UBS), donde destaca la pre-limpieza, limpieza, homogenización, estandarización, tratamiento, ensacado, etiquetado y distribución de semillas, como parte fundamental en la obtención de semillas de calidad; el beneficio o acondicionamiento, se constituye en una de las etapas más importantes para la obtención de semillas de alta calidad.

Independientemente de la forma y tecnología de producción y cosecha, las semillas de todas las especies y variedades, después de la cosecha, contiene materiales indeseables y contaminantes que deben ser removidos para facilitar, el secamiento, la clasificación, almacenamiento y la siembra, de ahí la importancia que el beneficio representa en la obtención de semillas de alta calidad que le permiten al agricultor, planificar su método de siembra, proyectar la densidad, calibrar las sembradoras y estar seguro de no diseminar hacia otras áreas, semillas de malezas y materiales contaminantes e indeseables.

Considerando la importancia que tiene el beneficio de semillas, el principal objetivo es limpiar, homogenizar, estandarizar y dar buena apariencia a la semilla y así obtener de un lote con el máximo porcentaje de semilla pura, con un alto grado de uniformidad, vigor y germinación, a un costo razonable, como producto de un conjunto de operaciones ejecutadas con el más estricto control.

3.1 Importancia y principios

En el mundo semillerista, siempre se ha reconocido que el acondicionamiento y beneficio de las semillas es un paso muy importante en cualquier programa organizado de producción, como parte integral de un esquema de semillas, que se realiza en un complejo agroindustrial especialmente diseñado, denominado Unidad de Beneficio de Semilla (UBS), cuyas operaciones se inician luego de la cosecha y se termina con el almacenamiento y distribución.

Considerando que la semilla es el principal insumo agrícola, las empresas de semilleras formalizan un conjunto de esfuerzos basados en una serie de principios para lograr semillas de alta calidad y a un costo razonable, basándose en la necesidad de obtener el máximo porcentaje de extracción de semilla pura para la venta y distribución con un mínimo de pérdidas, manteniendo la calidad inicial, con la máxima eficiencia del personal y equipamiento.

El beneficio de semillas, comprende todos los pasos y procedimientos a que la semilla es sometida desde su recepción en la UBS hasta el ensacado, etiquetado, almacenamiento y distribución. Considerando que, cada lote de semillas tiene su historial y existe una Ley y reglamento que regula el comercio de semillas en el sistema formal, las semillas previo al beneficio, deben ser identificadas, mediante los siguientes pasos:

3.2 Registro y recepción del lote

El sistema formal de producción de semillas en nuestro país, está regido por la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable - LOASFAS y su Reglamento (LOASFAS, 2017), donde el proceso de caracterización e identificación de los lotes de multiplicación de semillas que se comercializan deben estar perfectamente identificados, partiendo de un lote o cantidad determinada de semilla para ser beneficiada o almacenada. Los lotes son identificables físicamente a través de un código único registrado en el Sistema de Certificación de Semillas (SCS); es así que los materiales cosechados son recibidos en la UBS, donde se considera un lote a una cantidad limitada de semillas con atributos físicos y fisiológicos similares.

Son varias las características de la semilla que se registran al momento de la recepción en la empresa de semillas: nombre del propietario, origen del producto, cultivo, variedad, peso total de lote, número de quintales, fecha de cosecha, distancia y tiempo de traslado del lugar de origen hacia la planta de acondicionado, tipo de transporte, guía de transporte, entre otros.

Los lotes de semilla, pueden llegar a la UBS a granel o en sacos; cuando en la planta se recibe semilla a granel se registra la información del peso total del lote, en tanto que cuando se recibe en sacos, se tiene que etiquetar cada saco con la misma información de todo el lote. Una vez realizado todo el registro, se procede al muestreo para la determinación de la calidad del lote que se está ingresando a la planta de acondicionamiento de semillas.

Por todos los registros que anteceden al beneficio, cada lote de semillas posee su historial de cultivo, que es monitoreado y fiscalizados por los inspectores de semillas y de esta manera, se mantienen lotes individualizados y debidamente caracterizados con relación a:

1. Nombre del productor y/o multiplicador.
2. Origen.
3. Número y/o nombre del lote.
4. Peso total - cantidad de sacos.
5. Fecha de cosecha e ingreso.
6. Especie y variedad y/cultivar.
7. Humedad.
8. Pureza física.
9. Viabilidad CIC.

3.3 Actividades y etapas del beneficio de semillas

Basados en el principal objetivo del beneficio de semillas, se considera: la limpieza, homogenización, estandarización y la buena apariencia de la semilla. El acondicionamiento y beneficio se realiza en varias etapas y no todas son necesarias para todos los cultivos, las circunstancias y las condiciones en las que se reciben las semillas determinan el acondicionamiento y las operaciones especializadas que se necesitan para el beneficio de un lote de semillas, siendo así:

3.3.1 Pre-limpieza

La primera actividad que se realiza en la UBS, es la pre-limpieza debido a que las semillas, cuando son cosechadas, contienen un gran número de impurezas o materiales indeseables, como, material inerte, hojas verdes, terrones, pedazos de tallos, semillas de malezas, semillas de otras especies o de otras variedades, semillas mal formadas, fuera de patrón o fuera de tipo, las cuales deben ser eliminadas.

La operación de pre-limpieza permite eliminar los materiales mayores, menores y más livianos del lote de semillas. Para este trabajo se utiliza la máquina de aire y zarandas (MAZ) funcionando a su máxima capacidad, pues en esa etapa del beneficio es más importante el rendimiento que la eficacia del trabajo; de esta manera mejorará la calidad y el rendimiento de las máquinas subsecuentes. Las principales ventajas de la pre-limpieza son:

- **Facilidad de secamiento:** La remoción de las semillas de malezas y de restos de cosechas tales como tallos, hojas y vainas facilitarán esta operación en la que pue-



de realizarse mediante secamiento natural o artificial. 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.

- **Reducción del volumen en el almacenamiento temporal:** El empleo de cosechadoras combinadas permiten que muchos lotes de semillas principalmente de cereales lleguen con menos de 95 % de pureza, y en forrajeras como el rye-grass con menos de 60 %. La eliminación de los materiales más grandes propiciará una reducción del área para el almacenamiento temporal, 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 canchales se dificultará y las posibilidades de obstrucciones serán mayores.
- **Facilidad de operación de las máquinas subsecuentes:** La remoción previa del material grande, pequeño y liviano del medio del lote de semillas tornará 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.

3.3.2 Operaciones especiales

Algunas semillas necesitan de operaciones especiales adicionales para que puedan ser beneficiadas, como es el caso de las semillas pajosas y aristadas de trigo, cebada, avena, aristas de quinua, maíz en mazorca, legumbres de fréjol, haba, arveja, maní y de semillas duras y múltiples. Para realizar estas operaciones se necesitan equipos especiales, los cuales se presentan a continuación:

a) Desaristador

Conocido como desbarbador o desaristador, es utilizado para semillas pajosas, con apéndices 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 (Figura 23).

Estos brazos tienen cierta inclinación para mover la semilla dentro del tambor; las semillas al pasar por los brazos son frotadas entre sí y contra ellas mismas y pierden las aristas, barbas u otras protuberancias, mejorando su flujo y peso volumétrico.



Figura 23. Desbarbador de semillas Petkus modelo K321 / K322. Catálogo, interempresas PETKUS, 2025.

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

b) Desgranadora de maíz

En la producción de semilla de maíz, es obligatoria la cosecha mazorca por mazorca. Luego de la selección, en algunos casos, y dependiendo del volumen y de las características de las variedades, se podrá realizar el desgrane de forma manual o mecánica. Generalmente para variedades cristalinas y duras, las operaciones de desgrane son mecánicas y consiste en pasar las mazorcas de maíz por una máquina conformada por un molinete cilíndrico con dientes que al aprisionar la mazorca junto al armazón del desgranador provocado que la semilla de maíz se suelte del elote o tuza por acción de la fricción. La semilla y la mazorca son posteriormente separadas con uso de zarandas y en algunos modelos con la acción de un ventilador integrado al sistema (Figura 24). Para que la rotación del desgranador no dañe las semillas, se debe calibrar el desgranador a 350 rpm, esto dependerá del tipo de grano, es decir, si es amiláceo las revoluciones serán menores; y si es duro pueden aumentar, así se evitará daños mecánicos a la semilla.

El desgrane de semillas de maíz puede ser realizado por una cosechadora combinada, pero luego de la cosecha en mazorca, esto debido a que, para garantizar la calidad fisiológica, física y sanitaria, así como para minimizar los daños mecánicos, es aconsejable que se coseche el maíz en mazorca con 30 a 35 % humedad, muy cercano a la madurez fisiológica y sea secado a 14-15 % para luego realizar el desgrane.



Figura 24. Desgranadora de semilla de maíz 5TY-26. INIAP-EESC, 2025.

c) Trilladora o descascaradora

En la mayoría de leguminosas, es necesario remover la vaina o cáscara para obtener y liberar las semillas de las vainas como sucede con el chocho (*Lupinus mutabilis*), la arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia fava*), fréjol (*Paseolus vulgaris*) y otras leguminosas, posteriormente, se realizará la limpieza y clasificación. Existen algunas especies de leguminosas forestales como el algarrobo (*Ceratonia siliqua* L); donde las semillas tienen el tegumento muy duro y existe la necesidad de raspar la cubierta seminal (cáscara) para posibilitar que las semillas una vez sembradas, puedan absorber agua y desencadenar el proceso de germinación, a esta operación se lo denomina escarificación. La operación de descascarar y escarificar puede ser separada o combinada, utilizando para eso rollos o discos de superficies ásperas.



Figura 25. Trilladora descascaradora de leguminosas multifunción. Catálogo, Gugood, 2025.

3.4 Limpieza y clasificación de semillas

La limpieza y clasificación constituyen una etapa muy importante en el proceso de beneficio de semillas. Su finalidad es eliminar totalmente las impurezas que acompañan a los lotes de semilla, de esta manera, se uniformiza y se garantiza su calidad física. La remoción o separación de los materiales indeseables del medio del lote de semillas es posible por la diferencia en tamaño y forma que hay entre los componentes del lote. Las principales propiedades físicas utilizadas para este fin son: ancho, espesor, longitud, largo, peso, forma, peso específico, textura superficial, color y translucidez, conductividad eléctrica y afinidad por líquidos.

3.4.1 Separación por ancho y espesor

Las diferencias en ancho y espesor, permiten la separación y clasificación de las semillas, mediante el uso de zarandas, harneros, cribas, tamices y mallas de diferentes dimensiones y formas. Las más utilizadas son las de perforaciones redondas que permiten la separación por largo y las de perforaciones oblongas separan por espesor. Normalmente, los equipos para este trabajo, requieren de ventiladores que ayudan a separar por peso, removiendo los materiales más livianos.

a) Máquina de Aire y Zarandas (MAZ)

En una UBS, la máquina de aire y zarandas (MAZ), es uno de los equipos más importantes, debido a que, la mayoría de semillas de los diferentes cultivos pasan por esta máquina, en la que los materiales indeseables son removidos. Esta máquina, está diseñada y fabricada con zarandas y ventiladores que en conjunto separarán los materiales indeseables del medio del lote de semillas (Figura 26), Las más comunes son de cuatro, cinco y seis zarandas (Peske et al., 2019).

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:

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

Relacionando las dos denominaciones anteriores, se tiene que la 1ª es la 1ª zaranda superior; la 2ª es la 1ª zaranda inferior, la misma separará por primera vez los materiales menores; la 3ª es la 2ª zaranda superior, esta, separará por segunda vez los materiales mayores que la semilla; y la 4ª es la 2ª zaranda inferior. Como se detalla, los materiales más diferentes son separados en las dos primeras zarandas, esto facilita el trabajo de las dos inferiores que clasifican la semilla de tamaño requerido, en tanto que, el material mayor y menor, puede ser evaluado y comercializado para otro fin.

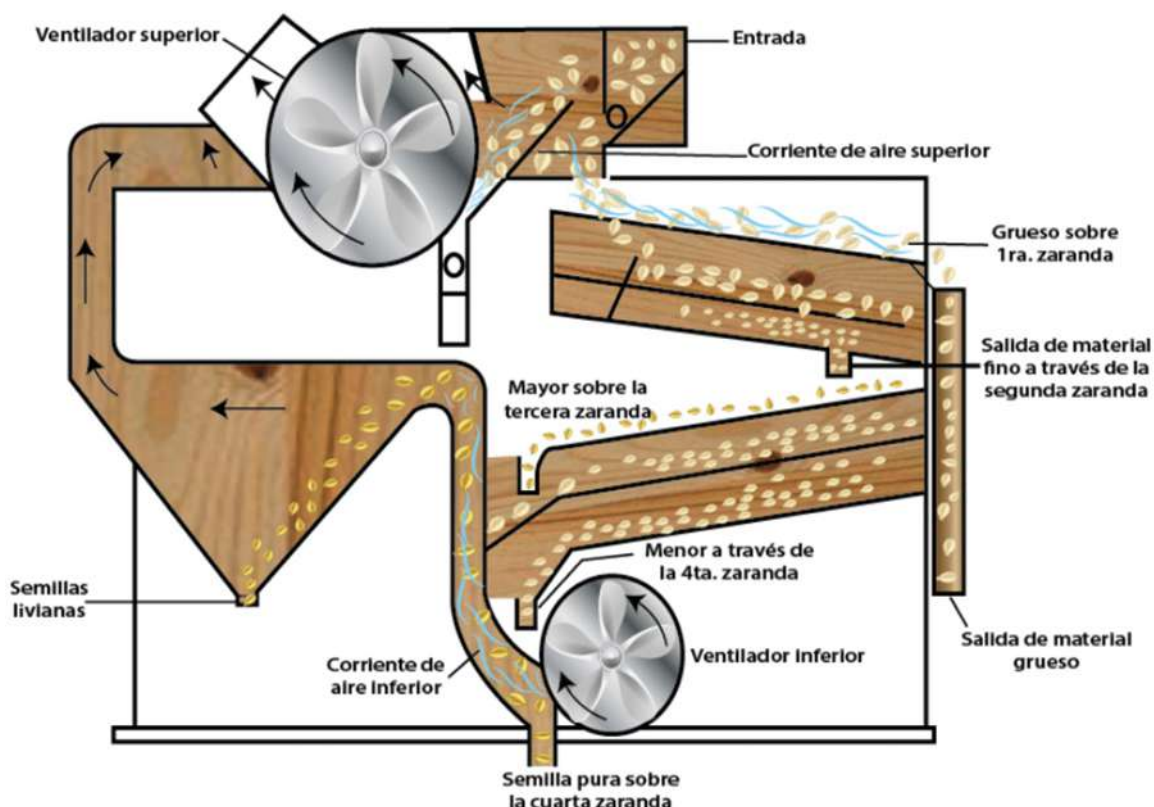


Figura 26. Flujograma de una máquina de aire y zarandas modelo Clipper. INIAP-EESC, 2025.

En una MAZ de cuatro zarandas, luego de la separación, se obtienen cinco materiales que son clasificados por su tamaño así: material grueso; material mayor a la semilla; semilla estándar; material menor a la semilla y material fino.

El material grueso es separado por arriba de la 1ª zaranda; el material fino sale a través de la 2ª zaranda; el material mayor grande sale por arriba de la 3ª zaranda y el menor a través de la 4ª zaranda y la semilla estándar sale por arriba de la 4ª zaranda.

La separación por aire se realiza cuando las semillas ingresan en la MAZ y si existe otro material liviano que no haya sido 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.

Dimensión de las perforaciones y disposición de las zarandas en una M.A.Z. (Clipper) de 4 zarandas para diversos cultivos. INIAP-EESC, 2025.

Cultivo	Zarandas (mm)*			
	1ª	2ª	3ª	4ª
Arveja	9,0	3,0x20	8,5	3,5x20
Avena	3,6x19	1,5x12,7	3,2x19	1,7x12,7
Cebada	6,7	1,8x12,7	6,4	2,2x19
Chocho	10,7	7,5	10,3	8,0
Fréjol	15	8,7	12,0	7,5
Haba	19	11,5	14,3	11
Maíz amiláceo	16	10	15,2	10,4
Maíz duro	12	7,5	11,5	7,9
Quinua	2,4	1,7	2,1	1,8
Rye Grass	1,7x19	1,3x19	1,7x12,7	1,4x6,4
Trigo	5,2	2,2x19	4,8	1,5x12,7

* Las dimensiones son aproximadas; cambian entre variedades y entre lotes de semillas.

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

Previo a la calibración y selección de las zarandas, se utilizarán primero las zarandas o harneros manuales de prueba de 20 x 20 cm, (Figura 27) para después hacer el ensayo con la máquina operando normalmente, donde se analiza la eficacia de separación y la pérdida de semillas para la efectiva separación.

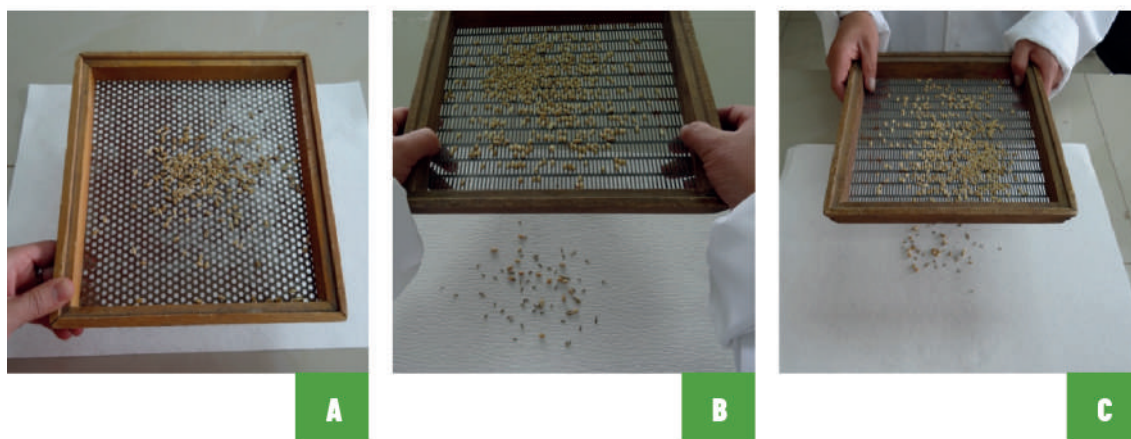


Figura 27. Tentativas con zarandas o harneros manuales de prueba de 20 x 20 cm. A: zaranda de orificios redondos, B y C: zaranda de orificios oblongos. INIAP-EESC, 2025.

La calibración de la MAZ, es fundamental para un adecuado funcionamiento, operatividad y eficiencia. Esta debe estar debidamente ajustada en relación a los siguientes elementos:

Entrada y alimentación. Para una mayor separación y rendimiento, las semillas deben entrar en la máquina con un flujo continuo y uniforme. Para eso, se utiliza encima de 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 (Peske et al., 2019).

Velocidad del aire. Siendo la máquina de aire y zarandas el principal equipo en una UBS, 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 (Peske et al., 2019). Un buen ajuste es aquel en que algunas semillas deseables salen junto con los materiales livianos. Es necesario considerar que la separación por aire en esta máquina no es precisa; se recomienda, no forzar los ventiladores, para evitar que las pérdidas aumenten por el paso de algún material liviano junto a las semillas.

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 la vibración de las zarandas. El movimiento no debe ser muy fuerte, para evitar 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 el arroz, avena, trigo, cebada, entre otras. Las máquinas más simples no poseen este ajuste, operando con una vibración constante de aproximadamente 400 rpm.

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 de menor importancia.

Selección de zarandas. Existen más de 200 tipos de zarandas a disposición del operador 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.

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 28). Sin embargo, en la nomenclatura norteamericana se usan pulgadas: zarandas con orificios mayores de 2 mm son denominadas como 64 avos de pulgada, o sea $5,5/64$ 80/64. Zarandas con menos de 2 mm de diámetro del orificio son denominadas como parte o fracción de pulgada, o sea $1/12$, $1/13$... $1/30$ (Peske et al., 2019).

