

Manual de producción de semilla de maíz híbrido

John F. MacRobert, Peter Setimela, James Gethi y Mosisa Worku Regasa

Noviembre de 2015





Manual de producción de semilla de maíz híbrido

John F. MacRobert, Peter Setimela, James Gethi
y Mosisa Worku Regasa

Noviembre de 2015

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, conocido como el CIMMYT® (www.cimmyt.org), por su acrónimo en español, es un organismo internacional, sin fines de lucro, que se dedica a la investigación científica y la capacitación. Junto con nuestros colaboradores en más de 100 países, aplicamos ciencia con objeto de incrementar la seguridad alimentaria, mejorar la productividad y la rentabilidad de los sistemas de producción de maíz y de trigo, y conservar los recursos naturales del mundo en desarrollo. Nuestros productos y servicios incluyen variedades mejoradas de maíz y trigo, avanzados sistemas de cultivo, la conservación de los recursos genéticos del maíz y del trigo, y la creación de capacidades en estas áreas. El CIMMYT forma parte del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) (www.cgiar.org) y recibe fondos de este organismo, así como de gobiernos nacionales, fundaciones, bancos de desarrollo y otras instituciones públicas y privadas. El CIMMYT agradece, en particular, los fondos generosos e irrestrictos que le han permitido mantenerse fuerte y eficaz durante tantos años.

© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 2014. Derechos reservados. Las designaciones empleadas en la presentación de los materiales incluidos en esta publicación de ninguna manera expresan la opinión del CIMMYT o de sus patrocinadores respecto al estado legal de cualquier país, territorio, ciudad o zona, o de las autoridades de éstos, o respecto a la delimitación de sus fronteras. El CIMMYT autoriza el uso razonable de este material, siempre y cuando se cite la fuente.

Cita correcta: MacRobert, J.F., P.S. Setimela, J. Gethi y M. Worku. 2014. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.

Contenido

Introducción	1
¿Qué es un híbrido de maíz?	1
Composición de un híbrido	2
Clases de semilla	3
Planificar la cantidad de semilla que hay que producir	4
Producción de semilla prebásica, básica y certificada	5
Manejo de un campo de producción de semilla híbrida	6
Diagrama de flujo de la producción de semilla	7
Selección de un campo de producción de semilla	7
Establecimiento del cultivo	9
El raleo: eliminación de plantas atípicas	11
Cuándo realizar el raleo	11
El desespigamiento	11
Sincronización de las flores macho y hembra	12
Eliminación de los machos	14
Inspecciones del cultivo de semilla	14
Cosecha de la semilla de maíz	15
El desgrane	16
Almacenamiento de la semilla	16
Cómo proteger la semilla de las plagas de almacenamiento	17
Protección contra los roedores	17
Espacio físico donde se almacena la semilla	17
Almacenamiento de la semilla en sacos	18
Almacenamiento de la semilla a granel	18
Secado de la semilla	18
Limpieza de la semilla	19
Clasificación de la semilla	20
Tratamiento de la semilla	21
Colocar la semilla en sacos	21
Prueba de la calidad de la semilla	21
La seguridad	22
Contratos de producción de semilla	22
El precio de la semilla	23
Llevar un registro de datos	23
Conclusión	23
Anexo 1. Ejemplo de un presupuesto para el cultivo de semilla	24
Anexo 2. Ejemplo de una de registro de datos de la producción de semilla de maíz híbrido	25
Anexo 3. Factores de conversión	26

Cuadros

Cuadro 1.	Tipos comunes de híbridos de maíz y sus características generales	2
Cuadro 2.	Las clases de semilla que normalmente se utilizan en la producción de semilla de maíz híbrido, especialmente en países que siguen las Normas de Certificación de la OCDE	4
Cuadro 3.	Número de campos aislados de producción de semilla que se requieren para producir los distintos tipos de híbridos	4
Cuadro 4.	Normas mínimas de certificación de semilla de la Comunidad de Desarrollo de África Meridional	6
Cuadro 5.	Ejemplo de las instrucciones de siembra para producir híbridos simples en 15 ha, dando por sentado que después de la germinación se perderá el 10% de las plantas emergentes en el campo	10
Cuadro 6.	Características distintivas de las plantas de maíz durante la etapa vegetativa y la floración	11
Cuadro 7.	Equilibrium Contenido de humedad balanceado del grano y las mazorcas en mazorcas intactas	18
Cuadro 8.	Temperatura ambiente máxima que se recomienda para secar semilla de maíz, según el contenido de humedad de ésta	19
Cuadro 9.	Clases de semilla según su ancho y grosor	20
Cuadro 10.	Peso de mil granos (PMG) promedio y número de granos por kilogramo de varias clases de semilla ...	20

Figuras

Figura 1.	La semilla de maíz híbrido se produce utilizando progenitores hembra y macho, quitándoles las espigas a las plantas femeninas antes de la emisión de estigmas y dejando que las plantas masculinas produzcan polen y fecunden los estigmas	1
Figura 2.	Representación diagramática que muestra los surcos de machos y hembras en un campo de producción de semilla de maíz híbrido	2
Figura 3.	Representación esquemática de la producción de semilla de maíz híbrido, desde la semilla original hasta la semilla básica, y de semilla certificada para la producción comercial en campos de agricultores	4
Figura 4.	Método sencillo para calcular la población de semilla de maíz requerida, con base en la población de plantas deseada, el porcentaje de germinación y las proyecciones de las pérdidas en campo	5
Figura 5.	Diagrama de flujo de la producción de semilla de maíz híbrido, para un productor	8
Figura 6.	Ejemplo de cómo avanza la emisión de estigmas de una hembra de cruza simple y la producción de polen del macho endogámico, en un campo de producción de semilla de maíz híbrido de cruza triple	13
Figura 7.	Representación esquemática del cambio en la viabilidad de la semilla (porcentaje de germinación y vigor) según el tiempo transcurrido desde la fecundación del embrión	15
Figura 8.	Reducción en el contenido de humedad de las semillas que quedaron en las plantas según el tiempo transcurrido después de la madurez fisiológica, cuando las brácteas fueron abiertas o no fueron tratadas	16
Figura 9.	Representación diagramática de la vida potencial de almacenamiento de la semilla en función de la temperatura ambiente y el contenido de humedad de la semilla	17
Figura 10.	Diagrama esquemático de una secadora por lotes con un recipiente inclinado para facilitar el vaciado	19
Figura 11.	Clases de semilla	20
Figura 12.	Efecto del peso de mil semillas en la densidad de siembra y en las semillas requeridas por hectárea	20



Introducción

La semilla de maíz híbrido proporciona a los agricultores variedades que poseen características genéticas mejoradas, como el alto potencial de rendimiento y combinaciones de caracteres únicas para combatir las enfermedades y condiciones de cultivo adversas. Sin embargo, la calidad de la semilla híbrida depende fundamentalmente de los métodos de producción en campo que se utilicen —los cuales deben cumplir con normas que garanticen la calidad— y de la implementación de un manejo agronómico apropiado. Si bien la producción de semilla de variedades de maíz de polinización libre es relativamente sencilla, la producción de semilla híbrida requiere que se apliquen prácticas de campo adicionales que son esenciales para lograr una buena producción.

La producción de semilla de maíz híbrido requiere que se crucen, de forma deliberada, una población de progenitores hembra con un progenitor macho, en parcelas aisladas. Así, la identidad y la ubicación en el campo de las dos poblaciones progenitoras determinan el resultado de la producción desde su inicio. Cada variedad híbrida consiste en una combinación específica de una progenitora hembra (que produce la semilla) y un progenitor macho (que produce el polen). El manejo en campo de estos progenitores es también muy importante y requiere estar atentos para sembrar en el momento justo, eliminar las plantas atípicas, quitarle las espigas a las hembras antes de que produzcan polen, cosechar por separado la semilla hembra, y desgranar y procesar con cuidado la semilla a fin de mantener su calidad. El éxito de este proceso depende de la secuencia en que se realiza, pues cualquier error que se cometa en las primeras etapas del mismo tendrá un efecto significativo en las siguientes, y un error o un problema grave puede llevar al fracaso total o al rechazo del cultivo. Este manual proporciona una guía para la producción de semilla de maíz híbrido, y hace particular referencia a los procedimientos en campo, a fin de que los productores y las empresas semilleras puedan obtener, de manera eficaz en cuanto al costo, semilla productiva y de calidad para los agricultores.

¿Qué es un híbrido de maíz?

En términos sencillos, un híbrido de maíz resulta cuando una planta de maíz fecunda a otra que genéticamente no está emparentada con la primera. La planta que produce la semilla se denomina progenitora hembra o de semilla, en tanto que la planta que proporciona el polen para fecundar a la hembra se denomina progenitor macho o de polen. En otras palabras, una planta hembra es cruzada con una planta macho a fin de producir semilla híbrida. Esta semilla posee una configuración genética única, resultado de ambos progenitores, y produce una planta con ciertas características. Los fitomejoradores generan los progenitores hembra y macho de cada híbrido con el fin de crear progenies con ciertas características, como una madurez específica, resistencia a enfermedades, cierto color de grano, calidad de procesamiento, etc. Ésta es la semilla híbrida única que los agricultores sembrarán en sus campos. Cuando un agricultor compra la semilla de cierto híbrido, espera que tenga un desempeño en el campo igual al que se señala en la descripción de la variedad.

En el caso del maíz, existen varios tipos de híbridos, como el híbrido simple, híbrido triple, híbrido doble e híbrido mestizo. Cada tipo tiene una configuración parental distinta, pero en todos los casos, la semilla híbrida que se vende a los agricultores es una cruce entre dos progenitores: una hembra y un macho. Como los órganos masculino y femenino del maíz están separados, resulta relativamente fácil hacer una cruce entre dos plantas. En un campo de producción de semilla híbrida, los progenitores macho y hembra son sembrados siguiendo un diseño de surcos consecutivos, y normalmente el número de plantas o surcos femeninos es de tres a seis veces mayor que el número de plantas o surcos masculinos. La flor masculina (la espiga) de la planta hembra es retirada (desespigada) antes de la producción de polen, a fin de que el polen que llegue a la flor femenina (la mazorca) de las plantas hembra provenga únicamente de las espigas de las plantas macho (Figura 1). Es necesario desespigar las hembras a fin de que su polen no polinice los estigmas femeninos. Cuando esto llega a ocurrir (un proceso conocido como “autofecundación femenina”), el resultado es una pérdida significativa de la calidad de la semilla que se genera, y eso se aprecia claramente en el cultivo que se produce al sembrar esa semilla. Por tanto, la autofecundación femenina debe evitarse por todos los medios.

La proporción de surcos hembra a surcos macho en el campo normalmente es de 3:1, en el caso de las cruces simples y triples, pero puede llegar a ser de 8:1, en el caso de los híbridos dobles (Figura 2). La proporción que en realidad se siembra depende de varios factores, principalmente de la producción de polen del macho, la altura de la espiga del

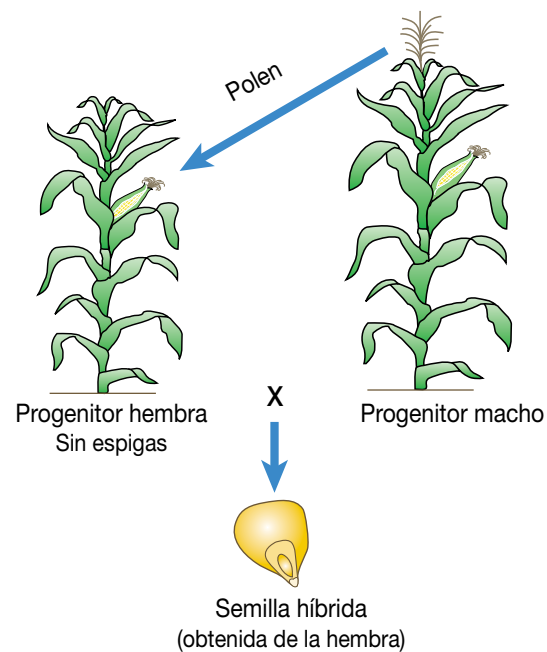


Figura 1. La semilla de maíz híbrido se produce utilizando progenitores hembra y macho, quitándoles las espigas a las plantas femeninas antes de la emisión de estigmas y dejando que las plantas masculinas produzcan polen y fecunden los estigmas.

macho en relación con el estigma de la hembra y el tamaño de la planta femenina. Además, la producción de polen del macho y la emisión de estigmas de la hembra deben coincidir. Por tanto, si se sabe que las plantas masculinas y las femeninas florecen en momentos distintos, habrá que ajustar las fechas de siembra de cada componente a fin de asegurar la sincronización de la floración de los dos progenitores. La semilla híbrida que los agricultores siembran es la que producen las plantas femeninas. Las plantas y las semillas de los surcos masculinos se desechan antes de la cosecha para evitar mezclarlas con las semillas de las hembras.

Con base en esta descripción preliminar de la producción de semilla de maíz híbrido, es claro que existen muchos factores clave que determinan el éxito y la calidad de la producción de semilla híbrida, incluyendo los siguientes:

- La identidad, pureza y conservación de la identidad de los progenitores hembra y macho.
- La proporción de surcos hembra a surcos macho, en el campo de producción de semilla.
- Programar el momento en que se siembran las plantas de la hembra y del macho.
- Eliminación oportuna de las espigas de las plantas hembra antes de que produzcan polen y antes de la emisión de estigmas.
- Sincronizar el momento en que emergen los estigmas de las hembras con la producción de polen de los machos.
- Evitar que los estigmas de la hembra se contaminen con polen, especialmente el de otras hembras, de machos atípicos o de plantas foráneas.
- Evitar las mezclas de semilla entre y dentro de las plantas masculinas y femeninas.

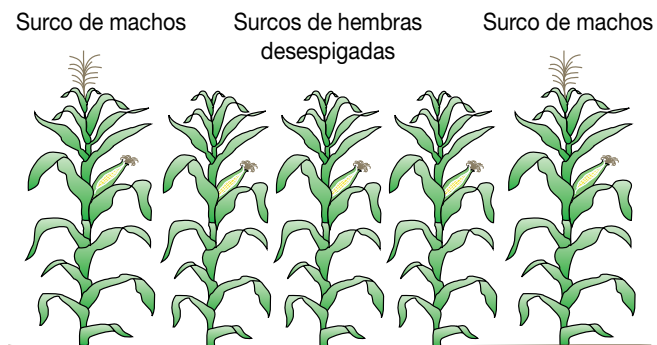


Figura 2. Representación diagramática que muestra los surcos de machos y hembras en un campo de producción de semilla de maíz híbrido.