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 mm, 12 mm o 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 $3/4$ (Peske & Baldet, 2005).

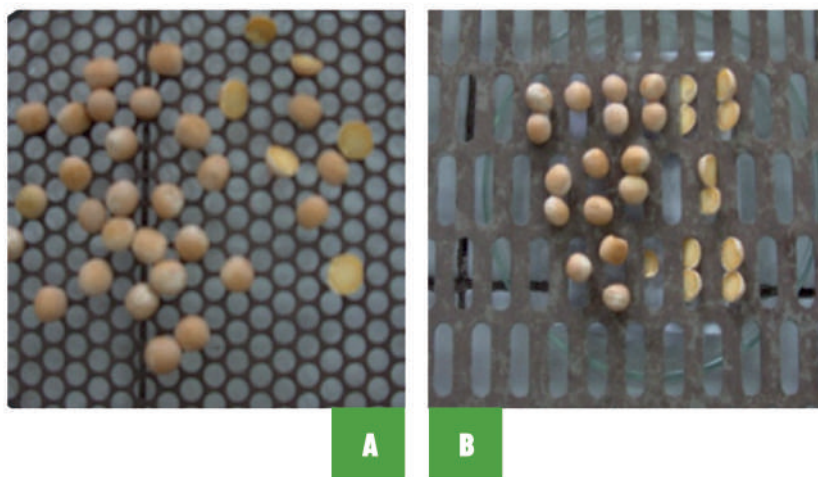


Figura 28. Separación por ancho y espesor mediante zarandas. A: zaranda redonda, B: zaranda oblonga. INIAP-EESC, 2024.

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 (Peske et al., 2019).

Limpieza de las zarandas. muchas de las semillas al pasar por sobre las zarandas, normalmente se quedan atrapadas en los orificios, dificultando el trabajo de la máquina; con esta consideración, la eficiencia de las zarandas está en función del número



de perforaciones que permanecen desobstruidos durante el trabajo. Para evitar que las perforaciones de las zarandas se obstruyan, las MAZ tienen mecanismos de auto limpieza que pueden ser, 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 y las más actuales que utilizan bolas de goma colocadas en compartimientos especiales debajo de las zarandas.

Sabiendo la importancia que tiene la MAZ, en la obtención de semillas de calidad, antes de iniciar la operación es indispensable seguir y aplicar los pasos descritos a continuación:

- Las semillas de todas las especies y variedades pasan por la MAZ, por esta razón es necesario limpiar cuidadosamente la máquina antes de iniciar cualquier trabajo, de esta manera se reduce al mínimo las mezclas varietales.
- El análisis físico del Control Interno de Calidad (CIC), proporcionará la información que permitirá seleccionar las zarandas para el lote de semillas.
- Colocar las zarandas en orden de acuerdo con el modelo, sabiendo que las superiores separan los materiales más diferenciables del lote.
- Verificar la inclinación y vibración de las zarandas.
- Ajustar las escobas o el mecanismo de auto limpieza.
- Cerrar las compuertas de alimentación y de los ventiladores.
- Encender la máquina.
- Abrir lentamente la alimentación.
- Abrir la compuerta del aire inferior hasta que los materiales livianos sean eliminados.
- Abrir la compuerta del aire superior hasta que los materiales livianos y algunas semillas sean levantados.
- Reajustar los pasos necesarios para obtener eficiencia.

b) Control interno de calidad (CIC)

En todo proceso agroindustrial, cada una de las etapas dentro del flujo de semillas en la planta deben pasar por un CIC, y en el caso específico de la MAZ, la mayoría de los problemas relacionados con la calidad del trabajo, no están relacionados específicamente con los ajustes de la máquina, sino principalmente con la elección de los tamices que se utilizan para beneficiar un determinado lote de semillas. Antes de que un lote de semilla ingrese a la línea de beneficio, es necesario calibrar y seleccionar el tipo de zaranda, en toda UBS, se debe contar con un juego de al menos 10 tamices o zarandas, para cada especie, ya sea con orificios redondos para separar por diferencia de ancho, o con orificios oblongos para separar semillas de materiales indeseables por diferencias

de espesor.

c) Prueba de selección de zarandas o tamices

La prueba tiene como objetivo seleccionar rápidamente las zarandas que se utilizarán en MAZ para un lote determinado de semillas, así como también, permite conocer de forma rápida y precisa la composición del lote de semillas, en cuanto, al tamaño promedio de las semillas, para fines de clasificación; además, se puede estimar el porcentaje de descarte y daño mecánico a través del porcentaje de semillas partidas. Para el caso específico de semillas de maíz, también permite determinar los porcentajes de semillas redondas y planas en el lote.

La prueba se basa en la necesidad de disponer los tamices de agujeros redondos, colocando en el conjunto alrededor de siete más el de fondo ciego, de arriba a abajo se reduce el tamaño de los agujeros, siendo el más pequeño el que encaja sobre el que tiene el fondo ciego, se mueven y sacuden las semillas sobre el juego de tamices de agujeros redondos; se pesa y se registra el peso de lo que quedó encima de cada tamiz y el del fondo ciego. El mismo proceso se realiza con el juego de tamices de agujeros oblongos. Una vez que esté listo para elegir los tamaños y formas de las zarandas y determinar los porcentajes de pérdidas, se completa la hoja de trabajo de selección de las zarandas en el CIC.

3.4.2 Separación por peso específico o densidad

Las semillas son organismos vivos que para mantenerse con vida necesitan respirar. El mecanismo de respiración consume carbohidratos almacenados en el endospermo y cotiledones provocando que la semilla pierda peso y por lo tanto una disminución en su calidad fisiológica. Este proceso es irreversible y solo se logra su prolongación con una buena separación y clasificación, hasta llegar a su almacenamiento en ambientes controlados.

En la separación por peso es importante que el productor sepa determinar el punto de madurez fisiológica, en los cultivos de interés, en este punto las semillas de la mayoría de cultivo alcanzan su máximo peso seco, germinación y vigor, es decir, la mayor calidad, pero la humedad del grano está entre el 30 y 50 %. Desde el punto de vista práctico es difícil cosechar un lote de semillas con alto contenido de humedad, especialmente si hay partes del lote que aún pueden estar verdes o en estado de leche. Una buena supervisión controla estos detalles que son decisiones técnicas.

El peso de las semillas es un aspecto de enorme importancia y considerando que un lote de semillas puede presentar materiales con densidades variables, no solo al consumo de reservas por efecto de la respiración si no también, al ataque de insectos, enfermedades, maduración desuniforme y lluvias próximas a la cosecha. 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 lote. Piedras, granos partidos, pedazos de tallos y semillas de malezas son ejemplos clásicos de materiales indeseables que tienen que ser separados por densidad o peso específico.

La separación más exacta por densidad es a través de medios líquidos, hasta la actualidad no existe una tecnología desarrollada para este fin, por lo que, se utilizan máquinas que realizan un mejor trabajo de separación por densidad y son comúnmente llamadas mesas de gravedad o mesas densimétricas.

a) Mesa de gravedad o mesa densimétrica

Este tipo de máquinas realizan un trabajo determinado, y son utilizadas después de la MAZ, y se recomienda para todo tipo de semillas (Figura 29). La separación por densidad se efectúa en dos etapas: la primera 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 por encima y las más pesadas que no son levantadas por el aire, permanecen en contacto con la malla de la mesa; la segunda etapa, consiste en la separación propiamente dicha, es decir, las pesadas se mueven para la parte más alta de la mesa y las más livianas por efecto de la gravedad por la parte más baja de la mesa. Esta separación es posible porque 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, en tanto que las pesadas que están en contacto con la mesa, sufren el efecto de la vibración lateral y son desplazadas a la parte superior (Peske & Baldet, 2005). 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 de manera individual, 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 ocasiones mejorar este atributo de calidad, debido a que en algunas semillas puede haber formación de espacios vacíos disminuyendo así la densidad.



Figura 29. Mesa de gravedad o mesa densimétrica, INIAP-EESC. 2025.

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 %.

b) Separador neumático

Esta máquina también clasifica semillas de acuerdo con su peso, este proceso es realizado por corrientes de aire forzado (Figura 30). 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. Así las más livianas serán levantadas y descargadas en la parte superior del separador y las más pesadas serán almacenadas al inferior de este aparato.



Figura 30. Separador neumático de dos salidas INIAP-EESC, 2025

3.4.3 Separación por largo

La cosecha de semillas de cereales, por lo general, se lo realiza con cosechadoras combinadas de gran capacidad que trillan los granos dentro de un cilindro que gira a altas revoluciones. Este mecanismo puede partir las semillas quedando pedazos indeseables que difieren en tamaño y que deben ser separados por longitud. Para ello, existen máquinas que se las clasifica en dos tipos diferentes: separadores de discos y de cilindro separador tipo "trieur" (Figura 31). El mecanismo alveolado en el que se basan los dos sistemas tiene como base el de 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 (Peske et al., 2019).

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 de mayor longitud, 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 sinfín para afuera 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, con esta perfecta calibración se conseguirá una mejor eficiencia por hora.

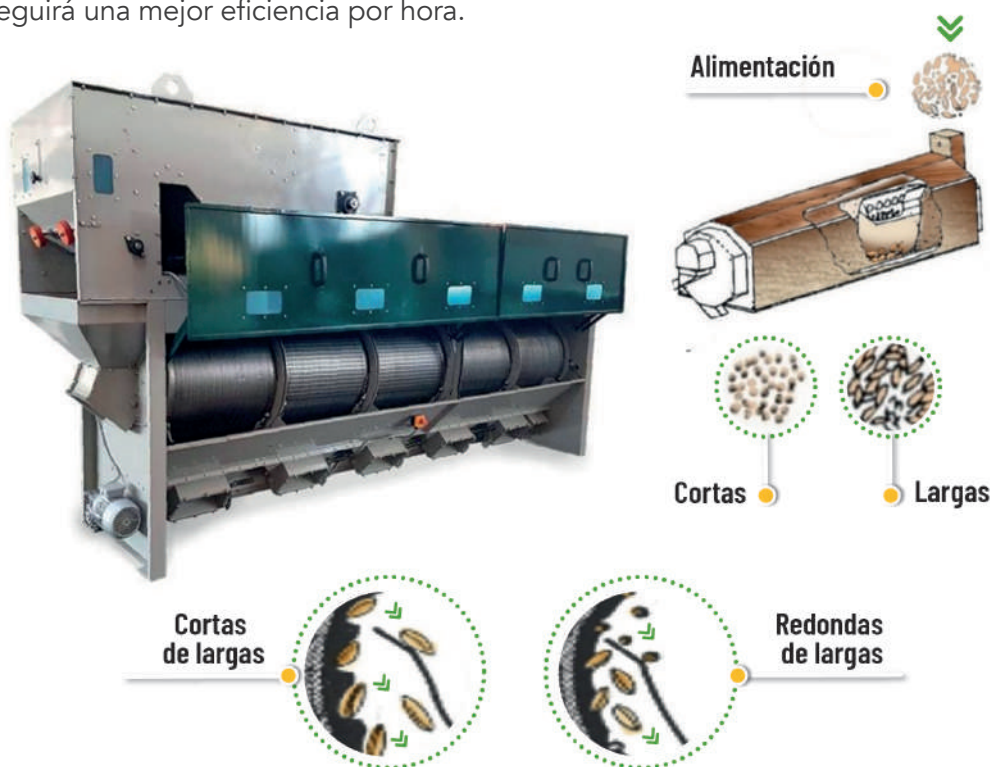


Figura 31. Clasificador de granos multifunción y corte transversal de un cilindro separador. Adaptado de (Peske et al., 2019).

3.4.4 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 forrajeras, semillas de malezas como lengua de vaca (*Rumex* spp.) y algunas umbelíferas, que tienen tamaños similares a las de alfalfa y trébol, pero difieren en la textura superficial.

Para 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

terminadoras, depuradoras o de acabado, es decir, las semillas al ser pasadas por estos aparatos, previamente deben ser procesadas en la MAZ o en otra máquina como el 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 32). 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.

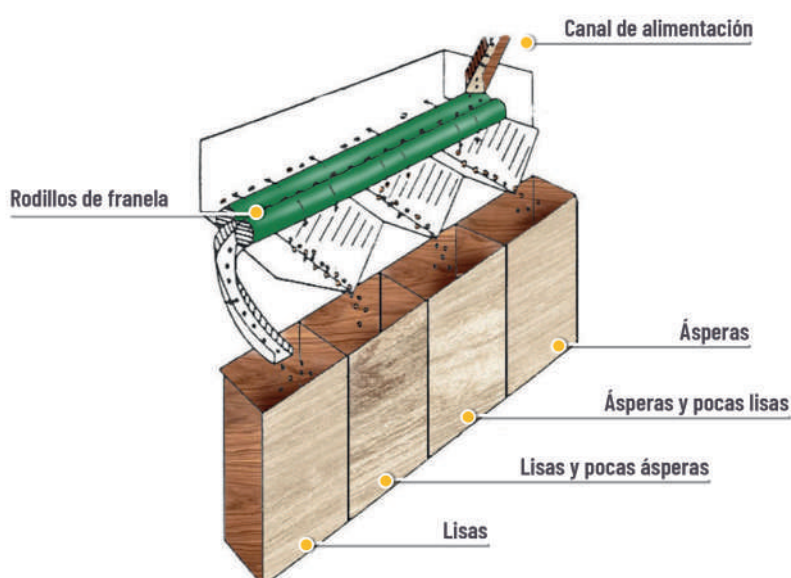


Figura 32. Esquema de un rodillo separador. Adaptado de (Peske et al., 2019).

3.4.5 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, aplastadas, defectuosas o atacadas por insectos mediante un equipo llamado separador en espiral.

El separador en espiral consta de un tubo central al cuál están sujetos dos tipos de espirales, uno interno pequeño y otro externo de mayor tamaño (Figura 33 A). El espiral interno es el que realiza la separación en la que las semillas o lote de semillas colocadas en la parte superior comienzan a rodar y deslizarse. Los materiales redondos adquieren mayor velocidad y son lanzados por fuera de las curvas del espiral pequeño, para luego ser recogidos por el espiral grande o externo.



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.

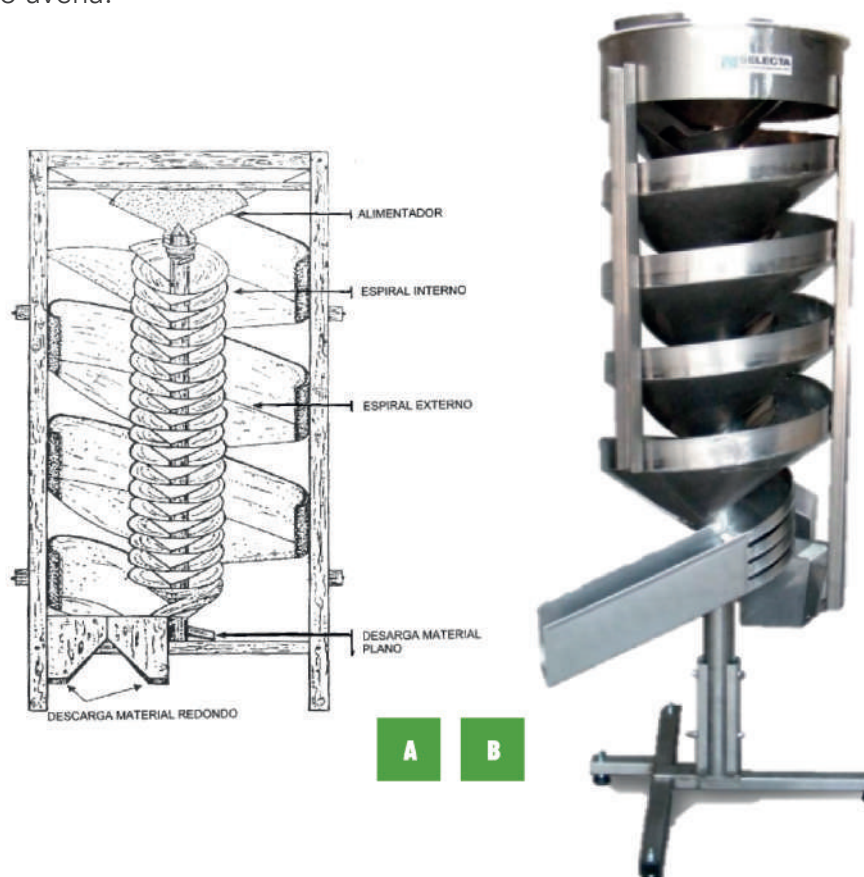


Figura 33. A: Diagrama y B: Fotografía de un separador en espiral (Peske & Baldet, 2005).

El separador en espiral 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 equipo, se puede separar por forma con el empleo de la banda separadora (Figura 33 B). Es muy utilizada para separar semillas redondas de aplanadas, éste 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.

3.4.6 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 34). Semillas con características físicas idénticas que solo difieren por la coloración pueden ser separadas por medio de seleccionadores electrónicos conocidos

como selectrones. Estos aparatos funcionan mediante 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 refracción 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 34. Selectrón para separación de granos por color STH-DCD. Catálogo Grainprocesslines, TAIHO, 2025.

3.4.7 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.

En el caso de colocar limalla de hierro al final de la máquina provocará un tambor magnético el cual atrapa o retiene aquellas semillas que se recubrieron del hierro, en tanto que aquellas que no tienen esta afinidad serán descargadas como semillas limpias.

Si se coloca aserrín, aquellas semillas que su pericarpio se tornó gelatinoso, se envolverán de este producto y aumentarán de tamaño para posteriormente separarlas mediante un sistema de zarandas.

Esta máquina está compuesta de una cámara en cuyo interior se encuentra un rodillo sin fin, el mismo que transporta la semilla desde la tolva alimentadora hasta el tambor magnético, simultáneamente dos sistemas automáticos rociarán agua y limalla de hierro o aserrín.



3.5 Tratamiento de semillas

Dada la importancia que tiene el aspecto y la calidad de la semilla para su comercialización y considerando que, el principal objetivo del beneficio es: limpiar, homogenizar, estandarizar, proteger y por último y no menos importante dar buena apariencia a la semilla, la desinfección es fundamental e importante en la distribución de una semilla de calidad.

Generalmente, después de la eliminación de los materiales indeseables del lote de semillas y haber realizado el proceso citado en el párrafo anterior, en la mayoría de los casos, es conveniente proteger las semillas contra el ataque de insectos plaga y organismos patógenos durante sus primeros estadíos en campo. En algunos países, se aplican normas de comercialización, obligando al productor a tratar las semillas para su venta; sin embargo, en Ecuador, el tratamiento de las semillas es recomendado para los productores que se encuentran distribuyendo semillas en el sistema formal de producción, aún así, las empresas productoras han determinado un plus en la desinfección que incluso es un indicativo y diferenciación de marcas.

Cuando de tratamiento de semilla se trata, existen una serie de requisitos básicos para que el tratamiento sea más efectivo, como; especie a desinfectar, tipo de producto químico, tipo de patógeno, modo de supervivencia del patógeno en la semilla, potencial de inóculo sobre o dentro de la semilla, variabilidad del patógeno e insecto en cuanto a la sensibilidad al tratamiento químico, condiciones del campo en el que se sembrará la semilla tratada, dosis del producto químico, métodos y equipo utilizado.

En una UBS, las tratadoras de semillas, se encuentran ubicadas al final de la línea de beneficio, generalmente después de la mesa de gravedad o de la clasificadora de semillas. Normalmente son sencillas y cuenta con un tanque o tolva reguladora de flujo, otro tanque para el producto químico, un compartimiento para mezclar las semillas con el líquido y un tanque grande con bomba y agitador para el producto químico. Las tratadoras de semillas más habituales se recomiendan para productos líquidos, que no suponen tantos problemas para la salud de los operarios, pero también existen algunos modelos de tratadores de productos en polvo.