Cada uno de estos temas clave será examinado en mayor detalle, junto con importante factores del manejo agronómico.

Composición de un híbrido

Los componentes básicos de los híbridos de maíz son las líneas endogámicas. Éstas son el resultado de la autopolinización repetida de ciertas poblaciones de maíz con el fin de producir plantas que tienen una configuración genética fija y uniforme. En consecuencia, todas las plantas de una línea endogámica específica son idénticas, pero la configuración genética de cada línea endogámica es diferente de la de las otras líneas endogámicas. Debido a que el maíz normalmente se poliniza de forma cruzada, las líneas endogámicas generalmente son más pequeñas, menos vigorosas y menos rendidoras que las plantas de maíz de polinización libre, debido a un fenómeno denominado "depresión endogámica". Sin embargo, cuando dos líneas endogámicas no emparentadas son cruzadas para formar un híbrido, la semilla que resulta produce plantas de renovado vigor y con un rendimiento significativamente mayor que el de cualquiera de los dos progenitores. Esto se conoce como "vigor híbrido", el cual rebustece a los híbridos y hace que éstos sean útiles para los agricultores.

Los híbridos de maíz más comunes son los de cruce simple, triple y doble (Cuadro 1). Un híbrido de cruce simple se genera mediante la cruce de dos líneas endogámicas; para crear uno de cruce triple se cruza un híbrido simple con una línea endogámica, y un híbrido de cruce doble se genera cruzando dos híbridos de cruce simple. Los otros dos tipos de híbridos son los mestizos y los intervarietales. Un híbrido mestizo resulta de la cruce entre una variedad de polinización libre y una línea endogámica, en tanto que un híbrido intervarietal es el resultado de la cruce de dos variedades de polinización libre no emparentadas.

Aquí haremos afirmaciones generales acerca de las ventajas de los distintos tipos de híbridos, dando por hecho que, al crearlos, se ha aplicado la mejor genética y que, al sembrarlos, se les da un manejo agronómico óptimo. Los híbridos de cruce simple suelen rendir más que los otros tipos de híbridos. Su apariencia es muy uniforme debido a que cada planta tiene la misma configuración genética, pero el rendimiento de semilla de un híbrido de cruce simple es menor que el de los otros híbridos, ya que la hembra es una línea endogámica.

Cuadro 1. Tipos comunes de híbridos de maíz y sus características generales.

Tipo de híbrido	Progenitor hembra	Progenitor macho	Rendimiento de semilla	Precio de la semilla	Características de los híbridos	Rendimiento de grano
Simple	Línea endogámica	Línea endogámica	El más bajo	Alto	Uniforme	El más alto
Triple	Híbrido simple	Línea endogámica	Alto	Moderado	Apenas variable	Alto
Doble	Híbrido simple	Híbrido simple	El más alto	Bajo	Muy variable	De moderado a alto
Mestizo	VPL	Línea endogámica	Moderado	Bajo	Muy variable	Moderado
Intervarietal	VPL	VPL	De moderado a alto	Bajo	Muy variable	De moderado a bajo

En consecuencia, la semilla de los híbridos de cruce simple es la más costosa, lo cual normalmente es aceptable, ya que la semilla tiene un alto potencial de rendimiento. Para generar los híbridos de cruce triple y doble se utiliza un híbrido de cruce simple como progenitora hembra y, por tanto, su rendimiento de semilla es alto. De hecho, en el caso de las cruces dobles, el rendimiento de semilla llega a ser el más alto de todos los tipos de híbridos, ya que se utiliza una alta proporción hembra:macho, dado el vigor del macho de cruce simple y el abundante polen que produce. Por tanto, la semilla de los híbridos dobles es la menos costosa, pero el cultivo híbrido que resulta es más variable y el rendimiento de grano suele ser menor que el de un híbrido de cruce triple o simple. Los híbridos de cruce triple son los más comunes en África oriental y meridional, en tanto que en China, India, África del Sur, Tailandia, Estados Unidos, Vietnam y otros mercados de semilla desarrollados, los híbridos de cruce simple son los más comunes. Esto se debe a que los agricultores en esos países tratan de producir rendimientos muy altos y pueden pagar un precio más alto por la semilla, dado que su costo representa un porcentaje menor del costo total, que en lugares donde los rendimientos son bajos.

Los híbridos intervarietales y los mestizos también se siembran en algunos países africanos y en lugares donde los mercados de semilla requieren productos de bajo costo. La ventaja de utilizar un híbrido intervarietal es que el progenitor macho produce abundante polen, lo cual mejora la formación de semilla. Además, el espigamiento del macho y la emisión de estigmas de la hembra pueden sincronizarse mejor debido a la mayor variabilidad de los dos progenitores. Sin embargo, de todos los tipos de híbridos de maíz, los híbridos intervarietales y los mestizos son los menos uniformes y los que menos producen en los campos de los agricultores.

Clases de semilla

La producción de semilla híbrida incluye varias etapas consecutivas. Lo primero que hay que hacer es preparar semilla original de las líneas endogámicas iniciales. Para hacer esto, los mejoradores realizan una polinización manual controlada a fin de asegurar la pureza y la identidad genéticas. La semilla original así producida es mezclada durante generaciones sucesivas a fin de producir una cantidad que sea suficiente para generar el híbrido final. Las generaciones en que se mezcla la semilla se conocen como "clases de semilla" (Cuadro 2) y son realizadas siguiendo las normas nacionales que regulan la producción de semilla en cada país. Es posible que con cada generación la pureza genética disminuya, pero si se siguen los procedimientos estrictamente, esta disminución será mínima. Las normas nacionales de producción de semilla especifican los procedimientos que hay que seguir al multiplicar cada clase de semilla y son ligeramente diferentes en los distintos países; sin embargo, los mismos principios se aplican:

- Tener una fuente de semilla identificada para cada clase de semilla.

- Aislar el campo de producción de semilla de posibles fuentes de contaminación, ya sea mediante la distancia (aislamiento espacial) o el tiempo (aislamiento temporal).
- Eliminar las plantas atípicas antes de la floración.
- Polinizar las cruces híbridas de forma controlada.
- Inspeccionar el campo de producción de semilla en etapas críticas a fin de verificar que las normas se estén cumpliendo.
- Preservar la identidad de la semilla y etiquetarla.

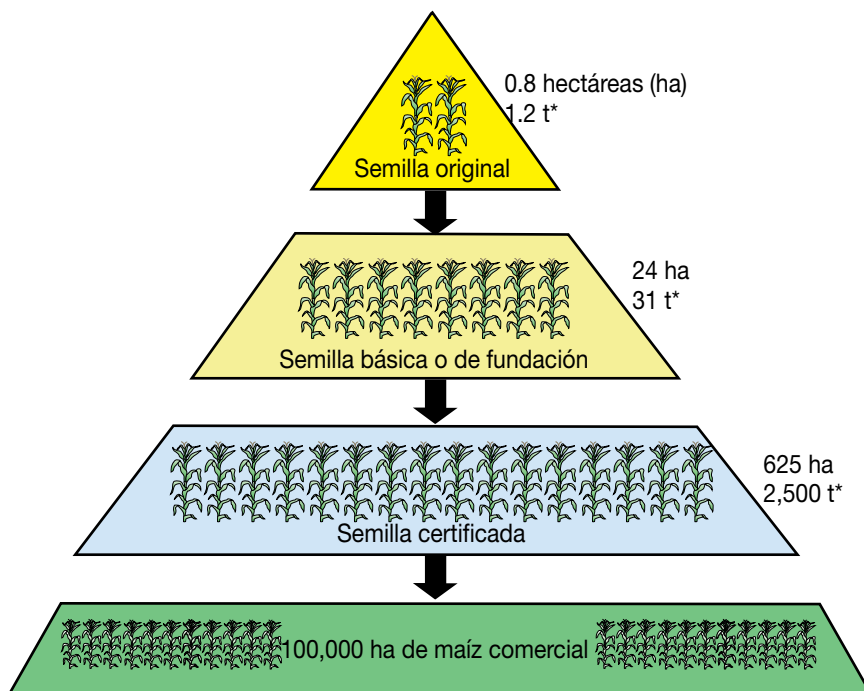


Fotografías que muestran los surcos de plantas masculinas y femeninas en distintas etapas del ciclo de cultivo, desde la etapa vegetativa temprana hasta la floración.

Cuadro 2. Las clases de semilla que normalmente se utilizan en la producción de semilla de maíz híbrido, especialmente en países que siguen las Normas de Certificación de la OCDE.¹ En algunos países, la semilla básica se denomina “semilla de fundación”.

Clase de semilla	Código	Producido de	Etiqueta de color
Semilla prebásica	A	Semilla original	Banda violeta sobre blanco
Semilla básica	B	Semilla prebásica u original	Blanco
Semilla certificada (1 ^{era} generación)	C1	Clase de semilla básica o más avanzada	Azul

¹ La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). cf. www.oecd.org/tad/code/seed-rules-complete.pdf



* La mitad de la semilla se guarda como reserva.

Figura 3. Representación esquemática de la producción de semilla de maíz híbrido, desde la semilla original hasta la semilla básica, y de semilla certificada para la producción comercial en campos de agricultores.

Planificar la cantidad de semilla que hay que producir

La cantidad de semilla que se produce tiene que ver con el plan de comercialización de la empresa semillera. Con base en las ventas que se esperan en el futuro, se establecen los planes de producción de cada clase de semilla, dependiendo de los rendimientos de semilla y la densidad de siembra de las clases que se producirán. Es normal que las empresas semilleras proyecten producir de 50 a 100% más semilla prebásica y básica, y de 10 a 25% más semilla certificada que lo que se necesita para las ventas. El excedente es para cubrir los riesgos de la producción, como la sequía y una calidad fallida, y las posibles pérdidas debido al procesamiento o el deterioro de la semilla. El excedente producido también puede servir como reserva en caso de que las ventas reales superen las proyectadas.

En el caso de la producción de semilla de híbridos triples y dobles, es necesario generar los respectivos componentes de cruce simple antes de poder hacer la cruce híbrida final. El número de producciones aisladas de los componentes de las distintas clases de semilla de cada tipo de híbrido varía de 5 a 7 (Cuadro 3).

La planificación de la producción de semilla puede ser compleja si se piensa generar varios híbridos derivados de muchos progenitores distintos. Si los planes están mal hechos o si se cometen errores durante la secuencia de la producción de semilla, esto tendrá efectos muy negativos en la producción y en las ventas futuras y, por tanto, en las utilidades. Una cantidad insuficiente de semilla de fundación suele ser la razón por la cual a veces hay buenos híbridos que no llegan al mercado. En el Recuadro 1 aparecen los cálculos clave que hay que hacer al realizar la planificación. Para planificar la producción de híbridos, es necesario hacer suposiciones acerca de la densidad de siembra y los rendimientos de los componentes hembra y macho, los

Cuadro 3. Número de campos aislados de producción de semilla que se requieren para producir los distintos tipos de híbridos.

Tipo de híbrido	Prebásico	Básico	Certificado	Total
Simple	2	2	1	5
Triple	3	2	1	6
Doble	4	2	1	7
Mestizo	2	2	1	5
Intervarietal	2	2	1	5

cuales tienen que ver con las proporciones y la densidad de plantas femeninas y masculinas en el campo. Por lo general, se requieren 20 kg/ha de semilla de la hembra y 7 kg/ha de semilla del macho si se siembra una parcela entera, pero estas cantidades pueden variar significativamente dependiendo de la densidad de plantas, el peso de la semilla y el porcentaje de germinación que se requieren. Por tanto, al determinar la densidad de siembra, hay que considerar la densidad de plantas, el peso de la semilla y el porcentaje de germinación, así como las pérdidas que pudieran ocurrir durante la emergencia del cultivo en el campo (Figura 4).

Recuadro 1: Cálculos de semilla

Semilla requerida (kg) = área (ha) x densidad de siembra (kg/ha)

$$\text{Densidad de siembra (kg/ha)} = \frac{\text{densidad de plantas (plantas/ha)} \times \text{peso de la semilla (kg)}}{\text{porcentaje de germinación} \times (1 - \text{porcentaje de pérdidas en el campo})}$$

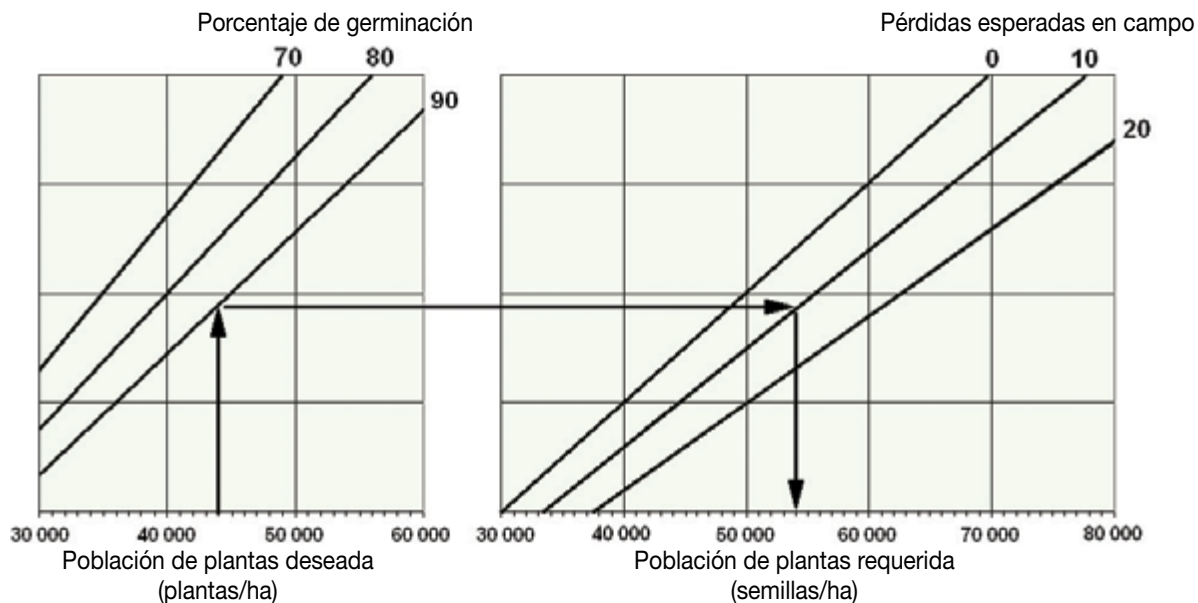
$$\text{Área requerida (ha)} = \frac{\text{plan de producción de semilla (t)}}{\text{rendimiento de semilla (t/ha)}}$$


Figura 4. Método sencillo para calcular la población de semilla de maíz requerida, con base en la población de plantas deseada, el porcentaje de germinación y las pérdidas esperadas en campo. El ejemplo muestra que si desea una población de 44,000 plantas/ha, una germinación del 90% y pérdidas de campo del 10%, la densidad de siembra (población de semilla) que se requiere es de 54,000 semillas/ha.