La mayoría de semilleros, tienen como objetivo, comercializar semilla tratada en la UBS y de esa manera asegurar y eliminar los riesgos que pueden correr los agricultores al tratar las semillas al sembrar en el campo, pero principalmente buscan ventajas al mejorar la calidad en el tratamiento, mejor distribución de semillas y dosis correcta, mantenimiento de la calidad fisiológica y del potencial genético, reducción de riesgos en las operaciones de campo, errores de dosificación, intoxicaciones de los operadores, problemas operativos, asistencia técnica, rapidez en la siembra y maximización en el tiempo de siembra.

En empresas semilleras grandes, los equipos que en la actualidad realizan el tratamiento industrial de semillas, pueden considerarse una innovación tecnológica en el sector, debido a que incluye sistemas de atomización/aspersión, controladores lógicos programables, computadoras, básculas para medir el flujo de semillas, bombas de alta precisión, sistemas de medición de peso de producto, ensacado automatizado y otras tecnologías.

Además, podemos resaltar que un factor sumamente importante en tratamiento de semillas, es que los sectores comerciales y productivos de las empresas deben realizar una planificación rigurosa de los volúmenes de semillas a tratar, debido a que no deben quedar restos en los almacenes de distribución. Este hecho puede ser perjudicial en el caso de especies de vida corta y que no mantienen bien su calidad fisiológica durante el almacenamiento y son comercializadas en el siguiente ciclo. Si esto ocurre, estas semillas no pueden venderse como grano comercial por haber recibido tratamientos con agroquímicos.

Otra operación que forma parte del tratamiento de semillas es el recubrimiento; el cual consiste en el depósito de una capa fina y uniforme de un polímero sobre la superficie de la semilla. Dentro del recubrimiento se consideran operaciones de incrustación, que consiste en la aplicación de material inerte y polímero, manteniendo casi en su totalidad la forma original de la semilla y finalmente está la peletización, que aumenta el tamaño y forma de las semillas, proceso basado en la masa inicial de las semillas.

3.6 Transporte de la semilla en la UBS

En una empresa semillera, generalmente se manipulan grandes cantidades de semillas durante las diferentes etapas del acondicionamiento y beneficio, por lo que es necesario considerar que las diferentes máquinas y etapas, deben enfrentar todas las necesidades de transporte de manera eficiente y continua, con el objetivo de evitar; cuellos de botella, paralizaciones, minimizar los daños mecánicos y de mezclas varietales, así como también, reducir los costos operativos, mantener la eficiencia del tratamiento y la distribución.

El transporte de semillas consiste en mover material de un punto a otro en el plano horizontal o vertical, en un plano inclinado o por gravedad, por lo tanto, un único sistema de transporte dentro de la planta de beneficio, no puede cubrir con éxito todas las operaciones. Para cubrir esta necesidad, en el mercado existen varios tipos de transportación de semillas, a continuación, se describen los principales:

- Elevadores de cangilones.
- Cintas/cintas transportadoras.
- Transportadores vibratorios (canal vibratorio).
- Transportadores de tornillo (gusano, caracol).
- Carretillas elevadoras.
- Transportadores neumáticos.
- Transportadores de cadena.

En estos sistemas de transporte, los daños mecánicos son uno de los principales inconvenientes, puesto que funcionan a velocidades elevadas dependiendo del motor que los mueve, por lo tanto, se recomiendan cubrir los cabezales, codos, yes, uniones y demás componentes con goma, como una alternativa para reducir los daños por impacto.

3.7 Planificación y proyección de una UBS

Las instalaciones de una UBS requieren de una alta inversión y, por lo tanto, se debe planificar de tal manera que opere eficientemente en términos de capacidad, volumen de producción, facilidad de limpieza y transporte, para que la semilla beneficiada sea de alta calidad.

En los planes de beneficio de semillas, es importante considerar, las diferentes características físicas de cada especie y variedad, para limpiar, separar y estandarizar las semillas de un lote, así como, los principios mecánicos utilizados para este fin. También, debe recordarse que, para la mayoría de los lotes de semillas, es necesario utilizar más de un tipo de máquina para obtener semillas de calidad adecuada para su comercialización y siembra. Se conoce que para las semillas de trigo, cebada, avena y arroz los medios utilizados para la limpieza son prácticamente los mismos, sin embargo, para las semillas de maíz, fréjol, arveja, rye-grass y haba los medios son diferentes, por lo que, el técnico involucrado en la planificación de una UBS debe estar preparado para poder seleccionar las máquinas que se utilizarán para cada especie y disponerlas de manera que haya un flujo continuo de operación en una secuencia eficiente para un volumen determinado de semillas.

La planificación de una UBS, considera que la semilla tiene que ser recibida, prelimpiada, secada, limpiada, clasificada, tratada, envasada, almacenada y distribuida con la mínima posibilidad de que existan mezclas varietales y en el tiempo requerido. Al planificar una UBS, se deben considerar muchos factores para que sea completamente exitosa, los equipos de transporte, secado, limpieza y clasificación deberán distribuirse de manera que la semilla tenga un flujo continuo desde la recepción hasta el punto de envío para su distribución. También es fundamental que se planifique un sistema para eliminar el polvo y materiales indeseables removidos en las diversas operaciones utilizadas en la limpieza y clasificación de semillas.

Es fundamental que el operador se familiarice con los equipos a seleccionar, lo que puede hacerse a través de descripciones de las máquinas ofertadas en el mercado y visitas a las UBS que las utilizan, observando atentamente su desempeño. Se deben considerar algunos aspectos antes de realizar la compra, como la facilidad de ajuste, la capacidad, el tamaño, la robustez, los recambios y la energía necesaria, entre otros. Otro aspecto importante en la selección de equipos es la capacidad de las diferentes máquinas, que deben ser más o menos equivalentes, para asegurar el flujo continuo de operaciones. Si una determinada máquina tiene un rendimiento inferior a otra, se debe considerar la instalación de dos de estas máquinas, como es el caso de dos cilindros por cada MAZ con cuatro tamices.

Las UBS, más comunes son aquellas en las que todas las máquinas utilizadas están en el mismo plano. Este tipo de disposición requiere un elevador para cada máquina para transportar la semilla procesada a otra ubicación en el diagrama de flujo de operación, por lo general en esta posición se coloca un elevador con posibilidad de descarga a dos o más ubicaciones permitiendo una mayor flexibilidad en el flujo de semillas. Las ventajas de la planificación de una UBS, es que una sola persona podrá supervisar toda la UBS, sin mayores problemas de transporte; una máquina ya no podrá utilizarse y la distancia que deberá recorrer la semilla hasta otra máquina no aumentará mucho; se pueden utilizar máquinas montadas sobre bases móviles, como por ejemplo el cilindro separador, las bases de fijación de las diferentes máquinas pueden estar menos reforzadas.





CAPÍTULO 4

Secamiento 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 (Filhio, 2005). De esta manera, los efectos del agua sobre las semillas, influye directamente sobre la velocidad e intensidad de la respiración, así como, en la actividad de insectos plaga y organismos patógenos. 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.

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 contenidos de humedad del 13 % para el grupo de las amiláceas y de 11 a 12 % para las oleaginosas, pueden ser almacenadas por un período 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 plaga y organismos patógenos. Así, cuando por primera vez la semilla alcanza una humedad de 11 a 13 %, estará 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) Oportunidad 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 experimentado 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).

Cuando 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 secados 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 secarse 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. Para cada punto de HR, la semilla tendrá un porcentaje de humedad, denominado equilibrio higroscópico (EH) (Peske et al., 2019); 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 principales factores que influyen en el EH de las semillas son:

- a) **Constituyentes químicos:** algunas semillas como las oleaginosas, poseen en su interior agua y aceite, al no poder mezclarse los contenidos de humedad son más bajos para entrar en EH.
- b) **Temperatura ambiental:** la humedad de las semillas llegará a ser más baja cuando la temperatura vaya aumentando. 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 et al., 2019). Para entender mejor el proceso de secado es necesario conocer algunas propiedades físicas del aire.



Tabla 7.

Estado de equilibrio higroscópico en relación a diferentes niveles de HR.

ESPECIE	Humedad Relativa (%)								
	5	30	40	60	65	70	75	80	90
Arroz	5,5	9,0	10,0	12,5	13,0	13,5	14,5	15,5	18,0
Maíz	6,0	8,5	10,0	12,5	13,0	13,5	15,0	-	19,0
Fréjol	5,5	8,0	9,0	11,0	13,0	13,5	14,5	16,5	20,0
Soya	4,0	6,5	7,0	9,5	11,0	12,0	13,0	15,5	19,0
Trigo	6,0	8,5	10,0	12,5	-	13,5	-	16,5	20,0

Fuente: (Peske et al., 2019)

4.1.2 Propiedades físicas del aire

El aire está constituido de varios gases, principalmente nitrógeno, oxígeno, y vapor de agua, que 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 libro será considerada la determinación gráfica por ser más simple y suficientemente precisa. Para esto, se utiliza la carta psicrométrica (Figura 35).

- a) **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 bota, la TBS está representada por líneas perpendiculares a la suela de la bota (Figura 35).
- b) **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 %.

Para determinar las principales propiedades físicas del aire, se recurre a un psicrómetro, el cual tiene un termómetro de bulbo seco y otro de bulbo húmedo, con la lectura de los dos se puede determinar la humedad relativa como punto de partida para iniciar un proceso de secado, sabiendo que la temperatura ambiental TBS y la HR son las principales. Como ejemplo en la Figura 35 se puede observar que la TBS es 21 °C y la temperatura del TBH es 18 °C, al juntar las dos líneas, estas marcan la HR 40 % (punto A), que serían 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 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), 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 es la diferencia, mayor es la eficiencia de secado.

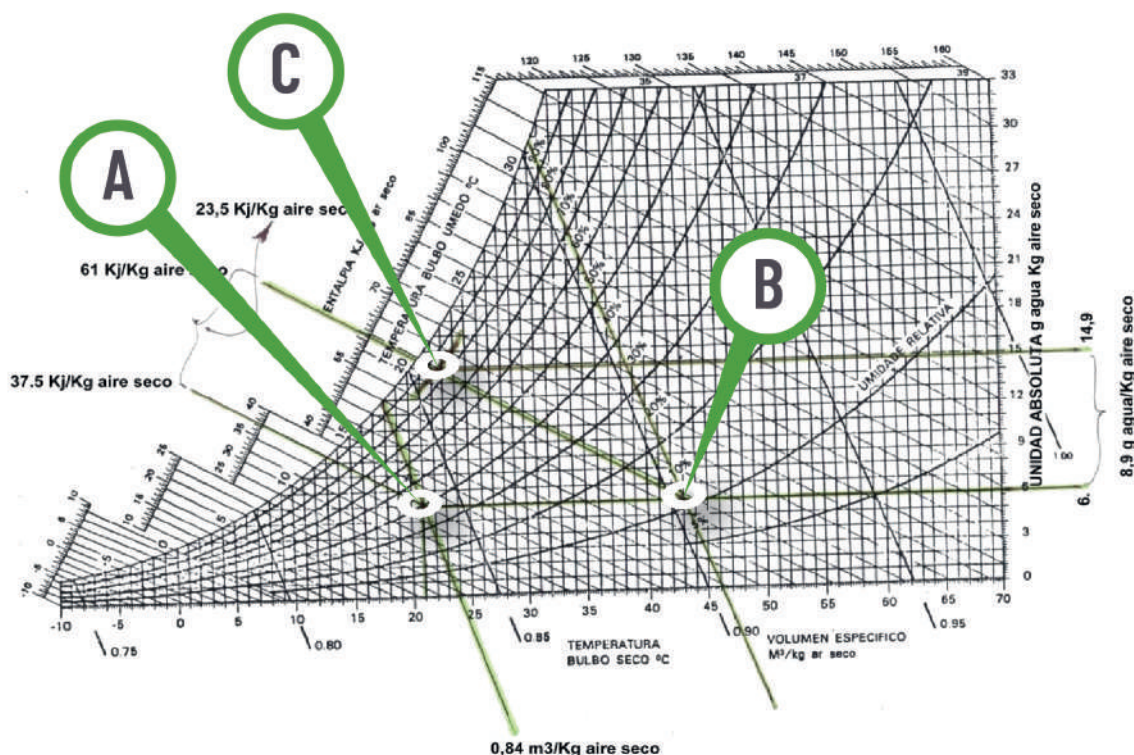


Figura 35. Propiedades físicas del aire, representadas en una carta psicrométrica. INIAP-EESC, 2025.

4.2 Métodos de secado

El secado consiste en retirar 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, esté acompañada por la migración de la humedad de su interior para la superficie. Esto ocurre normalmente, porque con la creación del gradiente de humedad, la migración se produce de los locales más húmedos para los más secos. Para conseguir esto, se utilizan 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:

4.2.1 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 extender 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, de forma 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 removidas cada 30 minutos para que toda el área sea expuesta al aire.

En el caso de semillas que son lavadas (Ej.: tomate de árbol), este movimiento es esencial; caso contrario, tendrá un gradiente muy amplio de humedad en la semilla y ocasionará rupturas internas. Considerando que el secado natural se demora más, 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 desparrahadas de forma ondulada sobre la zaranda, la cual es posteriormente levantada a una altura de 0,5 a 1,0 m del suelo, permitiendo que el aire pase por arriba y por abajo de las semillas, disminuyendo considerablemente el tiempo de secado (Figura 36 A y B).



Figura 36. Secamiento. A: natural en cajas y B: sobre plancha de cemento. INIAP-EESC, 2025.

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 mismas que no son adecuadas para el secado de semillas. Un ejemplo claro es el caso de días con alta HR de 90 a 100 %.

En las regiones donde la HR en el periodo de cosecha es baja, y las posibilidades de lluvias son bastante reducidas, el secado natural de granos 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 secador: estacionario, continuo e intermitente.

a) 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 et al., 2019).

b) Flujo del aire: el aire posee dos funciones en el proceso de secado:

Crear condiciones para que la semilla pierda humedad por evaporación, generalmente a través del calor de la fuente hasta el local del secado de las semillas o cámara de secado y 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 es limitada, como muestra el siguiente ejemplo: Para secar 5 toneladas de semillas de soya con una velocidad del 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 éstas 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, resultando antieconómico.

Si se quiere saber cuántos 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 calcula la presión estática utilizando 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 m³/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 m³/min/t⁻¹. 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 que se va a secar. Si este valor se encuentra entre 4 y 17 m³/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 gruesa, 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 midiera en el plenum de la base del silo.

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

Especie		
	Nombre científico	Peso volumétrico (kg/m ⁻³)
Arroz	(<i>Oryza sativa</i> L.)	580
Avena	(<i>Avena sativa</i> L.)	410
Cebada	(<i>Hordeum vulgare</i> L.)	615
Fréjol	(<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	770
Haba	(<i>Vicia faba</i> L.)	770
Lenteja	(<i>Ervum Lens</i> L.)	770
Maíz desgranado	(<i>Zea mays</i> L.)	715
Maíz en mazorca	(<i>Zea mays</i> L.)	450
Soya	(<i>Glycine max</i> (L.) Merr.)	770
Trigo	(<i>Triticum aestivum</i> L.)	770

Fuente: INIAP-EESC, 2008.

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 m³/min/m² de piso. Como el área es $3,14 \times 22 = 12,6$ m², el caudal de aire es $12,6 \times 10 = 126$ m³/min. El flujo por tonelada de semilla se calcula dividiendo el caudal de aire por la masa de semillas que para este caso son 10 t.

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 la 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 con equilibrio con la HR del aire de secado. De esa manera, dos cuidados deben ser tomados:

- a) Para que no se dé 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, tornándose 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 permite determinar 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 et al., 2019).

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 et al., 2019). Como se discutió 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 45°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 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, se coloca una escalera

amortiguadora de impactos, localizada en el tubo de unión 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 37). La resistencia que las semillas ofrecen al paso del aire, se da de manera vertical, aumentando con la altura de la capa de semillas a secar, 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, entre otras).

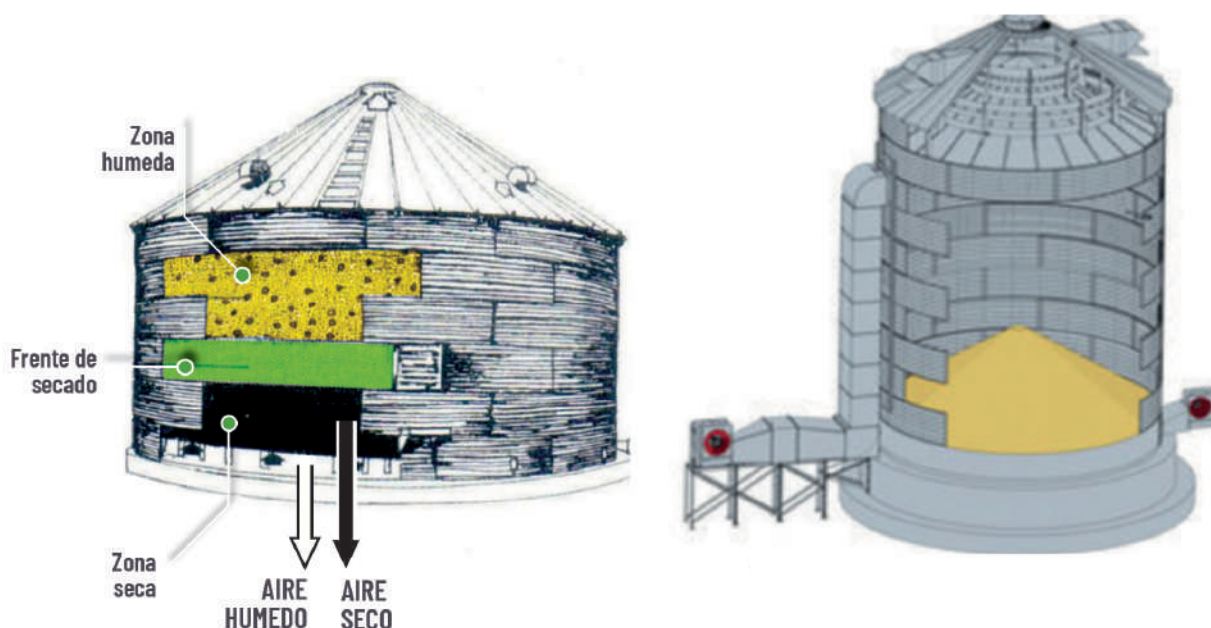


Figura 37. Secador de fondo falso tipo silo (Arias, 1993).

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, se aumenta la capa de semillas, debido a que, para la aireación, es necesario un bajo flujo del aire (0,1 a 0,6 m³/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 38), 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.

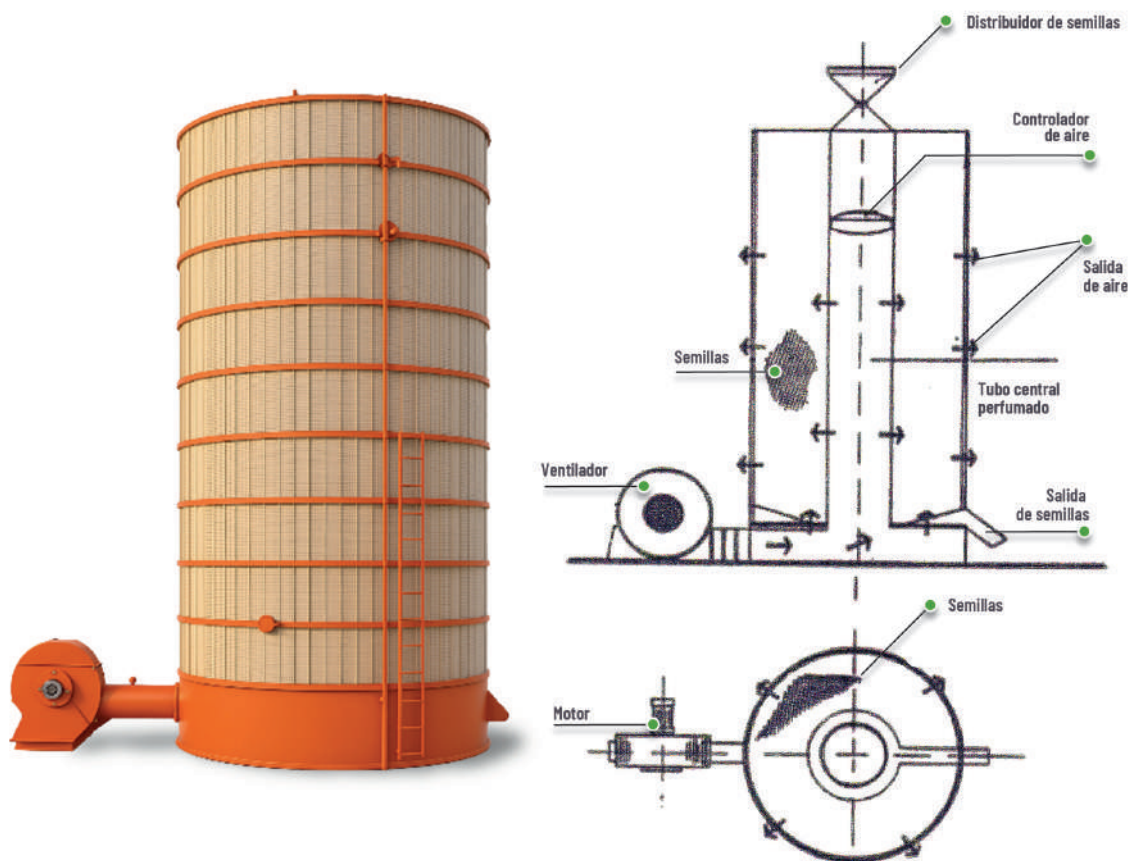


Figura 38. Sistema de distribución de aire por ducto central en secador estacionario tipo silo (Baudet & Peske, 2005).

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.

En este tipo de secadores se presentan problemas referentes a la uniformidad del secado de las semillas, siendo algunas de las causas las siguientes:

- a) Mayor salida del aire en la parte inferior del secador, provocando un mejor secado de las semillas en este sitio.
- b) Nivelación de la capa de semillas en la parte superior del secador, provocando 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 llenado, debido a 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 de almacenamiento.

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 suplementario (10 °C). La altura del piso debe ser de 40 cm para insuflación de aire y la abertura donde se coloca la bolsa a secar debe ser de aproximadamente 60 % del área de la misma; caso contrario habrá problemas de uniformidad de secado, para cajas la abertura debe coincidir con el fondo de la bolsa.

Otro tipo de secador de sacos consiste en la formación de una ruma con un túnel en el centro, cerrado en una 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, a su vez, es barato y apenas se necesita de un ventilador (10-15 HP). Se importante evitar el escape del aire entre las bolsas, tapando los huecos con sacos vacíos.

4.2.9 Silos secadores de maíz en mazorca

Para evitar la permanencia del maíz en el campo expuesto a condiciones ambientales, este debe ser cosechado en un punto cercano a la madurez fisiológica, en el que los granos contienen alta humedad, tornándose necesario y urgente su secado a una humedad segura (13 %). Para lo cual se utilizan secadores de diferentes diseños, generalmente con compartimentos.

Los compartimentos 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. El secado de maíz en mazorca con 32 % de humedad, para bajarlo a 13 % requiere de aproximadamente 72 horas de secado, dependiendo del flujo del aire y la temperatura. (Figura 39).

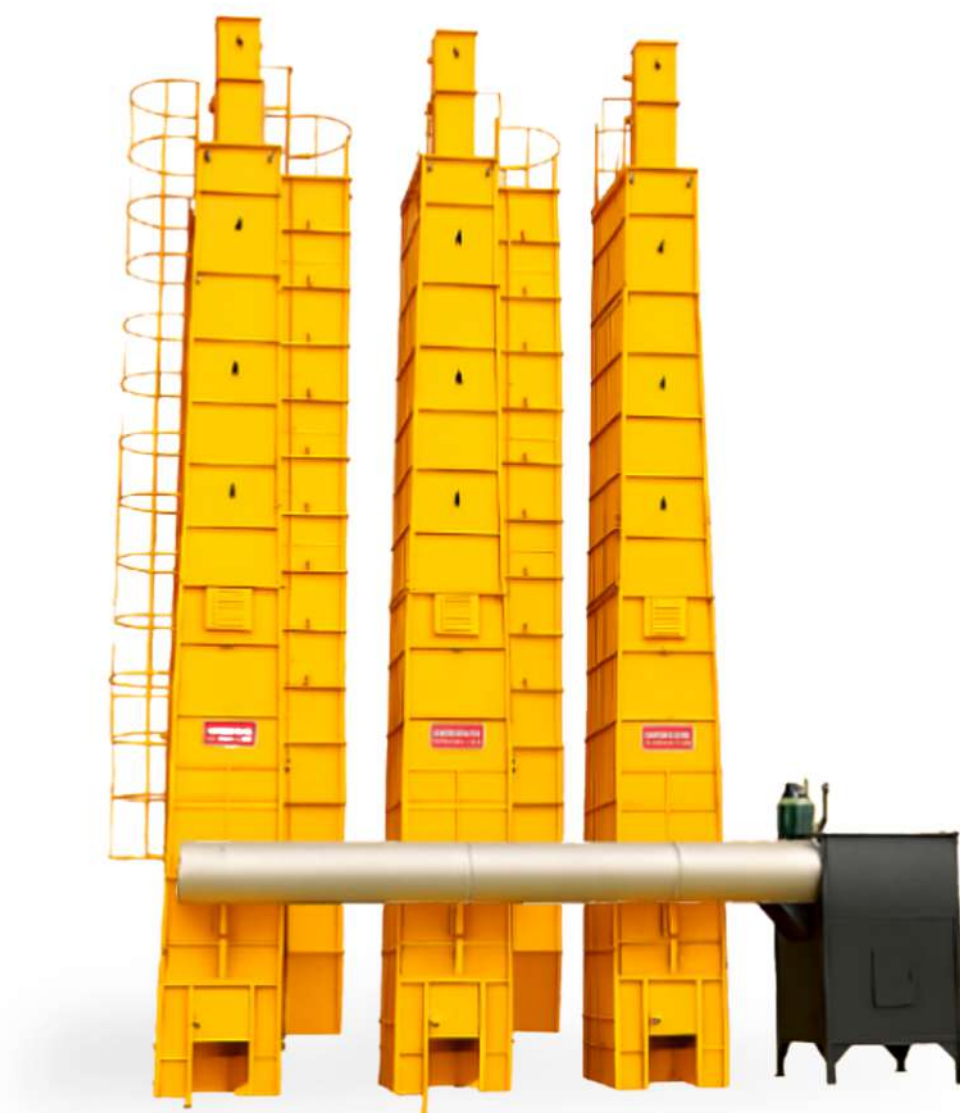


Figura 39. Diagrama de un silo secador de torre para maíz en mazorca y desgranado. INIAP-EESC, 2025.

4.3 Secamiento continuo

Este método consiste en 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 se 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 y el tiempo de exposición de las semillas al aire caliente, se corre el riesgo de que las semillas mueran por las altas temperaturas, tomando en cuenta que cualquier mecanismo que aumente la temperatura de la semilla pone en riesgo su viabilidad, por esta razón, en este método de secado se considera los inconvenientes citados, modificando y reformando ciertos aspectos que se describen a continuación:



- **Paso de las semillas por la cámara de secado**, 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, haciéndolo parecido al secador intermitente.
- **Aumento de la velocidad del flujo de la masa de semillas** a través de la cámara de secado, haciendo que ella permanezca menos tiempo, sometida al aire caliente, cuya temperatura podrá ser más alta.
- **Selección y definición de las especies a secar**, semilla de cereales como, trigo, cebada, avena, arroz, toleran de mejor manera este sistema de secado. Semillas de tamaño mayor y especialmente dicotiledóneas, sufren en este sistema de secado tanto por temperatura como por los daños físicos que se presenta en el movimiento de la semilla por el secador.

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:

- a) **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 secarse en una sola pasada por el secador, haciendo 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 período de 5-6 horas (Peske et al., 2019).

En el secador intermitente lento la relación entre el tiempo que las semillas 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 o 30 minutos expuestas al aire caliente.

- b) **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 et al., 2019). 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. También dos minutos, por medio de aire caliente y 18-30 minutos sin recibir calor (Figura 40). En este método las semillas dan muchas vueltas por el sistema elevador-secador, causando serios problemas en semillas susceptibles a daños mecánicos como la soya.

Las temperaturas del aire de secado utilizadas en el secado intermitente rápido son

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 periodo 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 canguilones usados para mover las semillas en el sistema. Se sugiere la utilización de elevadores de canguilones que descargan por gravedad (canguilones continuos, descarga continua, entre otros), y no por la fuerza centrífuga, permitiendo una manipulación suave de las semillas fácilmente dañables, como las de soja y fréjol.

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.

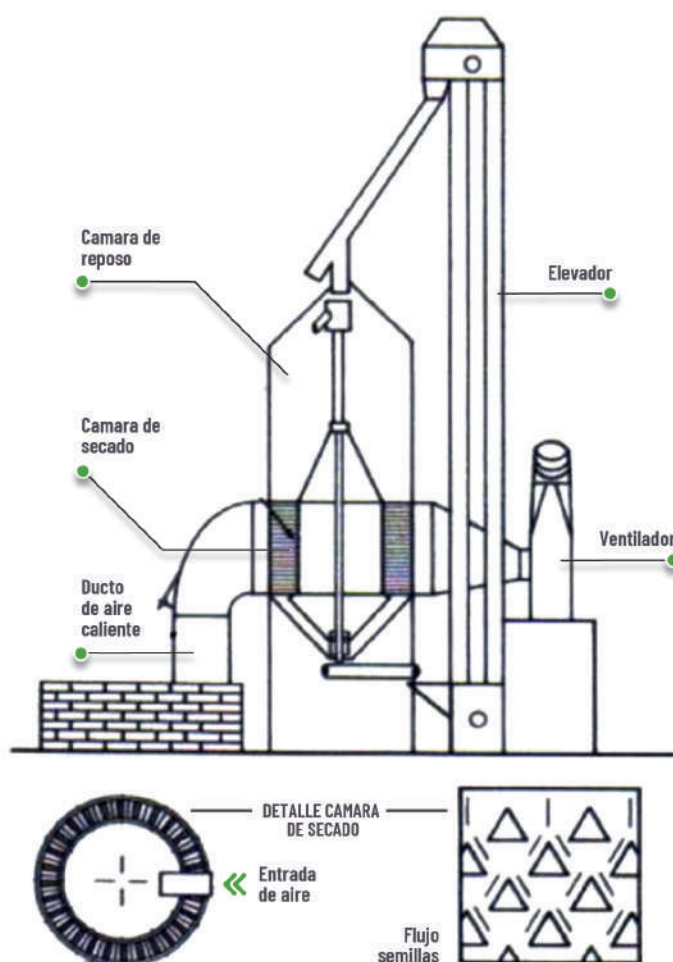


Figura 40. Secador intermitente rápido (Peske et al., 2019).



4.5 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, se debe considerar su desempeño para diferentes presiones estáticas. Tomando en cuenta que el responsable de la UBS prácticamente no tiene influencia en la selección del ventilador para los secadores continuos o intermitentes, será ilustrado con un ejemplo, la elección 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, y para determinar cuál será el ventilador más indicado, se debe determinar la presión estática, calcular el volumen de aire necesario y posteriormente seleccionar el ventilador.

4.6 Presión estática

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

$$1 \text{ m}^3 \text{ de trigo} = 0,78 \text{ t así:}$$

$$1,5 \text{ m} \times 0,78 \text{ t/m}^3 = 1,17 \text{ t/m}^2$$

Determinar el volumen de aire insuflado por m² de piso.

$$\# \text{ de toneladas/m}^2 \times \text{flujo de aire}$$

$$1,17 \text{ t/m}^2 \times 7 \text{ m}^3/\text{min}/\text{t} = 8,19 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^2$$

Con este dato, utilizar el gráfico de Shedd (Figura 41).

- 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 c.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).

$$100,5 \times 1,25 = 125,6 \text{ mm}$$

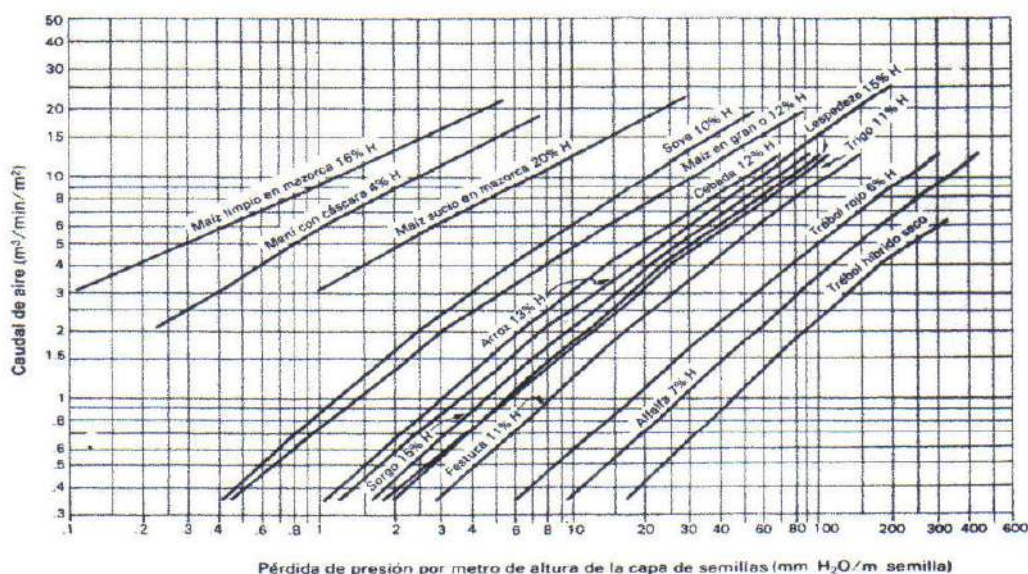


Figura 41. Pérdida de presión por metro de altura de la capa de semillas. Adaptado de Shedd (1953).



4.7 Volumen de aire

- Determinar el volumen de semillas en el silo.

$$p.r^2 \times \text{altura}$$

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

- 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.

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

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.

4.8 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 son utilizados como fuente de energía. La selección dependerá de su precio, disponibilidad y facilidad de uso (Peske et al., 2019).

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 calcula el consumo de combustible. Para mejor comprensión se realiza un ejemplo, tomando como base el procedimiento seguido en el manual de beneficio de semillas de Aguirre & 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 diésel 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 kJ/kg/ ° C, se expresa:

- **Consumo de energía** = flujo de aire x incremento de la temperatura

Volumen específico del aire

$$Kw = (m^3/seg) (°C)$$

$$(m^3/kg)$$

- **Flujo de aire** = 10 m³/min/t x 30 t

$$60 \text{ seg/min}$$

$$= 5 \text{ m}^3 \times \text{seg}$$

Si el aumento de temperatura es de 10 °C y el volumen específico del aire al incrementarse al 40 °C y 25 % de HR es de 0.90 m³/kg, tenemos que:

- **Consumo de energía** = 5 m³/seg x 10° C

$$0.90 \text{ m}^3/\text{kg}$$

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

Como el diésel tiene un contenido de energía calórica igual a 39.000 kJ/l, entonces:

- **Consumo de combustible** = 55,55 kJ/seg

$$39 \text{ 000 kJ/l}$$

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

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

- **Consumo de combustible** = 5,1 / 0,8

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

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

- **Consumo total** = 30 h x 6,37 = 191,1 litros de diésel.

- **Consumo por tonelada** = 191,1 litros / 30 t

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

Si se considera que el costo actual del diésel en el Ecuador es de US\$ 0.47/litro, el costo total será de:

$$191,1 \text{ litros} \times \text{US\$ } 0,47 = \text{US\$ } 89,817 / 30 \text{ t.} = \text{US\$ } 2,99 / \text{t.}$$

4.9 Aireación

Para la aeración se utilizan flujos de aire entre 0,1 a 0,6 m³/min/ton, lo que es bajo en relación al flujo de aire utilizado para secado estacionario (4 a 17 m³/min/ton). Los principales objetivos de la aireación son:

- Evitar la migración de humedad en la masa de semillas, manteniendo la temperatura uniforme.
- Impedir el calentamiento de la masa de semillas.
- Aplicación de productos químicos.

4.9.1 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 42).

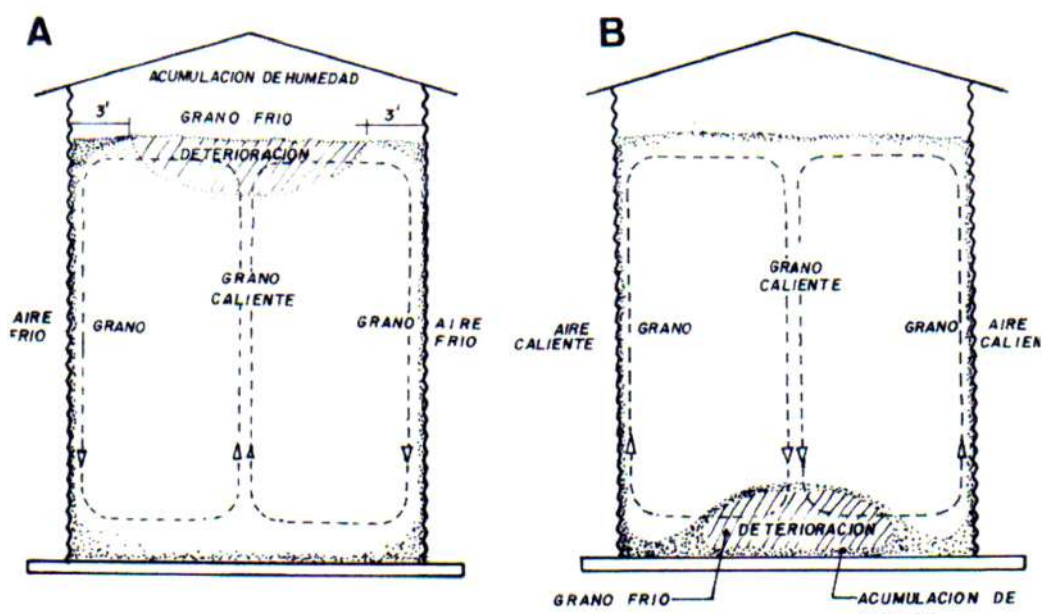


Figura 42. Representación esquemática de la migración de humedad que ocurre en un silo almacenador: A en invierno y B en verano (Arias, 1993).

4.10 Demora en el secado

Las semillas deben permanecer húmedas, debido a 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. Es así que, cuando la humedad de la semilla lo permita, se debe cosechar e inmediatamente después, se debe proceder al secado, debiendo operar si necesario, las 24 horas del día, sábados, domingos y feriados.

4.11 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 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 no máximo a la 43 °C y para soya a 38 °C. Si la temperatura de la semilla es 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 (HR: 40-70 %) 40 °C.

4.12 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, lo que ocasiona fracturas o fisuras, principalmente en semillas fréjol, habas y maíz.

4.13 Velocidad del aire

En los secadores estacionarios, 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.

4.14 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 considera 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 fórmula de igualdad:

Peso inicial (Pi) x (100 - Humedad Inicial (Hi)) = Peso Final (Pf) x (100 - Humedad final (Hf)).

$$20\ 000 \times (100 - 19) = Pf \times (100 - 13)$$

$$20\ 000 \times 81 = Pf \times 87$$

$$Pf = \frac{20\ 000 \times 81}{87} = 18\ 620,7\ \text{kg}$$

Por lo tanto, hay 20 000 – 18 620,7 = 1 379,3 kg de agua para ser descontados.







CAPÍTULO 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.

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 incorrecto de las semillas en los diversos países es complejo, 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 estrictas normas 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 & Peske, 2005). El objetivo principal del almacenamiento es conservar su calidad reduciendo al mínimo el deterioro, hasta el momento que son sembradas y germinen para dar origen a nuevas plantas.