Producción de semilla prebásica, básica y certificada.

Los reglamentos y procedimientos que hay que seguir al producir semilla certificada deben estar incluidos en las normas nacionales de semilla del país en que ésta se producirá. El propósito de la certificación es producir semilla con un nivel aceptable de pureza genética y una calidad específica en cuanto al porcentaje mínimo de germinación (generalmente del 90% en el maíz), la máxima humedad de la semilla (12.5%) y la pureza mínima de la semilla (99% de pureza con menos del 3% de defectos totales). La pureza genética está garantizada si se utilizan progenitores de semilla apropiados que pertenecen a la clase correcta, si se siembra la semilla aislada de fuentes de contaminación, se eliminan las plantas atípicas y, en el caso de los híbridos, si se controla la polinización de las hembras (Recuadro 2).

Los procedimientos de certificación se basan en normas que especifican las condiciones de cultivo (por ejemplo, los antecedentes de siembra del campo, el aislamiento del mismo, la preservación de la identidad de machos y hembras, la eliminación de plantas atípicas y el desespigamiento de las plantas femeninas en el caso de la producción de

híbridos), inspecciones del campo, prevalencia de semilla de maleza, proporción de semillas defectuosas, el porcentaje de germinación y el contenido de humedad de la semilla. Si un campo o un lote de semilla no cumple con las normas prescritas para la clase de semilla en cuestión, no se le certificará. Por tanto, los productores de semilla deben conocer y cumplir con las normas nacionales referentes a la clase de semilla que producen.

Recuadro 2: Contaminación genética de un cultivo de semilla híbrida

Las principales causas de contaminación genética de un cultivo de semilla híbrida son:

- Mezcla de las semillas de los progenitores antes de la siembra.
- Fuentes impuras de semilla y eliminación inadecuada de plantas atípicas.
- Contaminación con polen foráneo debido a un aislamiento espacial o temporal inadecuado.
- Rebrote de plantas del mismo cultivo de ciclos anteriores.
- Desespigamiento imperfecto de las hembras, que resulta en la autofecundación femenina.
- Mala sincronización de las plantas macho y hembra, con lo cual las hembras corren mayor riesgo de ser contaminadas con polen foráneo.

Las normas de la producción de semilla prebásica y básica son más estrictas que las de la producción de semilla certificada (Cuadro 4), sobre todo cuando se trata del aislamiento de la parcela y el porcentaje máximo de plantas atípicas. En cada parcela de producción de semilla se realizan inspecciones y pruebas de laboratorio con el fin de comprobar si se están siguiendo las normas. Se requieren inspecciones de campo para verificar el origen de la semilla fuente, identificar la variedad, descubrir los antecedentes de cultivo de la parcela, verificar la distancia (o el tiempo) de aislamiento y las prácticas de producción, y asegurar que todos los procedimientos de certificación se cumplan. Por lo general, es necesario realizar de tres a cinco inspecciones en cada ciclo. Después del desgrane o el trillado, se toman muestras de semilla para las pruebas de laboratorio que evalúan la pureza de la semilla, la presencia de otras semillas, el porcentaje de germinación y el contenido de humedad. Los procedimientos de muestreo garantizan la toma de una muestra adecuadamente representativa de cada lote de semilla. Es necesario que la persona que haga el muestreo tenga acceso a todo el lote y así pueda recoger una muestra representativa. Esta es la etapa final del procedimiento de certificación y, si el lote cumple con todas las normas, se le da la certificación.

Manejo de un campo de producción de semilla híbrida

Como la semilla tiene mayor valor que el grano, el nivel de manejo también debe ser mayor. No obstante, en principio, las prácticas agronómicas que se aplican a los cultivos de semilla son similares a las utilizadas en los cultivos normales, en el sentido que hay que poner atención a las prácticas de campo que mejoran el rendimiento (por ejemplo, sembrar en el momento óptimo, aplicación apropiada y calibrada de fertilizantes, agricultura de conservación y manejo del agua) y minimizar los factores que reducen el rendimiento (por ejemplo, estrés hídrico, malezas, plagas y enfermedades). Además, es necesario emplear procedimientos seguros al utilizar las máquinas o al aplicar fertilizantes y químicos.

Al producir los tipos de semilla híbrida en los que uno o ambos progenitores son líneas endogámicas, es necesario tener mucho cuidado con esas líneas, ya que tienden a ser débiles y más susceptibles al estrés ambiental (por ejemplo, enfermedades, ciertos herbicidas y estrés por falta de nutrimentos) que los híbridos mismos. Además, la semilla de las líneas endogámicas progenitoras suele ser más

pequeña que la semilla de maíz normal. Aunque el tamaño de la semilla no necesariamente afecta el porcentaje de germinación, sí puede afectar la habilidad de la semilla de emerger rápidamente, así como el vigor de las plántulas. En consecuencia, las líneas endogámicas no deben sembrarse a una profundidad excesiva ni en una cama de siembra que tenga terrones. Si la siembra es mecanizada, es posible que sea necesario hacer una calibración diferente de los mecanismos de siembra para el macho y para la hembra, según la densidad de planta requerida, el tamaño de la semilla y el porcentaje de germinación de cada progenitor.

Cuanto mejor sea el manejo agronómico que se le da al campo de semilla —especialmente la programación de las operaciones, la eficiencia con que se aplican los fertilizantes, herbicidas y plaguicidas correctos, el control de malezas y el manejo del agua— mayor será el potencial de rendimiento. Sin embargo, como estos factores de la producción son determinados por el contexto del campo y el medio ambiente, aquí no los examinaremos en detalle. Si fuera necesario, hay que consultar con algún experto local respecto a cada parcela de producción de semilla. Aunque aquí solo tratamos asuntos relacionados con garantizar la calidad de los híbridos, conviene señalar los principios generales de un buen manejo agronómico que aparecen enseguida:

- Mucho antes del momento de la siembra, recoja muestras de suelo del campo de producción de semilla y obtenga un informe acerca de los nutrientes que hay en el suelo y la fertilización recomendada. Las hembras de los híbridos triples y dobles tienen un mayor potencial de rendimiento que las hembras de los híbridos simples, así que las hembras de los híbridos triples y dobles extraerán mayores cantidades de nutrientes del suelo que las de los híbridos simples. En el caso de la producción de híbridos simples, la hembra es una línea endogámica que utiliza menos fertilizante pero que requiere un suelo fértil para producir bien. Este también es el caso de los machos de los híbridos simples y triples.
- Si el suelo es ácido, aplique cal junto con calcio y magnesio en proporciones apropiadas, según el contenido de arcilla en el suelo, el pH y los resultados de las pruebas de suelo. La cal se debe aplicar de tres a seis meses antes de la siembra para que tenga tiempo suficiente para hacer efecto (si la cal se aplica en el momento de la siembra, no tendrá ningún efecto en el cultivo emergente).
- Aplique los fertilizantes que contienen fósforo y potasio justo antes o en el momento mismo de la siembra. La eficacia de estos fertilizantes es mayor cuando se aplican en

Cuadro 4. Normas mínimas de certificación de semilla de la Comunidad de Desarrollo de África Meridional (SADC, siglas en inglés). SB = semilla básica; SC = semilla certificada; VPL = variedad de polinización libre. Estas normas pueden ser diferentes en ciertos países de la SADC, y en otros.