5.1 Longevidad de las semillas

En el sector semillero, la longevidad de las semillas se define como el período de tiempo en que éstas permanecen viables. Cuando las semillas no se conservan en condiciones favorables y 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. 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 (Nieto et al., 2021).

En un contexto histórico, en 1923, Ogha citado por Peske et al. (2019) 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 1 700 años. Indiscutiblemente, las semillas de *Lupinus areticus* encontradas congeladas en Canadá y todavía viables con 10 000 años, son el ejemplo más impresionante de longevidad (Baudet & Peske, 2005).

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 de vida larga y el centeno de vida corta, mientras que el maíz y el trigo son de longevidad intermedia. Por otra parte, semillas de lechuga y cebolla son 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 (Peske et al., 2019).

Cultivo	Especie	Longevidad	Ambiente del almacenamiento
Aguacate	(<i>Persea americana</i> Mill.)	15 meses	5 °C, 90 % HR
Cacao	(<i>Theobroma cacao</i> L.)	4 meses	25-30 °C, 31-33 % CA (10 °C o 24 CH es letal), 50 HR
Café	(<i>Coffea</i> spp.)	22 meses	25 °C, 52 % CA
Caucho	(<i>Hevea brasiliensis</i> Muell.)	3 meses	5-10 °C, en agua, empaque hermético
Guaba	(<i>Inga edulis</i> Mart.)	4 meses	25-30 °C, 31-33 % CA (10 °C o 24 % CH es letal), 50 HR
Limón	(<i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck.)	8 meses	2 °C, 88 % HR, con fungicida
Mango	(<i>Mangifera indica</i> L.)	80 días	Temp. ambiente (3 es letal) 50 % HR

5.1.2 Potencial de almacenamiento

El potencial de almacenamiento varía considerablemente de una especie a otra, aún en condiciones de acopio idénticas y favorables. Este potencial está determinado por el período 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



período 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 influye 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 (Baudet & Peske, 2005).

El potencial de almacenamiento 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* L. (higuerilla) y *Solanum Lycopersicum* L. (tomate), que tienen buen potencial 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 (Baudet & Peske, 2005).

Tabla 10.

Especies de semillas de vida larga, más de 10 años. Adaptado de (Harrington en Seed Biology. 1973).

Cultivo	Especie	Longevidad años	Ambiente del almacenamiento
Avena	(<i>Avena sativa</i> L.)	132	Almacén seco
Alfalfa	(<i>Medicago sativa</i> L.)	78	Laboratorio seco
Arroz	(<i>Oryza sativa</i> L.)	10	Laboratorio sellado
Arveja	(<i>Pisum sativum</i> L.)	31	Cámara seca
Cebada	(<i>Hordeum vulgare</i> L.)	32	Almacén seco
Fréjol	(<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	22	Laboratorio seco
Maíz	(<i>Zea mays</i> L.)	37	Almacén seco
Rye-grass	(<i>Lolium multiflorum</i> Lam.)	12	Cámara seca
Sorgo	(<i>Sorghum vulgare</i> Pers.)	17	Laboratorio, 11 CA1
Soya	(<i>Glycine max</i> (L.) Merr.)	13	Almacén seco
Trébol B.	(<i>Trifolium repens</i> L.)	26	Laboratorio seco
Trigo	(<i>Triticum aestivum</i> L.)	32	Almacén seco

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 períodos, especialmente a baja temperatura. Condiciones de almacenamiento con bajo contenido de agua y temperatura de -18°C pueden mantener viables estas semillas por períodos 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 clima 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 *Vasconcellea* sp., otros son la araucaria (*Araucaria columnaria*) y el café (*Coffea arabica*).

Las **semillas recalcitrantes** 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 recalcitrantes se encuentran las de árboles tropicales de importancia económica como el cacao y el caucho.

Las semillas recalcitrantes, fenómeno poco entendido, se constituyen en un problema cuando se trata de su almacenamiento utilizándose diferente metodología como las que se usan en los bancos de germoplasma, como cultivo de tejido in vitro o colecciones de campo. Varias listas de especies con semillas recalcitrantes 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 recalcitrantes son descritas en la Tabla 11.

Para el caso de las semillas de limón, si se les retira su envoltura, pierden su característica de recalcitrantes, 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 recalcitrantes, debido a que es posible almacenarlas por períodos considerables a temperatura de -20°C y 5 % de contenido de agua.



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

Mínimamente 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> spp. <i>Araucaria hunsteinii</i> K. Schum. <i>Podocarpus henkelii</i> Stapf ex Dallim. & B.D.Jacks.	<i>Theobroma cacao</i> L. <i>Hevea brasiliensis</i> spp.	<i>Syzyquim</i> spp. <i>Avicennia marina</i> (Forssk.) Vierh.

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 y ambientales (clima, nutrición, insectos), así como también, 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 (Peske et al., 2019) pueden resumirse en agotamiento de las reservas alimenticias, alteración de la composición química, alteraciones en las membranas, alteraciones enzimáticas y alteraciones genéticas y de nucleótidos.

- Agotamiento de las reservas alimenticias.** - Las moléculas son transportadas desde y hacia 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 de-

sarrollo, mecanismo en el cual la enzima invertasa juega un papel importante. 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, entre otras). 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.

- b) 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 las 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 (súper-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 & Peske, 2005).

- c) 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, 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).

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.

- d) 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 ve afectada.

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-Cloruro de Tetrazólio) en formazán, presentándose una coloración roja. Los tejidos muertos con deficiencia de la enzima conservan su color original, mientras que los tejidos viables presentan diversos tonos de color rojo, que corresponden a diferentes niveles de actividad.

- e) Alteración genética y de nucleótidos.** - Se han encontrado mutaciones causadas por aberraciones cromosomáticas, en semillas de avanzada edad o almacenadas durante mucho tiempo. Este daño en los cromosomas es más intenso en semillas recopiladas 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, entre otros).

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 rol muy importante 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 que producen una menor cantidad de nucleótidos.

Otras anormalidades 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

Las causas del deterioro de las semillas dependen de las teorías antes mencionadas, y descritas como: degradación de estructuras funcionales, inactivación y degradación de enzimas, agotamiento de reservas alimenticias, auto-oxidación de los lípidos, acumulación de compuestos tóxicos, degradación genética, entre otras (Peske et al., 2019).

En semillas de leguminosas, como la soya, tanto en la fase de campo como en el período comprendido desde la madurez fisiológica hasta la cosecha. Los cambios bruscos de temperatura y humedad, causan un aumento de la velocidad de deterioro de la semilla como se evidencia en la figura 43.

Cuando las semillas están todavía en el campo después de haber alcanzado su madurez fisiológica, las fluctuaciones de humedad (lluvia, alta humedad relativa, rocío) tienden a provocar arrugamiento del tegumento de la semilla, mismas que al ser sometidas a la prueba de tetrazólio, muestran decoloración o coloración rojo pálido en la región arrugada (extremo opuesto al hilo); de esta manera se indica la presencia de tejidos muertos o en avanzado estado de deterioro.



Figura 43. Semillas de soya arrugadas y verdes por efecto de condiciones adversas de clima y madurez desuniforme. INIAP-EESC, 2025.

Otra de las causas que producen deformación en las semillas, son los ataques de insectos plaga en la fase de campo, lo que origina cambios en la composición química de la semilla, teniendo un efecto reductor en la calidad de las mismas. Uno de los ejemplos más claros, es el ataque de los organismos patógenos en la semilla de soya, interactuando en los procesos metabólicos acelerando su deterioro. Los hongos producen toxinas que pueden dañar membranas (aflatoxinas), inhibir la clorofila, aumentar la lixiviación de solutos, inhibir la germinación de las semillas, entre otras. Este ataque se presenta durante y después de la siembra; más aún en condiciones adversas de temperatura y humedad, tipo de suelo, profundidad de siembra, entre otras.

La época en que se realiza la cosecha y los daños físicos que provoca esta actividad, incrementan la posibilidad de deteriorar la semilla en menor tiempo. Así como también, después de ser cosechada, durante el secado (alta temperatura), beneficio y transporte (humedad de la semilla, daños físicos) y almacenamiento (alta humedad microorganismos).

Para entender este proceso, las teorías que tienen mayor relevancia son: los mecanismos de alteración de las membranas celulares, alteración enzimática y el de daño genético. Sin duda, esto significa un gran avance debido a 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 mantener la calidad de las mismas durante todo el período 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 la germinación. Durante todo este período, existen una serie de factores que influyen en el potencial de almacenamiento de las semillas. El período 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 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 (Peske et al., 2019).

5.3.1 Factores genéticos

La longevidad de las semillas varía entre especies, habiendo diversas clasificaciones de acuerdo con el período en que se han encontrado viables y las condiciones de ambiente bajo las cuales esas semillas han mantenido su viabilidad. De hecho, la longevidad es un factor intrínseco a la propia especie. Un ejemplo muy claro lo constituyen las semillas de arroz, que tienen un alto potencial de almacenamiento comparadas con 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.

La particularidad genética de la longevidad, también varía entre cultivares o variedades de la misma especie. En el caso específico de semillas de maíz duro (INIAP-180), permanecen viables por más tiempo que las de variedades de maíz amiláceo y dulce (INIAP-101 e INIAP-122), almacenadas bajo condiciones ambientales. Este hecho muestra una relación con la composición de las semillas. Cuando dichas semillas son almacenadas en condiciones controladas donde la humedad se mantiene constante, las diferencias entre esos tipos son menos evidentes, indicando que las variedades de maíz amiláceo están expuestas a mayores fluctuaciones de humedad debido a su consistencia, perdiendo más rápidamente su viabilidad.

En maíz también se ha 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 han encontrado cuando se analizan características de híbridos simples. En la práctica, el conocer que algunas especies o variedades son

de vida corta o de vida larga permite a los productores de semillas, 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.

5.3.2 Estructura de la semilla

En semillas de gramíneas, específicamente de algunos cultivares de cebada y trigo que poseen glumas (lema y palea) se comportaron 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 puede provocar daño físico, lo que facilita 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-hipocótilo 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. Existe 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, maíz, fréjol, chocho y en varias leguminosas forrajeras. Sin embargo, un efecto inverso se ha encontrado en semillas de soya y haba, puesto que semillas pequeñas 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 durante la trilla.

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. Observaciones realizadas en la EESC, mostraron que las semillas grandes y más pesadas de arveja se deterioraron más lentamente que las semillas pequeñas y livianas; similar a lo que sucede en semillas de fréjol.

Algunas leguminosas como la soya, trébol, alfalfa, fréjol, arveja y 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.



5.4 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 & Peske, 2005).

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 se anticipa 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.

5.4.1 Contenido de agua de las semillas

El factor más importante para la conservación de las semillas, es el contenido de agua. Un alto contenido de agua, mayor al 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 & Peske, 2005).

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

cópico 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 de 9 a 11 %. Un aspecto importante, 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 ganan o pierden 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.

5.4.2 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 (Baudet, 2000)).

- Por cada 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 primariamente 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 sustancial 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) es 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 aumentará su longevidad; pero en esas condiciones la humedad relativa del aire es peligrosamente alta y las semillas podrán absorber humedad y después de un período 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 a ser considerado en relación con la humedad y la temperatura. El proceso respiratorio, que ocurre a nivel celular, libera energía en forma de calor. Existe 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 organismos patógenos.

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 %, debido a 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 y la elevación de la temperatura de la masa de semillas, agravándose si se considera la respiración de los organismos patógenos y de los insectos plaga 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.

5.5 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 semillas se afectan. Las semillas mecánicamente dañadas se deterioran más rápidamente durante el almacenamiento y no soportan condiciones adversas después de sembradas en el campo (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 después de que la semilla es colocada a germinar, lo que origina 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.

5.5.1 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 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, debido a 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 que, al ser colocado en condiciones de campo, muestre un bajo desempeño.

5.6 Tipos de almacenamiento de semillas

Las semillas, luego de la cosecha son almacenadas después 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.

5.6.1 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 se realiza con automotrices granelizadas, principalmente en áreas grandes. También, en función de la necesidad del secado para la mayoría de las especies, el almacenamiento a granel facilita el manejo de las semillas debido a 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. Debido a que este almacenamiento puede alcanzar hasta cuatro meses, es condición previa que las semillas estén limpias (prelimpieza) 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 organismos patógenos 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:

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.

- a)** Sistema de transporte para completar y vaciar los silos es completamente mecanizado y rápido, debiendo tener cuidado con los daños mecánicos a las semillas y problemas de mezclas varietales.

- b) Pequeño desperdicio de semillas.
- c) Alto costo inicial.
- d) Pocas pérdidas debidas a roedores.
- e) 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 de que el número de unidades sea mayor. Silos metálicos y de madera para estas capacidades de carga son fácilmente encontrados en el mercado (Figura 44).



Figura 44. Silos metálicos para almacenamiento de granos capacidad 60 toneladas. INIAP-EESC, 2025.

Los silos cilíndricos metálicos o de madera tienen ventiladores para airear la masa de semillas en su interior. Estos ventiladores son de baja potencia debido a 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 humedad.

5.6.2 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 homogenizado 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.

5.6.3 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.

5.6.4 Tipos de envases

Con relación a su permeabilidad, los envases se dividen en tres tipos: envases porosos o totalmente permeables; envases resistentes a la penetración de humedad o semipermeables y 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 existe un intercambio de humedad entre las semillas y el ambiente, luego las semillas tienden a alcanzar el equilibrio higroscópico, por lo que son utilizados para periodos 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, así como también, 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, como lo descrito anteriormente, 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 todavía 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. En el banco de germoplasma de INIAP 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 & Peske (1988) 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 Capellado & 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 período 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.

El uso de los diferentes envases dependerá del tipo de semilla, el volumen y el tiempo de almacenamiento. Cabe recalcar que, el envase tiene un impacto estratégico en la conservación, protección, distribución y márketing del producto, de una manera dinámica y de calidad.

5.6.5 Arrume de semillas

La bodega debe estar bien ventilada; sin embargo, se deben evitar ventanas o aberturas muy grandes que permitan que la entrada de luz solar alcance los arrumes durante muchas horas. Lo recomendado 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 proporcionar la ventilación se pueden instalar exhaustores que se enciendan 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 un montacargas. 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 bol-

sas que están debajo y que por lo tanto están en contacto con el cemento frío (Figura 45). 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, entre otras, debido a 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 45. Arrume de semillas. INIAP-EESC, 2025.

5.6.6 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 estocadas 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 en función del alto costo de inversión.

En las regiones cálidas donde los equipos 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, germoplasma, 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, entre otros.

Con relación a las características de humedad del material, existen 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 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.

La cámara de conservación a prueba de humedad no debe tener ventanas o aberturas, únicamente una antecámara entre dos puertas de entrada. La puerta interna no abre a no ser que la puerta externa esté cerrada. En su interior, se debe instalar termómetros para el control de la temperatura. Termohidrógrafos 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.

5.7 Plagas de semillas almacenadas

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

5.7.1 Insectos y ácaros

Los principales insectos que atacan las semillas almacenadas son del orden Coleóptera: *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais* o gorgojos del arroz y maíz respectivamente, estos insectos se encuentran más en zonas cálidas (Figura 46).



Figura 46. Gorgojo de arroz y maíz. Tomado de (Joseph, n.d.)

En la Sierra ecuatoriana, es muy común la presencia del gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis*), se encuentra distribuido en todas las áreas maiceras del callejón interandino, en Ecuador es conocido como “redondilla” (Figura 47)



Figura 47. Gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis*). (ICIA, 2020)

Existen otros tipos de gorgojos como, por ejemplo: *Tribolium castaneum* o gorgojo de la harina, *Oryzaephilus surinamensis* o carcoma dentada de los granos; también son de importancia el gorgojo del trigo o *Sitophilus granarius* y el gorgojo del frejol o *Acanthoscelides obtectus* (Figura 48).

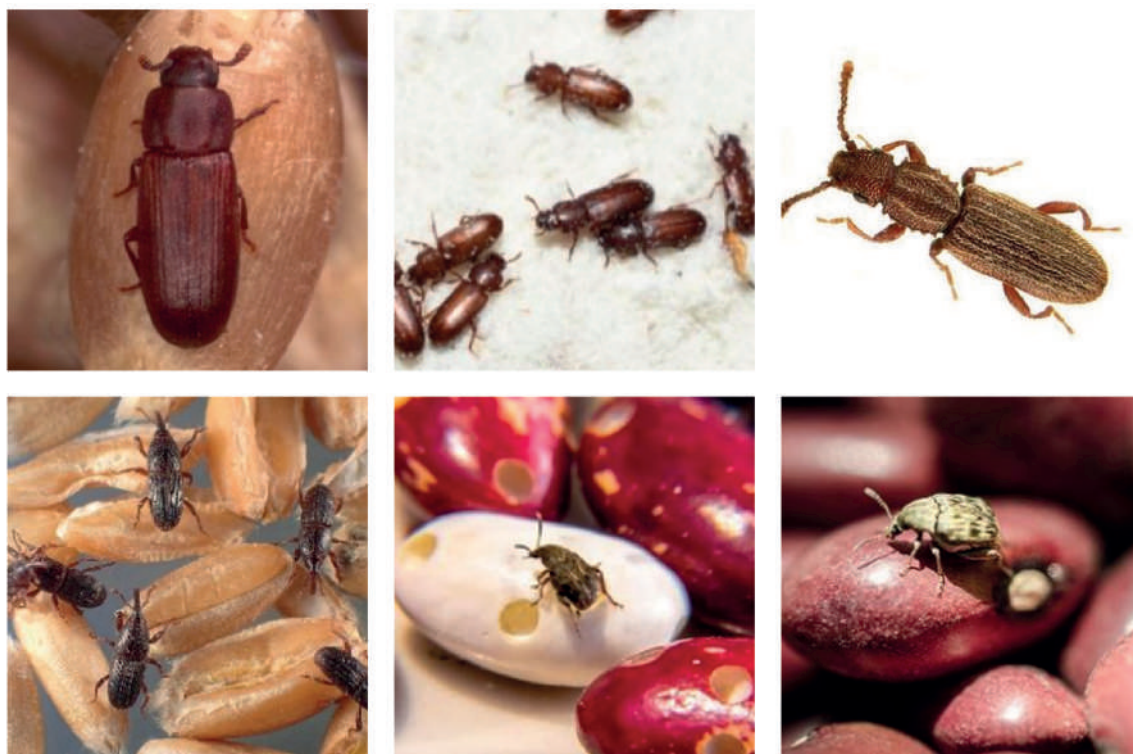


Figura 48. Gorgojo de harina, gorgojo del trigo y gorgojo del fréjol. Tomado de <https://www.shutterstock.com/es/search/gorgojos>.

En tanto que las principales plagas del orden Lepidoptera son: *Sitotroga cerealella* o polilla de los cereales, o palomilla bandeada del trigo (Figura 49).



Figura 49. Polilla de los cereales. Tomado de (Clemson University, n.d.).

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 la fumigación, lo que no se consigue 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, Agencia Ecuatoriana para el Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD).

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 desinfestados para el transporte.
- b)** Uso de equipos de cosecha, transporte, beneficio y envases desinfestados.
- c)** Limpieza cuidadosa de los depósitos a granel y de las bodegas.
- d)** No mezclar cosechas de temporadas diferentes.
- e)** Pulverizaciones de los edificios con insecticidas de contacto.

Existen 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 realizadas con productos químicos como los organofosforados y Piretro o Piretrinas. Para la fumigación se utilizan pastillas o tabletas que liberan gases letales para los insectos, tales como el Bromuro de Metilo.

Los fumigantes pueden afectar la viabilidad de las semillas, en caso de que, la dosis sea excesiva, la humedad y temperatura serán altas y el período de exposición muy largo. Para esto, se recomienda fumigar cuando las semillas tienen no más que 10 % de agua y la temperatura es menor de 29 °C; están almacenadas en bolsas po-

rosas 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, desde el comienzo del almacenamiento pueden venir contaminadas con algunas especies de ácaros desde el 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 Brásicas y 11 % para cereales como máximo); mediante la aireación; y por la fumigación.

5.7.2 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, identificándolos incluso en la selección (Figura 50). 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. Como ejemplos, se tiene a los hongos de los géneros: *Fusarium* spp., *Alternaria solani*, *Diplodia maydis*, *Helminthosporium* sp., *Colletotrichum* spp., *Phomopsis* spp., entre otros.



Figura 50. Selección de granos y mazorcas de maíz contaminados con hongos. INIAP-EESC, 2025.

Los hongos de 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* spp. y el *Penicillium* spp., 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 %. Es por esto 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. *Penicillium* spp. puede crecer con temperatura óptima de 20 a 25 °C y *Aspergillus* con temperatura óptima de 30 a 35 °C.

Además de la reducción de la germinación de las semillas, los hongos causan decoloración 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 (La Aflatoxina es cancerígena para el ser humano, es producida por el hongo *Aspergillus flavus*).

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. Las evaluaciones periódicas de las semillas almacenadas se realizan para detectar a tiempo la presencia de hongos, principalmente los del almacenamiento. Para esto, se utiliza el "blotter test" o prueba del papel secante, 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.

5.7.3 Enfermedades

Las plagas y enfermedades que afectan las semillas, generalmente son identificados por el diagnóstico de síntomas y análisis de sus estructuras de reproducción, propagación o fructificación, así, los principales patógenos asociados a las semillas reportados en Ecuador se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 12.

Principales enfermedades fungosas, transmitidas por semilla sexual y asexual en cultivos de la Sierra ecuatoriana (Cuesta et al., 2025; Velásquez et al., 2022; Araujo et al., 2021; Zambrano et al., 2021; Nieto et al., 2021; Peralta et al., 2014).

Hongos	
Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Phomopsis</i> spp. <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.)	<i>Colletotrichum acutatum</i> <i>Ascochyta</i> spp.
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	<i>Acremonium strictum</i> <i>Drechslera turcica</i> <i>Fusarium</i> spp. <i>Stenocarpella</i> spp. <i>Ustilago maydis</i> <i>Diplodia maydis</i>
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	<i>Bipolaris sorokiniana</i> <i>Drechslera tritici-repentis</i> <i>Fusarium graminearum</i> <i>Tilletia caries</i> <i>Ustilago tritici</i>
Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Spongospora subterranea</i> <i>Thecaphora solani</i> <i>Synchytrium endobioticum</i>

5.7.4 Bacterias

Las bacterias, como patógenos vegetales, pueden causar enfermedades graves y económicamente perjudiciales, que van desde manchas, mosaicos o pústulas en hojas y frutos, hasta podredumbres malolientes en tubérculos, e incluso la muerte de la planta. Algunas causan una distorsión hormonal de hojas y brotes llamada fasciación o agalla de la corona, una proliferación de células vegetales que produce una hinchazón en la intersección del tallo con el suelo y en las raíces.



En las semillas, el principal efecto que provocan las bacterias, es la baja germinación y muerte de plántulas en las primeras etapas del desarrollo. Además de la muerte de las semillas y plántulas, las bacterias producen decoloración del tegumento, como la producida por *Xanthomonas* y *Pseudomonas* en semillas de fréjol. En el cultivo de papa la sintomatología de la bacteria causante del complejo de la punta morada de la papa (CPMP), se caracteriza por presentar enanismo, enrollamiento de las hojas superiores, coloración morada, engrosamiento de los nudos y entre nudos del tallo, formación de tubérculos aéreos y muerte temprana de la planta (Araujo Jaramillo et al., 2025).

En la Tabla 13, se mencionan las principales enfermedades bacterianas, transmitidos por semilla sexual y asexual en cultivos de la Sierra ecuatoriana.

Tabla 13.

Principales enfermedades bacterianas, transmitidas por semilla sexual y asexual en cultivos de la Sierra ecuatoriana (Cuesta et al., 2025; Velásquez et al., 2022; Araujo et al., 2021; Zambrano et al., 2021; Nieto et al., 2021; Peralta et al., 2014).

Bacterias	
Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> <i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>phaseoli</i> <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>
Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) <i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i>	<i>Streptomyces scabies</i> . <i>Pectobacterium</i> spp. <i>Phytoplasma</i> <i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i> <i>Ralstonia solanacearum</i>

Dependiendo de las especies, existen algunos virus que afectan la calidad sanitaria de las semillas (Tabla 14), así, los virus generalmente causan el aborto de las semillas, pero cuando son transmitidos por el embrión, pueden provocar reducción de la viabilidad, especialmente en leguminosas. Los virus también causan alteraciones morfológicas y decoloración de semillas. Por lo general, la tasa de transmisión de virus por semillas es baja, debido a que el virus no podría invadir el óvulo y el embrión debido a que, el óvulo se aísla de los tejidos vecinos por ausencia de conexiones plasmodésmicas. Las virosis normalmente se encuentran en las partes florales y en las semillas inmaduras, pero son inactivos en semillas maduras, además, los virus son letales para los gametos, causando la esterilidad y evitando la producción de semillas infectadas.

Los virus no son capaces de infectar gametos masculinos y femeninos o embriones jóvenes, debido a la falta de virulencia para estas fases de desarrollo del hospedero.

Tabla 14.

Principales enfermedades viróticas, transmitidas por semilla sexual y asexual en cultivos de la Sierra ecuatoriana (Cuesta et al., 2025; Velásquez et al., 2022; Araujo et al., 2021; Zambrano et al., 2021; Nieto et al., 2021; Peralta et al., 2014).

Virus	
Fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Bean Common Mosaic Virus (BCMV)
Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) Fréjol-Caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L.)	Cucumber Mosaic Virus (CMV)
Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	Virus del mosaico latente y severo (PVX) y (PVY) Virus S de la papa (PVS) Virus del enrollamiento de la hoja (PLRV)
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	Virus del mosaico y enanismo (MDMV)
Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	Virus de la hoja blanca (VHBA) Virus del entorchamiento (RSNV)

5.7.5 Nematodos

Los nematodos patógenos de los cultivos son parásitos microscópicos que causan enfermedades en las plantas (Tabla 15), afectan la salud, crecimiento, desarrollo y consecuentemente, el rendimiento. Estos parásitos pueden atacar raíces, tubérculos o partes aéreas de las plantas, causando daños que pueden reducir o incluso impedir la producción agrícola. Algunas especies de nematodos producen agallas en los granos de trigo, cebada y otras gramíneas. Cada agalla contiene miles de larvas latentes que, después que se siembran, infectan las plántulas vecinas ocasionando graves daños.

Tabla 15.

Principales nemátodos, transmitidos por semilla sexual y asexual en cultivos de la Sierra ecuatoriana. (Cuesta et al., 2025; Velásquez et al., 2022; Araujo et al., 2021; Zambrano et al., 2021; Nieto et al., 2021; Peralta et al., 2014).

Nemátodos	
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	<i>Anguina</i> spp.
Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	<i>Globodera</i> spp. <i>Meloidogyne</i> spp.



5.7.6 Roedores y pájaros

Las bodegas abiertas deben tener ventilación adecuada y protección (malla de alambre) contra roedores y pájaros que causan importantes pérdidas. 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 estarán 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 (a cada 15 o 30 días) debido a que nuevos roedores volverán a la bodega.

Alguna medida 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. Las medidas de sanidad e higiene dentro y fuera de la bodega son los mejores medios de protección contra estas plagas.

Delouche, C (1965) enunció, en forma de 10 mandamientos, algunos principios básicos del almacenamiento de las semillas que deben ser considerados siempre que sea necesario proyectar y organizar una de UBS, o simplemente, cuando se almacene 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 menor 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, se duplica su potencial de almacenamiento.
6. Para cada 5,5 °C de reducción de la temperatura, se duplica 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.

5.8 Almacenamiento a corto plazo

En regiones tropicales y subtropicales, las semillas de buena calidad pueden ser almacenadas por uno a 9 meses bajo condiciones de 30 °C/50 % H.R.; 20 °C/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 de 10 y 11 %.

5.9 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 de 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 %.

5.10 Almacenamiento a largo plazo

Para almacenar las semillas por períodos 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.





CAPÍTULO 6

El banco de germoplasma del INIAP

Ecuador por sus características geográficas, climáticas, edáficas y culturales, ha desarrollado una biodiversidad única, por lo cual es considerado uno de los países mega diversos del mundo. Dentro de esta biodiversidad, se encuentra la diversidad genética relacionada a la agricultura y la alimentación que incluyen especies de plantas cultivadas y sus parientes silvestres. El Ecuador se encuentra en uno de los centros de origen y diversidad de especies cultivadas reconocidas a nivel mundial en la zona Andina.

Pese a la importante diversidad genética de cultivos y parientes silvestres que tiene el Ecuador, éstas se encuentran sujetas a factores que causan su pérdida, por ejemplo, el cambio en los hábitos alimenticios y culturales, monocultivo, deforestación, urbanismo, efectos del cambio climático, entre otros, lo que se conoce como procesos de erosión genética. Por lo tanto, una alternativa para evitar este proceso es la conservación ex situ en bancos de germoplasma.

Los bancos de germoplasma son lugares físicos donde se conserva esta diversidad genética; si nos referimos a agricultura y alimentación esta diversidad genética incluye: variedades mejoradas, cultivares avanzados, cultivares primitivos, líneas avanzadas de mejoramiento y especies silvestres relacionadas a los cultivos. Los bancos de germoplasma para especies agrícolas, pueden conservar la diversidad genética de varias maneras: colecciones de campo, cultivo de tejido in vitro, crio conservación o colecciones de semillas ortodoxas. Se estima que, a nivel mundial, las colecciones de germoplasma vegetal conservadas ex situ son aproximadamente 7,4 millones de accesiones, de las cuales 770 000 son mantenidas en los CGIAR <https://www.cgiar.org/> (siglas en inglés de Grupo consultivo de investigación para la agricultura) y los 6,63 millones restantes son almacenados en bancos de genes regionales ejemplo el del CATIE <https://www.catie.ac.cr/agrobiodiversidad-y-seguridad-alimentaria/> o nacionales como por ejemplo el banco de germoplasma del INIAP. A nivel mundial resalta el banco de germoplasma de Svalbard (Noruega) <https://www.croptrust.org/work/svalbard-global-seed-vault/> que conserva aproximadamente 1,5 millones de accesiones, duplicadas de colecciones nacionales y de bancos del CGIAR, por lo que se conoce como el arca de Noé.

El banco de germoplasma del INIAP está ubicado en la Estación Experimental Santa Catalina a cargo del DENAREF (Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos) el cual fue creado oficialmente en 1991, y que en la actualidad conserva aproximadamente 29 000 accesiones de casi 1 000 especies, con lo cual se convierte en el banco de germoplasma para agricultura y alimentación más importante del país <https://bancogermoplasma.iniap.gob.ec/>. El detalle de las especies conservadas en el banco de germoplasma, se describen en Monteros et al. (2018) o en (Monteros-Altamirano et al., 2025).

Las metodologías de conservación de este banco de germoplasma incluyen colecciones de campo 8 421 accesiones (28,7 %), cultivo de tejido *in vitro* 742 accesiones (2,5 %) y 20 167 accesiones de semillas ortodoxas (68,7 %), es decir, la conservación como semillas ortodoxas es el principal método de conservación en base al número de accesiones. Es importante indicar que en los últimos años el INIAP está incursionando también en la crio conservación, para lo cual, actualmente está desarrollando protocolos para maní (*Arachis hypogaea* L.) y papa (*Solanum tuberosum* L.). Estos tipos de conservación se basan en si las especies producen semillas ortodoxas, recalcitrantes o intermedias; para determinar si una especie tiene uno de estos tipos de semillas se debe referir a Hong et al. (1996).

Por el contexto de este libro, nos enfocaremos en la descripción de diversidad genética conservada como semillas ortodoxas.

6.1 Conservación de semillas ortodoxas

Las semillas ortodoxas, son aquellas cuya humedad interna puede llegar a niveles entre 3 y 7 % y pueden ser conservadas en condiciones de bajas temperaturas por un período largo de tiempo.

La conservación de semillas ortodoxas se la realiza por ser el método con mayor número de accesiones conservadas en INIAP. Este método es valioso una vez que en un espacio reducido se puede conservar a largo plazo, no solo una alta diversidad de especies sino alta variabilidad dentro de cada especie. La unidad de conservación es la accesión, que es la representación poblacional de una muestra original en campo, tanto de especies cultivadas como de sus parientes silvestres. El método es relativamente económico, porque se conserva una alta diversidad genética en un espacio relativamente pequeño y logísticamente accesible a los investigadores y usuarios interesados. Sin embargo, se requiere un compromiso institucional para proveer de financiamiento a largo plazo para el banco de germoplasma y de manera permanente. En este sistema, las accesiones se mantienen genéticamente estables en el tiempo, es decir tal y como fueron colectadas originalmente; es por esto que se constituyen en reservas de información de la diversidad genética existente y de su potencial evolutivo (Peres, 2016).

El INIAP conserva semillas ortodoxas en las mejores condiciones posibles, como mecanismo de seguridad alimentaria para la población del Ecuador y el mundo. Es importante recalcar que el INIAP es solo el custodio de esta diversidad genética para la agricultura y la alimentación debido a que el único dueño de nuestra diversidad genética es el Estado ecuatoriano.



La diversidad genética conservada servirá como fuente de genes para los programas de mejoramiento de INIAP u otros investigadores o usuarios externos, los cuales a través de la investigación generarán nuevas variedades que solventen los problemas que aquejan a la producción agrícola nacional como por ejemplo los problemas de adaptación de las variedades a factores bióticos o abióticos. Las nuevas variedades liberadas por INIAP son multiplicadas por el Departamento de Producción de Semillas del INIAP, para ofrecer semilla de calidad (en cuanto a genética y sanidad) a los agricultores del país. De la misma manera, los materiales conservados pueden ser reintegrados a los sistemas agrícolas ecuatorianos si existe el pedido de retorno de agricultores (as), por ejemplo, para materiales que se han perdido en sus sistemas. Todo este proceso se enmarca en la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable, <https://www.gob.ec/regulaciones/ley-organica-agrobiodiversidad-semillas-fomento-agricultura-sustentable>.

6.2 Proceso de conservación de semillas ortodoxas

Fuente de germoplasma, el material que ingresa al banco de germoplasma de INIAP se realiza a través de colectas, intercambio o custodia.

Monteros et al. (2018) describe el proceso de colecta de germoplasma de manera detallada. La colecta cumple con parámetros regulatorios a nivel nacional, por ejemplo, si la colecta es de especies cultivadas, se necesita el consentimiento previo informado de los donantes. En el caso de especies silvestres se requiere el permiso de colecta emitido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE); para estas últimas especies se requiere además un permiso de movilización entre provincias emitida por la misma entidad MAATE.

El intercambio de germoplasma está enfocado con fines de investigación o comercialización y generalmente requiere de permisos de acceso a recursos genéticos que deben ser autorizados por el punto focal nacional sobre este tema de cada país, en Ecuador es la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENESCYT) si el acceso es para fines de investigación o el Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO) si el acceso es para fines comerciales; actualmente el trámite se lo realiza en el siguiente enlace: <https://www.gob.ec/maae/tramites/suscripcion-contratos-marco-acceso-al-recurso-genetico>. Los entes legales que permiten el acceso a un recurso genético en Ecuador son: Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos <https://www.fao.org/plant-treaty/es/>, la Decisión 391 de la Comunidad Andina de Naciones <https://www.wipo.int/wipolex/es/legislation/details/9446> y el Protocolo de Nagoya <https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-nagoya-es.pdf>.

La custodia en el INIAP, se encuentra entre los programas de mejoramiento y el banco de germoplasma. En este caso, los fitomejoradores mantienen líneas avanzadas de mejoramiento que tienen interés particular identificadas en sus evaluaciones de campo y se solicita su conservación en el banco de germoplasma. También, los mejoradores del INIAP entregan una muestra de sus variedades liberadas, para que se mantengan en el banco de germoplasma, este simple proceso ha permitido que ellos recuperen sus variedades originales liberadas en años anteriores y que, en ciertos casos han sufrido proceso de mezclas en campos de agricultores.

6.3 Recepción de semillas

Semillas provenientes de campo. En la mayoría de los casos, las semillas ortodoxas llegan al laboratorio procesadas desde a nivel de campo, es decir, desgranadas, trilladas o sin vainas. Sin embargo, es necesario realizar en el laboratorio una nueva inspección general del estado del material, porque en la recepción, pueden llegar restos de material vegetal, tierra o simplemente semillas de mala calidad o con infestación.

Frutos. Cuando se reciben frutos frescos, deben ser procesados lo más rápido posible para evitar su pudrición y contaminación de las semillas. La extracción de las semillas se realiza con especial cuidado (sea manual con el uso de tamices o con *blenders* especiales).

6.4 Selección de semillas

El primer método de selección, es la eliminación de las semillas deformes o vacías. Es importante realizar una inspección visual para eliminar semillas afectadas por enfermedades y plagas. Para esto se puede utilizar lupas de escritorio o estéreo-microscopios. Es recomendable en este y todas las actividades de laboratorio, utilizar guantes desechables para evitar el contacto directo de la mano del operario con las semillas.

6.5 Secado y contenido de humedad

En el INIAP-DENAREF, las semillas se acondicionan en el cuarto de secado, que mantiene una temperatura de 23 ± 8 °C y una humedad relativa de 43 ± 2.6 % (condiciones óptimas internacionales 15 °C y 15 % de humedad ambiental). Como se aprecia en la figura 51, las semillas, se colocan directamente sobre las estanterías del cuarto de secado, depositándolas sobre papel absorbente o dentro de fundas de papel Kraft (con la boca de la funda abierta). Es importante asegurarse de que el material en secado esté correctamente etiquetado para su identificación.



Figura 51. Cuarto de secamiento de semillas del INIAP-DENAREF-EESC, 2025



La determinación de la humedad de las semillas es crucial para tomar decisiones sobre su permanencia en los cuartos de secado. Para esta actividad, es necesario utilizar determinadores de humedad de semillas, fijos o portátiles. El proceso de secado de semillas varía según el tipo de semilla, como lo describe (Monteros et al., 2018).

6.7 Pruebas de germinación inicial

Las pruebas de germinación inicial de las semillas, es un proceso básico e importante. Esta información, se registra en una base de datos para ser referida cuando se realice un monitoreo de viabilidad del material en años posteriores (ideal 5 a 10 años dependiendo de la especie conservada).

El valor inicial de germinación deberá exceder del 85 % para la mayoría de las semillas de las especies cultivadas. Sin embargo, para especies silvestres, el umbral de viabilidad podría ser menor al 85 %, debido a un posible estado de dormancia o latencia.

6.8 Protocolos de germinación

Los protocolos para pruebas de germinación empleado en el Banco de Germoplasma del INIAP se establecen a partir de protocolos normalizados, como los descritos por (Ellis et al., 1985) o a través de la revisión de artículos científicos, específicos para un género o especie. Para la germinación es necesario, determinar el sustrato, temperatura, fotoperiodos e intensidad lumínica.

Para realizar las pruebas de germinación se pueden seguir parámetros internos del banco ej. dos repeticiones de 10 o 20 semillas cada una (debido a que en bancos de germoplasma el número de semillas conservadas no es alto como en almacenamiento con fines comerciales); sin embargo, si el número de semillas lo permite, se puede usar los lineamientos del (ISTA) Asociación Oficial de Analistas de Semillas, <https://www.seedtest.org/en/home.html> que por ejemplo, sugiere cuatro repeticiones de 100 semillas cada una.

Es importante mencionar que, en el caso de que no existiera un protocolo de germinación para una especie, se debe iniciar los ensayos con la temperatura, humedad y heliofanía de su sitio de colecta como referencia.

6.9 Pruebas de viabilidad

Es posible que cuando realicemos una prueba de germinación el porcentaje identificado sea menor al 85 %. Se debe analizar este resultado caso por caso; es decir, si existe un material recién colectado (ej. Fruto procesado), es posible que sean semillas dormantes o latentes. Las pruebas de vigor, como la de tetrazólio, permitirá determinar su viabilidad (França-Neto & Krzyzanowski, 2019).