Nombre común	Normas de campo						Normas de laboratorio				
	Distancia de aislamiento mínima (m)		máximo de plantas atípicas (basado en 1,000 plantas)		Número mínimo de inspecciones		Germinación mínima (%)		% mínimo de semilla pura (por peso)		Humedad máxima (%)
	SB (B)	SC (C)	SB (B)	SC (C)	SB (B)	SC (C)	SB (B)	SC (C)	SB (B)	SC (C)	(Todas las clases)
VPL de maíz	400	200	0.5	1.0	4	3	90	90	99	99	13
Híbrido de maíz	400	350	0.1	0.3	5	5	70	90	99	99	13

bandas, junto y debajo de la semilla. Asegúrese de que no haya contacto directo entre el fertilizante y la semilla para evitar que éste quemé la semilla cuando germine. Alrededor de la tercera parte de todo el fertilizante nitrogenado debe aplicarse antes o en el momento de la siembra.

- Las líneas endogámicas suelen ser más sensibles a las deficiencias de micronutrientes que los híbridos. Observe el crecimiento de las líneas endogámicas para detectar síntomas de la deficiencia de nutrientes y, si fuera necesario, corríjala aplicando fertilizantes foliares o edáficos. Ahora bien, si usted sabe que hay deficiencia de micronutrientes en el suelo, corríjala aplicando el fertilizante antes de la siembra.
- Ciertos herbicidas utilizados en el maíz, especialmente los grupos de las sulfonilureas y las cloroacetamidas, pueden ser tóxicos para las líneas endogámicas. Consulte a los representantes de la empresa semillera acerca de cuáles herbicidas se pueden aplicar a los progenitores de semilla en cuestión. Cuando se aplican los herbicidas post-emergencia, se recomienda aplicarlos en bandas entre los surcos evitando así que entren en contacto con las hojas.
- Programe la siembra de forma tal que la floración ocurra cuando se espera que llueva; sin embargo, también hay que evitar que el cultivo madure cuando esté lloviendo, para que la lluvia no dañe la semilla mientras está madurando en el campo.
- La forma en que se siembra la semilla híbrida es crucial, pues determina el establecimiento y el potencial del cultivo. Por tanto, siembre los dos progenitores en los momentos recomendados, trate de lograr la densidad de plantas correcta y realice las operaciones de manera de lograr una emergencia uniforme. Asegúrese de que la cama de siembra micro sea la óptima para la germinación y la emergencia, teniendo en cuenta el contacto entre la semilla y el suelo, la profundidad de siembra y las condiciones de humedad del suelo, y evite la compactación. Tenga cuidado con las plagas del suelo y las enfermedades de las plántulas que afectan el establecimiento del cultivo y, si fuera necesario, aplique los tratamientos de semilla o los plaguicidas recomendados al suelo.
- Monitoree y maneje el cultivo durante todo el ciclo y controle las malezas (las líneas endogámicas son particularmente sensibles a la competencia de las malezas), plagas y enfermedades, y si es posible, riegue. Según la mayoría de las normas que regulan la producción de semilla, si un cultivo presenta malezas, especialmente en el momento de la cosecha, es descalificado y no se le concede la certificación.
- Las otras dos terceras partes del nitrógeno pueden aplicarse en dos abonados laterales en cobertera, uno en la etapa de 4 a 5 hojas y el otro en la etapa de 8 a 10 hojas. Utilice el método de aplicación más apropiado según el tipo de fertilizante, la etapa de desarrollo del cultivo, la maquinaria de la dispone y las condiciones climáticas. Evite que se desperdicie el nitrógeno por lixiviación, escurrimiento o volatilización.
- En el momento de la floración, revise los estigmas de las hembras para detectar barrenadores del tallo y lagartas rosadas, ya que estos insectos se alimentan de los estigmas y reducen la producción de semilla, o se alimentan de los granos en desarrollo y reducen la calidad y el rendimiento de semilla.

- El cultivo de semilla de maíz es más sensible a la falta de agua durante las cuatro semanas que dura la floración. Cuando hay sequía durante ese período, el rendimiento mejorará significativamente si se aplica riego.
- En países donde el maíz se siembra en suelos ácidos, conviene hacer una aplicación foliar de 100 a 150 g/ha de molibdato de sodio desde mediados de la etapa de la emisión de estigmas hasta mediados de la etapa de grano lechoso-masoso de las hembras. Esto incrementa la concentración de molibdato en la semilla y ayuda a superar las deficiencias de este mineral en el campo.
- Si en la etapa vegetativa tardía o a principios del llenado de grano, se hacen aplicaciones foliares de los fungicidas recomendados para combatir las enfermedades, esto aumentará el rendimiento y la calidad de la semilla. Aplique estos químicos de acuerdo con las instrucciones que aparecen en las etiquetas de los productos.
- Coseche la semilla lo antes posible, teniendo en cuenta las instalaciones de secado y los requerimientos del procesamiento. Si se reduce el tiempo que la semilla madura permanece en el campo, la calidad de la semilla mejora porque disminuyen las infestaciones de plagas y las enfermedades.

Diagrama de flujo de la producción de semilla

La producción de semilla híbrida es un procedimiento que consiste en varios pasos, y cada paso influye en los siguientes (Figura 5). El manejo de la producción de semilla híbrida incluye dos procesos paralelos: los aspectos técnicos del cultivo, como la proporción hembra:macho, el desespigamiento, etc., y el manejo agronómico de las plantas femeninas y masculinas.

Además, debe haber una estrecha relación entre el productor de semilla, la empresa semillera para la cual produce la semilla y la agencia reguladora que certifica el cultivo de semilla. Por todo esto, es evidente que la producción de semilla de maíz es más complicada y dinámica que la producción de grano.

El éxito depende de comenzar con un conocimiento a fondo de todo el proceso, la planificación de las áreas de cultivo, los insumos, las actividades y la mano de obra requerida, y de mantener una buena comunicación con los trabajadores, la empresa semillera y los reguladores, así como llevar a cabo las actividades de manejo en forma oportuna y eficiente. El objetivo final de la producción de semilla híbrida es obtener un alto rendimiento de semilla que satisfaga las normas de calidad. Solo si esto se logra se puede tener la esperanza de generar utilidades. Por tanto, una buena producción de semilla híbrida comienza con la planificación del proceso, de principio a fin. Al hacerlo, asegúrese de que el área donde se producirá la semilla vaya de acuerdo con sus recursos financieros y laborales, así como el tiempo y la maquinaria con los que cuenta.

Selección de un campo de producción de semilla

Las mejores parcelas de una finca se deben usar para la producción de semilla híbrida, pero hay otros factores que considerar, incluidos los siguientes:

- Accesibilidad– es necesario inspeccionar el campo de semilla con regularidad y, por tanto, éste debe ser de fácil acceso durante todo el ciclo.