6.10 Empaque

Las semillas secas deben ser empacadas, en un ambiente seco para evitar que las semillas ganen nuevamente humedad debido al ambiente de procesamiento. Si el empaque es apropiado, se mantendrán con el cierre hermético de las muestras. En el laboratorio de semillas del INIAP-DENAREF se utilizan fundas de aluminio plastificado para la conservación de accesiones. Previo al empaque, se debe realizar el pesaje total de la muestra con la ayuda de una balanza digital con su respectivo registro. Cada accesión o muestra, se divide al menos en dos fundas de submuestras con los siguientes propósitos: una, se utiliza para realizar pruebas de germinación y para enviar pedidos a usuarios, mientras que la otra, se destina para procesos de regeneración o multiplicación de semillas. Este procedimiento evita que toda la muestra se exponga a la humedad ambiental durante la manipulación para la preparación de muestras destinadas a germinación, refrescamiento, multiplicación u otro proceso (Monteros et al., 2018).

Las fundas se pueden sellar al calor o con el uso de una máquina de sellado al vacío (preferible). En el DENAREF se está implementando el etiquetado con códigos QR, debido a que, la documentación se lleva a cabo con el programa GRIN GLOBAL CE <https://ggce.genesys-pgr.org/>, el cual permite ligar el código con información pasaporte (ej. Código de banco, taxonomía, sitio de colecta, entre otros.) o con información de inventario interno (ubicación de bandeja, bolsa, peso de la muestra, porcentaje de germinación, entre otras).

6.11 Conservación en cámaras frías

Banco Base, para la conservación a largo plazo, el INIAP tiene una cámara a una temperatura de -15°C (banco base) aquí se conservan las muestras originales (Figura 52). Las accesiones están organizadas en forma alfanumérica en bandejas ordenadas y en estanterías identificadas correctamente. Todo es documentado para acceder al material de manera rápida (Figura 52).



Figura 52. Banco Base de semillas en INIAP-DENAREF-EESC, 2025.

Banco activo, para la conservación a mediano-largo plazo, en el INIAP, se mantiene esta cámara a -10°C . Aquí se conservan materiales provenientes de regeneración, los cuales están disponible principalmente para distribución.

Las cámaras de conservación (Banco base y Banco activo) deben contar con compresores principales y otros de respaldo (para emergencias), además de un generador automático de electricidad. Esto es crucial porque las semillas deben mantenerse permanentemente en condiciones estables de temperatura para evitar daños fisiológicos de las semillas (Monteros et al., 2018). El INIAP ha instalado un sistema de monitoreo que permite el seguimiento de temperaturas 24/7 para identificar algún problema en el flujo del sistema de enfriamiento. Adicionalmente, INIAP dispone de un sistema de seguridad y de alarma contra incendios, que permiten monitorear y mantener parte de la agrobiodiversidad del país (semillas ortodoxas) de manera segura (Fotografía 53 y 54).



Figura 53. Compresores alternos para la conservación de semillas ortodoxas INIAP-DENAREF-EESC, 2025.



Figura 54. Generador eléctrico de emergencia INIAP-DENAREF-EESC, 2025.

6.12 Monitoreo de viabilidad

Este, es un proceso permanente y responde a la necesidad de realizar seguimiento al estado de viabilidad de las muestras conservadas, luego de un período de tiempo en conservación. Para esto se debe revisar el dato de germinación inicial al ingreso de la muestra como referencia. Es importante indicar que las semillas acondicionadas y conservadas en frío, todavía continúan con sus procesos fisiológicos, pero de manera atenuada, por lo cual el monitoreo de viabilidad en el tiempo, es un proceso permanente en el manejo de semillas ortodoxas.

El proceso de germinación se realiza de la misma manera como fue enunciado en el acápite sobre pruebas de germinación inicial, es decir se utilizan protocolos previamente probados y publicados.

6.13 Regeneración/multiplicación

El proceso de regeneración o multiplicación ha sido descrito en la “*Guía para el manejo de los recursos fitogenéticos en Ecuador*” (Monteros et al., 2018).

En resumen, para procesos de regeneración se seleccionan las accesiones que presenten una disminución del porcentaje de viabilidad por debajo del umbral establecido, que es de 85 %; para el caso de especies forestales y silvestres puede ser un porcentaje inferior.

Para procesos de multiplicación se seleccionan las accesiones que presenten una disminución en el número de semillas por debajo del umbral establecido para cada una de las especies conservadas en el Banco de Germoplasma, este número suele ser menor a 220 semillas para especies de semillas medias ej. *Lupinus* spp. y especies de semillas grandes ej. *Vicia faba* L. y menos de 2 000 semillas para especies de semillas pequeñas como *Amaranthus* spp. (POE-DENAREF, 2025)

Una vez identificadas las accesiones que necesitan ser regeneradas o multiplicadas prioritariamente, se procede a coordinar la logística con el responsable de la conservación en campo, lo que implica, planificar actividades para el personal de campo y técnicos del Banco de Germoplasma. Además, se debe utilizar semillas de la muestra original, conservando un grupo de ellas, como referencia de la accesión o como respaldo *back up* de seguridad. La metodología que se utilice para la regeneración, podrá variar de una especie a otra y dependerá, entre otros factores, del tamaño de la población, el sistema de reproducción y la eficacia de la polinización. Por lo tanto, es de gran importancia, reunir la mayor cantidad posible de información biológica pertinente en relación con la especie en cuestión.

La regeneración es una actividad que puede afectar a la composición genética de una accesión, por lo tanto, se requiere el máximo cuidado para realizar este proceso. Para evitar pérdidas de alelos y maximizar la producción de semillas Rao et al. (2007) recomienda utilizar 100 o más plantas en las accesiones que son genéticamente heterogéneas. Monteros et al. (2018) menciona consideraciones genéticas a seguir durante el proceso de regeneración para evitar cambios en la composición genética, tales como



los estudios de Crossa et al. (1993) y Dulloo et al. (2008), quienes estimaron, como regla general, que se necesitan de 90 a 210 semillas para retener, con una probabilidad de entre 90 y 95 %, alelos con una frecuencia génica de 0,003 a 0,05 y un número de loci entre 10 y 150; sin embargo, cada especie tiene consideraciones especiales.

Se debe prever el lugar en el que se va a regenerar, que puede ser: en campo o invernadero; el área; la disponibilidad de equipos, insumos, agroquímicos y de personal. Hay que tomar consideraciones estrictas tanto para el muestreo de la accesión como para las condiciones ambientales en las cuales se vaya a llevar a cabo la regeneración; es importante que este proceso lo realice o sea supervisado por expertos en la especie en cuestión.

Cuando se reingresa la semilla al laboratorio de Semillas del INIAP, después de un proceso de regeneración o multiplicación en campo, se debe verificar que la muestra ingresada es morfológicamente igual a la original, caso contrario se desecha.

6.14 Caracterización morfológica de semillas

La caracterización morfológica de una semilla se basa en poder identificar y describir visualmente las características externas de las semillas. Se lo realiza con la ayuda de herramientas como estéreo microscopio STEMI 305, que cuenta con el software ZEN LT 3.0, para obtener valores de variables como longitud de semilla (mm), ancho de semilla (mm) y área de la semilla (mm²). Las variables como espesor de semilla (mm) se mide mediante el uso de un calibrador digital.

6.15 Documentación

En el banco de germoplasma del INIAP, la identificación de los materiales se realiza mediante un sistema codificado. Cada muestra se designa con el código inicial "INIAP", seguido del código "ECU", que indica el país de origen y seguido de un número único que representa el orden consecutivo de las muestras, por ejemplo, INIAP-ECU-0001. Para una codificación más específica del banco de germoplasma, gestionado por la unidad de documentación, se ha estipulado comenzar a usar el código "INIAP-ECU". En caso de pérdida de una accesión debido a eventos naturales u otras circunstancias involuntarias, el número de identificación asignado a esa muestra no se reutiliza para identificar otro tipo de germoplasma, sino que se declara como accesión histórica.

Una accesión en particular, si carece de información adecuada, especialmente en términos de datos de identificación básicos, pierde su valor al limitar significativamente su selección para estudios futuros y consecuentemente su utilidad.

Como se ha mencionado, el banco de germoplasma del INIAP, utiliza el sistema de documentación para bancos GRIN GLOBAL CE como sistema de manejo de la documentación: datos del pasaporte, datos de inventario y datos de caracterización; este es un sistema de documentación utilizado globalmente por bancos de germoplasma y que tiene el apoyo de FAO y Crop Trust. Para el manejo de accesiones, en los bancos de semillas es importante que esta base de datos esté actualizada permanentemente. Para facilidad, la información generada en el banco de semillas como: pruebas de ger-

minación, ubicación de muestras, pesos, número de fundas, entre otras. pueden ser manejadas en bases de datos en Excel (plantillas) para exportar al sistema indicado.

6.16 Duplicados de seguridad

Toda esta diversidad genética para la agricultura y alimentación conservada, tiene duplicados de seguridad, tanto en los bancos de germoplasma del país o en su defecto a nivel internacional. El INIAP ha duplicado materiales de haba (*Vicia faba* L.) en Svalbard y a nivel nacional accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) y amaranto (*Amaranthus* spp.) han sido duplicados en el banco de germoplasma de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (sede Ibarra) (Simbaña, 2008). En el caso del banco de germoplasma de Svalbard, la conservación se la realiza con el mecanismo de caja negra (Black box), es decir el organismo receptor no puede usar estos materiales, solo los conserva por el bien de la humanidad. Es importante mencionar que para duplicar accesiones en Svalbard, se solicita que previamente sean duplicadas en un banco nacional.

En todos los casos, adicional a cumplir con los requerimientos de acceso a recursos genéticos a nivel nacional, se requiere parámetros impuestos por AGROCALIDAD <https://www.agrocalidad.gob.ec/direccion-de-certificacion-fitosanitaria/>, para una movilización internacional de semilla.



CAPÍTULO 7

Análisis de semillas

La semilla de alta calidad es el principal insumo agrícola que se requiere para lograr mayor productividad. Por lo tanto, apoyar, incentivar y aumentar su uso es indispensable para mejorar la producción y productividad de todos los cultivos. En Ecuador y en muchos países en desarrollo, la mayor parte de la semilla usada es la del propio agricultor, guardada de cosecha anterior y sin ninguna garantía de su calidad. Esta forma de provisión es la más frecuente para un amplio sector agrícola 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 que han pasado por un control estricto, lo cual se enfatiza en este capítulo.

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

Para disponer y obtenerse esta información, los tecnólogos en semillas han establecido procedimientos normados 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 55), 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. Esta información es de gran utilidad para la identificación de problemas durante el proceso y sus posibles causas (Mello & Tilmann, 2000).

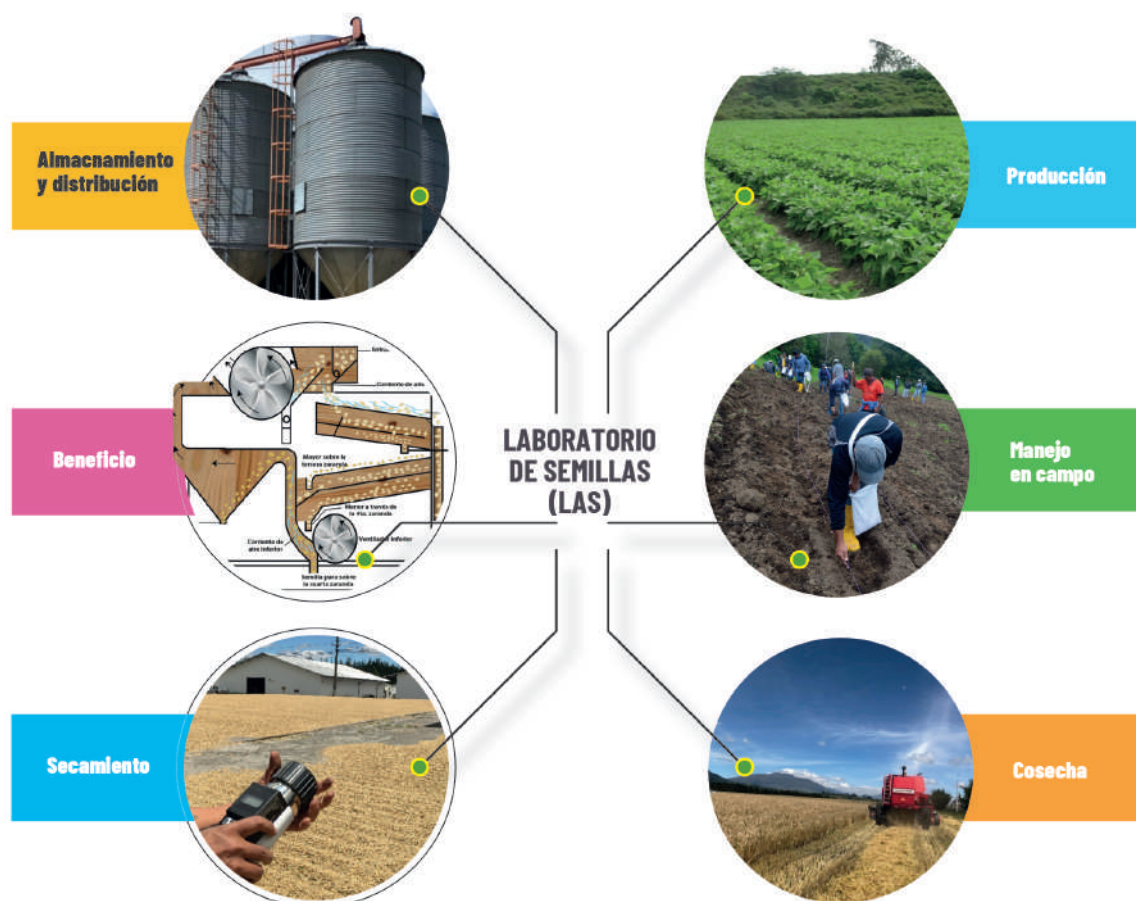


Figura 55. Diagrama del Laboratorio de Análisis de Semilla como centro del Control Interno de Calidad. INIAP-EESC, 2025.

En los laboratorios de análisis de semillas, los ensayos de calidad más importantes realizados rutinariamente, son pureza, germinación y humedad. Los dos primeros determinan el Valor Cultural (VC) de las semillas para la siembra y la humedad se relaciona con la actividad fisiológica de la semilla. Conociendo el porcentaje de pureza física y de germinación de un determinado lote, es posible determinar el VC, que permite calcular la cantidad de semillas requerida para la siembra de un campo con una determinada superficie.

$$\text{V.C.} = \frac{\% \text{ de pureza} \times \% \text{ de germinación}}{100}$$

Según la especificidad y detalle que el productor requiera, existen otros ensayos que también importantes y siempre que sea posible, hacen parte de normas oficiales como: porcentaje de contaminación con otras especies; malezas, verificación de especies y variedades, peso de 1000 semillas, viabilidad, vigor, contenido de agua, entre otras.

Es importante recordar que él LAS es responsable solo por los resultados de las muestras que son recibidas y deberán ser retiradas de los lotes con procedimientos adecuados, observándose su representatividad y de acuerdo con las Reglas para Análisis de Semillas (ISTA, 2024).

7.1. Muestreo

El objetivo del muestreo es obtener una muestra de tamaño adecuado donde estén presentes los mismos constituyentes y en iguales proporciones que lo está 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 tendrá 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.

7.1.1 Lote

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

7.1.2 Muestra primaria

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

7.1.3 Muestra compuesta o global

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

7.1.4 Muestra de envío

Es la muestra que se remite al LAS: comprende la muestra compuesta reducida al tamaño y peso adecuado utilizándose un divisor de muestra. 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 colocada en envases herméticos.

7.1.5 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 56).

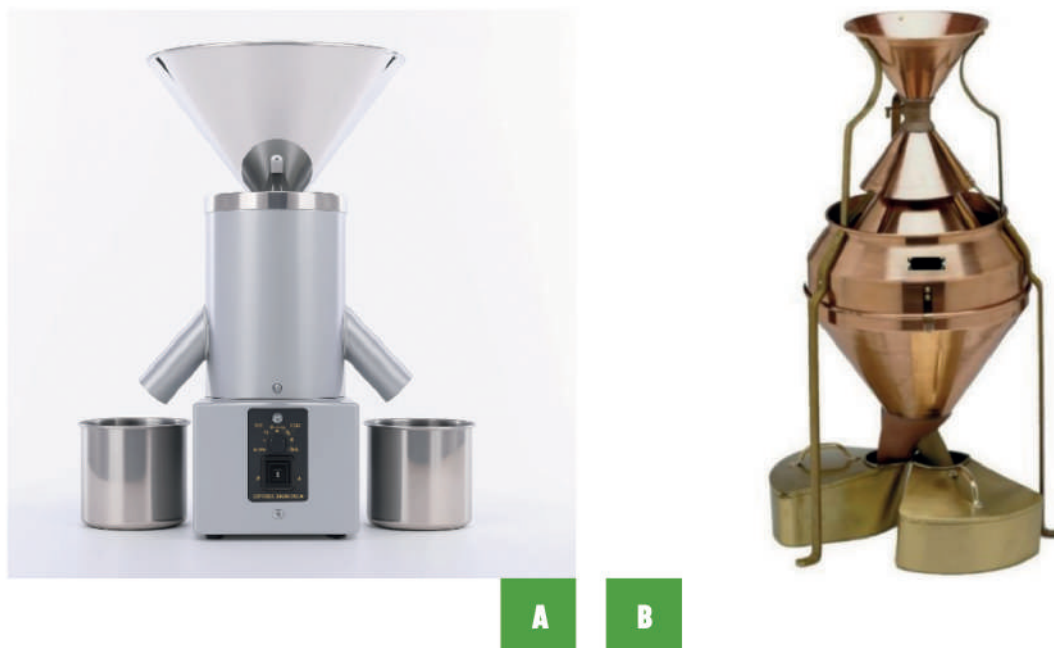


Figura 56. Divisores de muestras: A: eléctrico y B: mecánico. INIAP-EESC, 2025.

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:

7.1.6 Tamaño de lote

El lote de semillas no deberá exceder la cantidad indicada en la Tabla 16, 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 9 000 kg. Para las especies hortícolas, un máximo de 5 000 kg. Para la mayoría de las especies de forrajeras también 9 000 kg. En el caso que un lote de semillas exceda dicha cantidad, se subdividirá y cada una de las subdivisiones se identificarán por separado (LOASFAS, 2017).

7.1.7 Uniformidad del lote

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

7.1.8 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 condicionamiento, 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 3001 kg a 9 000 kg una muestra primaria a cada 500 kg y no menos de 10 muestras primarias (Peske et al., 2019).

En caso de lote de semillas ensacadas (envases de tamaño uniforme), hasta cinco envases todos ellos deberán ser muestreados; de seis a treinta 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 diez.

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; o 100 de un kilogramo.

7.1.9 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 16.

Pesos de lotes, de muestras y número de semillas por gramo utilizados para análisis de varias especies. INIAP-EESC, 2024.

Especie	Peso Mínimo de Muestras (g.)				Número de semillas por gramo
	Peso máximo del Lote (t.)	1*	2*	3*	
<i>Avena sativa</i> L.	9	1 000	120	1 000	38-35
<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	9	1 000	500	1 000	6-13
<i>Hordeum vulgare</i> L.	9	1000	120	1 000	20-30
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	9	60	06	60	375-500
<i>Oryza sativa</i> L.	9	400	40	400	26-40
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	9	1 000	700	1 000	2-6
<i>Psium sativum</i> L.	9	1 000	900	1 000	3-6
<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet.	9	1 000	500	1 000	8-12
<i>Chenopodium quinoa</i> Wild.	9	100	10	100	450-600
<i>Trifolium repens</i> L.	9	25	2	20	1700
<i>Triticum aestivum</i> L.	9	1 000	120	1 000	22-30
<i>Zea mays</i> L.	9	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.

7.2 Análisis de pureza

El análisis de pureza es una de las pruebas más importante que se realiza en los laboratorios de análisis de semillas, debido a 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.