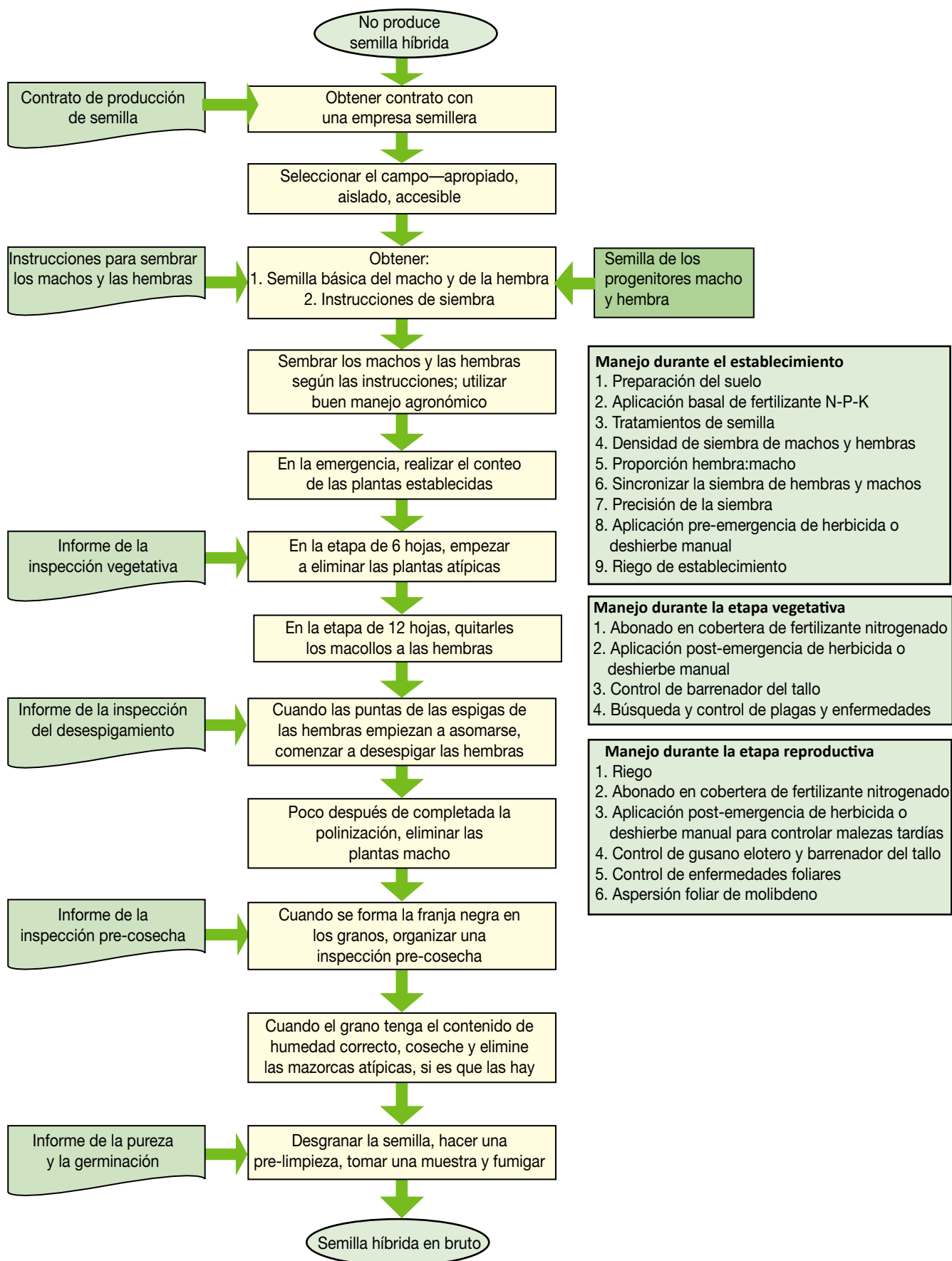


Figura 5. Diagrama de flujo de la producción de semilla de maíz híbrido, para un productor.

- Antecedentes de cultivo —el cultivo anterior no debe haber sido maíz, a fin de reducir la posibilidad de que sus plantas vuelvan a brotar en el campo de semilla.
- Aislamiento —el campo debe estar aislado de parcelas de maíz contaminantes, ya sea por distancia o por fecha de siembra.
- Tamaño de la parcela —debido al tiempo limitado que se tiene para desespigar las plantas, la parcela debe tener un tamaño máximo de 10 a 40 hectáreas, dependiendo de la mano de obra disponible. Bloques de alrededor de 10 ha aseguran una buena calidad y son más fáciles de desespigar. Si se siembra una parcela más pequeña, esto puede incrementar el riesgo de que se contamine con polen foráneo. Sin embargo, las parcelas de mayor tamaño no permiten realizar el desespigamiento con eficiencia.
- Mapa del campo —ayuda a definir el tamaño de la parcela y la distancia de aislamiento, y además, queda como dato para el futuro.
- Registro del cultivo de semilla —generalmente las autoridades reguladoras exigen que los campos de producción de semilla sean registrados poco después del establecimiento del cultivo. Asegúrese de cumplir con este requisito.

Establecimiento del cultivo

El establecimiento es una de las etapas más importantes del cultivo, ya que las decisiones que se toman en el momento de la siembra afectarán todo el ciclo vital del cultivo. Normalmente, la empresa semillera hace recomendaciones respecto a la siembra de híbridos (ver un ejemplo en el Cuadro 5). En esta etapa, cabe resaltar los siguientes puntos:

- Asegúrese de asignar los progenitores correctos a la parcela de producción de semilla y de que las semillas de las hembras y de los machos sean claramente identificables.
- Establezca la proporción de surcos hembra:surcos macho, con base en las recomendaciones de la empresa semillera, e implemente un sistema de siembra que permita sembrar correctamente los surcos de hembras y machos utilizando una densidad de siembra adecuada.
- Calcule la densidad de siembra de cada progenitor con base en la densidad de plantas deseada, el peso de la semilla, el porcentaje de germinación y las pérdidas de hembras y de machos que pudieran ocurrir en el campo. La empresa semillera debe hacer recomendaciones a este respecto (ver el Cuadro 5 y el Recuadro 1).

Recuadro 3: Manejo de la semilla de los progenitores

La semilla de los progenitores de un híbrido es valiosa; por tanto, debe manipularse con cuidado.

- Mantenga separadas las bolsas de semilla del macho y de la hembra.
- Tenga cuidado de no perder las etiquetas que vienen en las bolsas y, después de sembrar, guárdelas para propósitos de la certificación y por si hubiera algún reclamo.
- Almacene la semilla en un lugar fresco y seco.
- Proteja la semilla de los roedores y las plagas de almacenamiento.
- Mantenga la semilla en un lugar seguro para que no se la roben.
- Manipule la semilla con cuidado.



3:1 proporción hembra:macho.



6:2 proporción hembra:macho.



2:1 configuración de surco apretado, es decir cuando el surco de machos es sembrado entre dos surcos de hembras espaciados normalmente.



Surcos de machos claramente marcados al sembrar.



Un establecimiento deficiente lleva a producir bajos rendimientos de semilla.