7.2.1 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 & 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 cariósides desnudas de gramíneas y de cereales desprovistas de sus glumas (palea y lemma) (Figura 57).



Figura 57. Análisis de pureza física en semillas de trigo. INIAP-EESC, 2025.

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

7.2.3 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, paleas, flores estériles sueltas, tierra, arena, piedras, tallos, agallas de nemátodos, esclerocios de hongos, entre otras. En otras palabras, todas las demás materias que no sean semillas.

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 g; soya 500 g; maíz 900 g entre otros. 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.

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.

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 0,05 % 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.

7.3 Humedad - Determinación del contenido de agua de las semillas

El contenido de agua de las semillas influye en el comportamiento de estas, 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 durante el almacenamiento.

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, puesto que está directamente relacionado con el metabolismo de la semilla.

Las muestras para la determinación del contenido de agua de las semillas deben estar en recipientes a prueba de vapor de agua, herméticamente cerradas y completamente llenas, para evitar cambios de contenido de agua de las semillas con el del aire externo. Cuando es enviada a un LAS, esta muestra estará 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.

7.3.1 Métodos

Los métodos son clasificados en; básicos o directos e indirectos o rápidos.

7.3.2 Método de estufa

Este método utiliza estufas de laboratorio en donde se desecan las semillas (Figura 58) y el agua contenida en las semillas es calculada por la fórmula:

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

Dónde: **P** = peso bruto inicial de la muestra

p = peso bruto final de la muestra

t = tara



Figura 58. Estufa para secamiento de semillas. Catálogo (Nabertherm, n.d.)

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.

7.3.3 Evaluación del contenido de agua por volumen condensado

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 & Colvara, 1998).

Procedimiento: 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.

Para el 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. Obtenida 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.

7.3.4 Métodos indirectos - rápidos

En muchas circunstancias se hace necesario que la determinación del contenido de agua de las semillas sea hecha en un período 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.

7.3.5 Método basado en la conductividad eléctrica

Los aparatos que miden la conductividad eléctrica como el Universal o Stenleyte, muestran resultados más satisfactorios cuando las semillas presentan entre 7 a 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 húmeda, 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 tornan 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.

7.3.6 Método basado en las propiedades dieléctricas

Los aparatos basados en las propiedades dieléctricas de las semillas, como el "Steinlite" (diferentes modelos), el "Burrows", entre otros. (Figura 59), 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 59. Determinador de humedad de botella para uso en campo. INIAP-EESC, 2025.

7.4 Análisis de germinación

La evaluación de la germinación proporciona información 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, 2024) “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.

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 es aquella en la cual ocurre el máximo de germinación.

Luz. La mayoría de las especies de semillas germinan tanto en presencia de luz como en la obscuridad. Sin embargo, el uso de ésta 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 organismos patógenos o también detectarse ciertos defectos como la deficiencia de clorofila.

7.4.1 Sustrato

Para escoger el sustrato 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 sustratos más comúnmente usados son: papel (papel toalla, papel poroso y papel filtro), tejido de algodón, arena y suelo (Figura 60).



Figura 60. Pruebas de germinación de quinua y trigo en el laboratorio de semillas. INIAP-EESC, 2025.

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 la longitud de las semillas.

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.

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.

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 quedar 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.

7.4.2 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. Como alternativa, se utiliza agua destilada o deionizada.

7.4.3 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 o dieciséis de 25. El número de repeticiones depende de la especie en examen y del tamaño de las semillas versus tamaño del sustrato.

7.4.4 Germinadores

A pesar de 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:

- a) Germinador de cámara (Figura 61).
- b) Germinador de sala.
- c) Germinador de cámara y sala.

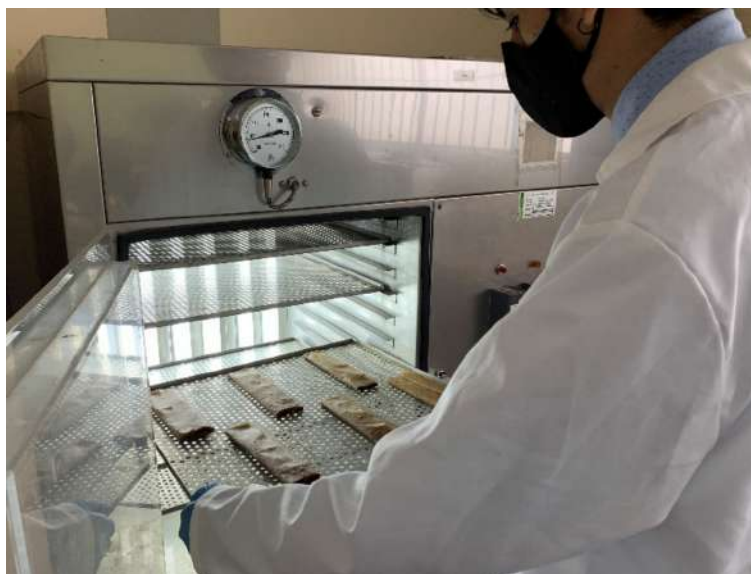


Figura 61. Cámara de germinación (doble cámara). INIAP-EESC, 2025.

Destilador de agua. - equipo importante dentro de un laboratorio para el humedecimiento del sustrato y preparación de soluciones.

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 17).

Tabla 17.

Sustratos, temperaturas y duración del ensayo de germinación.
Adaptado de (Peske et al., 2019).

Especie	Sustrato	Temperatura	1º Conteo	Último conteo	Observación en semillas latentes
<i>Avena sativa</i> L.	S;BP	20	5	10	KN03
<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	BP;S	20-30;25	5	8	
<i>Hordeum vulgare</i> L.	S;BP	20	4	7	KN03
<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	TP	15-25;20;30;20	5	14	Preenfriar
<i>Oryza sativa</i> L.	BP;TP	20-30;30;25	5	14	40 °C por 7 días
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	S;BP	25-30;25;20	5	8	
<i>Psium sativum</i> L.	S;BP	20	5	8	
<i>Trifolium repens</i> L.	BP;TP	20	3	10	Preenfriar
<i>Triticum aestivum</i> L.	S;BP	20	4	8	Presecar
<i>Zea mays</i> L.	BP;S	20-30;25	4	7	



TP = sobre papel

BP = Entre papel

S = Arena

Preenfriar - Contacto substrato húmedo de 5 a 10 °C por siete días

Presecar - Calentar las semillas a 40 °C por siete días

KNO₃ - Humedecer el substrato con una solución de 0,2 %

7.4.5 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 consideradas como normales las plántulas que presentan algunas deficiencias como: ausencia de raíz primaria más con raíces secundarias o adventicias vigorosas y en número suficiente; lesión superficial (no alcanzando los vasos conductores) en el hipocótilo, epicótilo o cotiledones; ausencia de un cotiledón desde que el restante esté sano y con 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 la 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 las secundarias o adventicias muy débiles; deformadas en consecuencia de un desarrollo general débil y desequilibrado de las estructuras esenciales tales como plúmula, hipocótilo y epicótilo torcido en espiral o atrofiados, hipocótilo y/o coleóptilo corto y engrosado, plúmulas heridas o poco desarrolladas (menos de la mitad del tamaño del coleóptilo), coleóptilo vacío; plántulas hialinas o vítreas; plántulas deterioradas con una o todas las estructuras esenciales infectadas o podridas por causas internas (infecciones primarias)
- c) Semillas no germinadas.** Estas, pueden ser semillas latentes como las 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.

7.5 Análisis de Vigor

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 períodos 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 que, los 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 la viabilidad y vigor de un lote de semillas en un período de tiempo relativamente corto asume gran importancia en los programas de producción de semillas. Con base en este principio, fue desarrollada y aplicada la prueba del Tetrazólio.

7.5.1 Prueba del tetrazólio

La prueba de tinción rápida con tetrazolium, es considerada como una alternativa promisorio debido a su rapidez y eficiencia en determinar la viabilidad, vigor, deterioro por humedad, daños mecánicos y daños por insectos de un lote de semillas. Esta prueba fue desarrollada desde la década de los 40, su metodología está estandarizada para muchas especies de semillas, la cual puede ser encontrada en las RAS internacionales.

Se basa en que los tejidos vivos para respirar utilizan enzimas que reaccionan químicamente, de esta forma se 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 estos (Andre & Colvara, 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 de la sal de Tetrazólio en las células vivas.

Cuando la semilla es inmersa en la solución de Tetrazólio, 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 62). Esta reacción puede ser esquematizada de la siguiente manera:





Figura 62. A: evaluación de pruebas de Tetrazólio en semillas y B: muestras de chocho, fréjol, maíz y quinua realizada en el laboratorio de semillas. INIAP-EESC, 2025.

Material y equipamientos, para la realización de la prueba son necesarios:

- a) El reactivo Sal de Tetrazólio El más empleado es el 2, 3, 5 Trifenil Cloruro de Tetrazólio.
- b) Cristalería tales como cajas de *petri*, vasos de becker, frascos de vidrio de color ámbar pardo oscuro 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 y 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.

Interpretación de la prueba de 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, la metodología y sus resultados son fácilmente reproducidos dentro y entre laboratorios. Sin embargo, por ser realizado en condiciones ideales y controladas, muchas veces no se refleja el resultado en campo donde, pueden variar de buenas, malas hasta muy malas ocasionando severas críticas al resultado del análisis en relación a la capacidad de detectar el nivel de deterioro 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.

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 los ciclos 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; así, se define al vigor como “la suma total de los atributos de las semillas que favorecen el establecimiento de una población inicial bajo condiciones adversas en campo”. Sin embargo, se ha considerado esta definición muy estricta en el sentido de ignorar “el establecimiento de las plantas bajo condiciones de campo favorables”. Delouche 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 la actualidad, se reconoce, que el vigor es un conjunto de características que determinan el potencial fisiológico de las semillas, que es influenciado por las condiciones de ambiente y manejo durante las etapas de pre y post cosecha; sin embargo, su análisis es un tanto subjetivo que depende del evaluador. (Figura 63). 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 originará 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.



Figura 63. Evaluación de vigor en semillas de chocho, trigo, maíz y fréjol, mediante prueba de emergencia en campo. INIAP-EESC, 2025.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Accesión o entrada. Muestra de una variedad, línea o población en cualquiera de sus formas reproductivas (semilla, cormo, tubérculo, esqueje, entre otros.) 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 muy 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 las 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.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, R., & Peske, S. (1988). Efecto de la humedad en el almacenamiento hermético a corto plazo de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). In *Seed Science and Technology* (pp. 117–122).
- Alonço, A., & Reis, A. (1997). Perdas na Colheita Mecânica de Grãos. In Embrapa (p. 27).
- Andre, M., & Colvara, V. (1998). *Análisis de Sementes*. UFPEL.
- Araujo Jaramillo, M. A., Jiménez Jácome, C. S., Cuesta Subía, H. X., & Velásquez Carre-ra, J. S. (2025). Evaluación del porcentaje de transmisión de (*Candidatus Liberibac-ter Solanacearum*) en tubérculos-semilla de papa (*Solanum Tuberosum*). *ConcienciaDigital*, 8(2), 89–107. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v8i2.3445>
- Araujo, M., Cartagena, Y., Castillo, C., Cuesta, H., Monteros, J., Paula, N., Racines, M., Rivadeneira, J., Velásquez, J., León, J., Panchi, N., & Andrade, J. (2021). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores* (3.a edición) (Tercera). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5672>
- Arias, C. (1993). *Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural*.
- Azcon-Bieto, J., & Talón, M. (2015). Fundamentos de Fisiología Vegetal. In *Revista de Ciência Elementar* (Segunda, Vol. 3, Issue 4). <chrome-extension://efaidnbmnnnibp-cajpcglclefindmkaj/https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- Baudet, L. (2000). *Armazenamento de Sementes*. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, Universidade Federal de Pelotas.
- Baudet, L., & Peske, S. T. (2005). *Semillas: Ciencia y Tecnología* (L. Baudet & S. T. Peske (eds.)). Editora y Gráfica Universitaria.
- Bragantini, C. (1976). *Effects of screen adjustments on the removal of undersize materials from a soybean seed lot*No Title. Mississippi State University.
- Capellado, C., & Baudet, L. (1993). *Qualidade de Sementes de feijão armazenadas em embalagens plásticas resistentes a trocas de umidade*.
- Carvalho, N., & Nakagawa, J. (1983). *Sementes-Ciência, Tecnologia e Produção*.
- Castillo, R., Estrella, J., & Tapia, C. (1991). *Técnicas para el manejo y uso de recursos genéticos vegetales*.
- CIAT. (1981). *Memorias de la Reunión de Trabajo sobre Estrategias, Planeación y Ejecución de un Programa de semillas*.
- Clemson University. (n.d.). *Infonet Biovision*. <https://www.infonet-biovision.org/PlantHealth/MinorPests/angmois-grain-moth>

- Crossa, J., Hernandez, C. M., Bretting, P., Eberhart, S. A., & Taba, S. (1993). Statistical genetic considerations for maintaining germ plasm collections. *Theoretical and Applied Genetics*, 86(6), 673–678. <https://doi.org/10.1007/BF00222655>
- Cuesta, X., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Araujo, M., & Castillo, C. (2025). *Manual técnico del complejo de la Punta Morada de la papa* (3 era). Imprenta IDEAZ. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6349>
- Delouche, C. (1965). *Deterioration of Crimson clover seed in stage*. 75.
- Delouche, J., & Cadwell, W. (1960). *Seed vigor tests*.
- Delouche, J., Wayne, S., Raspet, M., & Ylienhard, M. (1979). *Prueba de viabilidad de semillas con de tetrazol*.
- Dulloo, M., Hanson, J., Jorge, M., & Thormann, I. (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: lineamientos generales y pricipios orientadores. CGIAR System-Wide Genetic Resource Programme (SGRP), 7. chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/other_crops/Introduction_SP.pdf
- Ellis, R. H., Hong, T. D., & Roberts, E. . (1985). International Board for Plant Genetic Resources. *Sustainability (Switzerland)*, 2(1), 1–14. http://scioteca.caf.com/bits-tream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Filho, M. (2005). *Fisiología de sementes de plantas cultivadas*.
- França-Neto, J. de B., & Krzyzanowski, F. C. (2019). Tetrazolium: An important test for physiological seed quality evaluation. *Journal of Seed Science*, 41(3), 359–366. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3223104>
- Franca, J. (2002). *Producción de Semilla de Alta Calidad*. Seed News, 38.
- Groff, R. (2002). *Secado de granos*. Seed News, 30.
- Hong, T. D., Linington, S., & Ellis, R. H. (1996). Seed Storage Behaviour: a Compendium. In *Handbooks for Genebanks No. 4* (Vol. 26, Issue 1). <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123748553000297%5Cnhttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123748553000285%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374855-3.00024-8%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374855-3.00001-7%5Cnhttp://>
- ICIA. (2020). *Caulophilus sp. Pagiocerus frontalis*. 34. chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cuarentagri.com/wp-content/uploads/2021/03/Barrenadores-Aguacate_-AnaPBD.pdf
- ISTA. (2024). International rules for seed testing. 12. ISTA (1993) *International Rules for Seed Testing*. Zurich, Switzerland., 12. *ISTA Int. rules seed testing*. Zurich, Switzerland., 345. <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://www>



- seedtest.org/api/rm/9356SQF24TUK454/ista-rules-2024-02-sampling-final.pdf
- Joseph, B. (n.d.). *Bugwood.org*. <https://www.ipmimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5389316>
- Kryzanowsky, F. (1999). Vigor de Sementes. *Seed News*, 38.
- LOASFAS. (2017). Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura. *Registro Oficial Suplemento No. 10*, 1–22.
- Mamani, D. M. A., & Filippone, M. P. (2018). Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. *Rev. Agron. Noroeste Argent.*, 38(1), 9–21. <https://www.scielo.org.ar/pdf/ranar/v38n1/v38n1a01.pdf>
- Martins, A., Laudares, L., & Osorio, R. (1993). *Producao de sementes. in Tecnología para producao de sementes de milho*.
- Mello, V., & Tilmann, M. (2000). *Curso Ciencia e Tecnología de Sementes, Modulo 4-Análisis de Sementes*.
- Monteros-Altamirano, A., Tapia, C., Paredes, N., Roura, A., Naranjo, E., Tacán, M., Sigcha, F., & Mora, V. (2025). Plant Genetic Resources in Ecuador (Issue May). <https://doi.org/10.1007/978-981-99-4236-7>
- Monteros, A., Tacán, M., Peña, G., Tapia, C., Paredes, N., & Lima, L. (2018). *Guía para el manejo y conservación de recursos fitogenéticos en Ecuador: Protocolos*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Nabertherm. (n.d.). *Nabertherm. Secadoras de Semillas*. <https://nabertherm.com/es/productos/labor/estufas-de-secado/estufas-de-secado-calentamiento-electrico>
- Nakagawa, J. (1999). *Germinação das Sementes*.
- Nieto, M., Garófalo, J., & Ponce, L. (2021). *Guia Cereales 2021*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6096>
- Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., & Rodriguez, D. (2014). *Manual Agrícola de Granos Andinos* (4ta ed.). Imprenta IDEAZ. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Peres, S. (2016). Saving the gene pool for the future: Seed banks as archives. *Studies in History and Philosophy of Science Part C :Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 55, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2015.09.002>
- Peske, S. T., & Baldet, L. (2005). *Semillas: Ciencia y Tecnología, Acondicionamiento de semillas*.
- Peske, S. T., & Barros, A. C. S. (2000). *Curso de Ciencia e Tecnologia de Sementes*. 72.
- Peske, S. T., Villela, F., & Meneghello, G. (2019). *Sementes: Fundamentos científicos e*

- tecnológicos. 4ta Edicao (Revisada, atualizada e ampliada) (S. T. Peske, F. Villela, & G. Meneghello (eds.); 4ta ed.). Editora Becker e Peske.
- POE-DENAREF. (2025). *Conservación semillas ortodoxas del banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. 24.
- Popinigis, F. (1977). *Fisiología de sementes*.
- Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., Ghosh, K., Nowell, D., & Larinde, M. (2007). Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma. In *Bioversity International* (Issue 8). https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Manual_para_el_manejo_de_semillas_en_bancos_de_germoplasma_1261_01.pdf
- Raven, P., & Evert, R. (2001). *Biología Vegetal* (6ta ed.).
- Sanchez, D. (1991). *Técnicas para el manejo y uso de los recursos genéticos vegetales*. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=h34zAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=Formación+y+desarrollo+de+la+semilla.+In.+Técnicas+para+el+manejo+y+uso+de+los+recursos+genéticos+vegetales&ots=3AysJAjH_F&sig=jo7k-GKCubkLIJDK14hOiKfFgOzw&redir_esc=y#v=onepage&q
- Shed, C. (1953). *Resistance of grains and seed to air flow* (pp. 616–619).
- Simbaña, A. (2008). *La Agrobiodiversidad regional será conservada por el Instituto de Recursos Genéticos y Biotecnología IRGEN*. 14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8361541>
- Toole, V. (1973). *Effect of light, temperature and their interaction on the germination of seeds*.
- Velásquez, J., Araujo, A., Andrade, V., Rivadeneira, J., Cuesta, X., Racines, M., & Tinoco, K. (2022). *Manual De Producción De Tubérculo Semilla De Papa Segunda Edición* (Segunda Ed). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6124/1/3.2 Manual Producción TuberculoSemilla Papa.pdf>
- Velásquez, J., Araujo, M., & Zambrano, J. (2024). *Tecnologías para el Mantenimiento y Multiplicación de Semilla de Variedades de Polinización Libre de Maíz* (Primera Ed). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6154>
- Vilela de Andrade, R., & Silveira, C. (1993). *Fatores que Afetam a Qualidade das Sementes*. in *Tecnología para producao de sementes de milho*.
- Zambrano, J., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortiz, R., León, J., Campaña, D., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Pintado, P., Yáñez, C., Racines, M., & G, S. (2021). *Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5796>



**Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias**



@iniapec



@iniapecuador



@iniapecuador

www.iniap.gob.ec