Cuadro 5. Ejemplo de las instrucciones de siembra para producir híbridos simples en 15 ha, dando por sentado que después de la germinación se perderá el 10% de las plantas emergentes en el campo.

Progenitor	Hembra	Macho
Nombre	CML444	CML312
Número del lote de semilla	20121501	20130102
Proporción de los surcos	3	1
Ancho de los surcos	75 cm	75 cm
Plantas establecidas por ha	50,000	40,000
Porcentaje de germinación	85%	95%
Peso de la semilla	40 g	35 g
Densidad de siembra (semillas/ha)	65,300 semillas/ha	46,800 semillas/ha
Espacio entre semillas en los surcos	20 cm	29 cm
Densidad de siembra (kg/ha del progenitor per se)	26.1 kg/ha	16.4 kg/ha
Densidad de siembra (kg/ha del campo de semilla)	19.6 kg/ha	4.1 kg/ha
Total de semilla requerida para 15 ha	294 kg	62 kg
Notas	Desespigue temprano, ya que las espigas pueden liberar polen aun antes de terminar de salir. La hembra es un poco susceptible a la pudrición de mazorca, así que hay que seleccionar las mazorcas al cosecharlas.	Como el macho es susceptible a MSV, trate la semilla con un plaguicida apropiado antes de la siembra. Siembre los machos 3 días después de las hembras.

Siembra dividida

- Siga la recomendación respecto a la siembra dividida de la hembra y el macho, según se especifica en las instrucciones de siembra del híbrido. En algunos casos, puede ser necesario sembrar el macho más de una vez.
- Utilice un sistema de marcación en el campo que permita identificar cuáles surcos son de machos y cuáles de hembras. Si utiliza una sembradora mecánica, marque claramente la caja de semilla del macho. Si siembra manualmente, hay que saber la proporción de los surcos macho:hembra, y poder identificarlos. Al sembrar, coloque marcadores al final del campo en cada surco de machos para que los jornaleros los puedan identificar durante todo el período de crecimiento y para asegurar que solo los surcos hembra sean desespigados.
- Aplique a los progenitores tratamientos especiales, como tratamientos químicos de la semilla o fertilizantes, y asegúrese de utilizar solo los herbicidas recomendados. En algunos casos, uno o ambos progenitores pueden ser susceptibles a ciertas enfermedades o plagas y, por tanto, será necesario aplicar medidas de control químico para garantizar una buena cosecha.

- Antes de la siembra, asegúrese que el equipo de siembra esté muy limpio y no contenga semilla contaminante.



Ejemplos de semilla básica (de fundación) del progenitor hembra (de cruza simple) y del macho (línea endogámica). Nótese que las bolsas de semilla son de diferentes colores, con el fin de ayudar a identificar los dos progenitores en el campo.

- Después de la emergencia del cultivo, cuente las plantas para detectar si la densidad de plantas es la deseada. Si la densidad está muy por debajo de la recomendada, es posible que tenga que volver a sembrar. Cabe señalar que no se recomienda (ni tampoco lo permite la mayoría de las normas de certificación de semilla) sembrar en los espacios que quedan entre las plantas emergentes cuando su número es muy bajo, ya que las plantas así sembradas crecerán y florearán después de las otras plantas, y esto hará que sea difícil garantizar una buena calidad de semilla.

El raleo: eliminación de plantas atípicas

Durante el crecimiento vegetativo del cultivo de semilla, inspeccione el campo para detectar plagas, malezas y enfermedades, y contróuelas si fuera necesario. Desde la etapa de 6 hojas hasta la de 12, y antes de que las espigas emerjan, elimine las plantas atípicas de los surcos macho y hembra. Las plantas atípicas generalmente se pueden identificar porque son más altas o más bajas, porque llegan a la floración antes o después de lo debido, o porque sus características son muy distintas de las normales.

La empresa semillera debe proporcionar descripciones de las características que distinguen a los progenitores, incluyendo aspectos como el ángulo entre la hoja y el tallo, el color de la vaina foliar y el tallo, y la forma de la espiga (Cuadro 6). Las personas que realizan el raleo deben estar familiarizadas con estas características para que solo eliminen las plantas

Cuadro 6. Características distintivas de las plantas de maíz durante la etapa vegetativa y la floración.

Hoja	Ángulo entre la lámina foliar y el tallo. Forma de la lámina foliar (recta o curva). Ancho de la lámina foliar. Coloración antocianina de la vaina.
Tallo	Coloración antocianina de los entrenudos. Grado de zigzag. Coloración antocianina de las raíces aéreas.
Planta	Altura. Proporción entre la altura de la inserción de la mazorca y la altura de la planta.
Espiga	Largo del eje principal por encima de la rama lateral más baja. Largo del eje principal por encima de la rama lateral más alta. Momento de la antesis (producción de polen). Coloración antocianina de la base de la gluma. Coloración antocianina de las glumas sin incluir su base. Coloración antocianina de las anteras. Densidad de las espiguillas. Ángulo entre el eje principal y las ramas laterales. Posición de las ramas laterales. Número de ramas laterales primarias.
Mazorca	Momento de la emisión de estigmas. Coloración antocianina de los estigmas. Intensidad de la coloración antocianina de los estigmas.

atípicas. Tenga presente que, en algunos casos, si la planta atípica se corta por su base, es posible que después crezcan brotes laterales y produzcan una mazorca y una espiga no deseadas. Por tanto, lo mejor es arrancar las plantas atípicas de raíz.

Para realizar un raleo eficiente, siga las recomendaciones que aparecen enseguida:

- Limite el grupo que hará el raleo a 10 ó 12 personas, incluyendo al supervisor, ya que un grupo más grande se distrae con facilidad. Si se necesitan más personas para hacer el raleo, divídalas en varios grupos, asígnelas a distintas partes del campo y déles responsabilidades específicas en secciones específicas.
- escoja a personas responsables para formar el grupo de raleo y enséñelas a identificar y eliminar las plantas atípicas.
- El grupo debe empezar en una esquina del campo y trabajar lentamente, caminando por los surcos en forma paralela y en la misma dirección.
- Cada miembro del grupo de raleo debe observar un área reducida. En el caso del maíz, asigne a cada persona dos surcos adyacentes como máximo.
- Marque con estacas grandes las áreas del campo que ya han sido raleadas.
- La posición del sol y el movimiento del viento pueden afectar la capacidad del grupo de identificar las plantas atípicas.
- Después de varias horas de realizar el raleo, las personas se cansan y se vuelven menos eficientes. Por tanto, se recomienda realizar el raleo solo unas cuantas horas al día. Los grupos de raleo suelen ser más eficientes temprano por la mañana o al final de la tarde.
- El supervisor deberá dedicarse más bien a vigilar e inspeccionar las actividades del grupo que a hacer el raleo.

Cuándo realizar el raleo

El raleo debe realizarse antes de que el cultivo sea contaminado genética o físicamente y en momentos que favorezcan la identificación visual.

- Ralee las plantas voluntarias, las cuales son fáciles de identificar por su tamaño y posición fuera de los surcos (post emergencia).
- Durante el desarrollo vegetativo, ralee las plantas atípicas, cuyas características como el desarrollo de raíces y el tallo, el tipo de planta, la pigmentación, pubescencia de la hoja y el tallo, etc, son distintas del genotipo de interés. Un raleo eficiente durante este período ayudará a reducir la carga de trabajo durante el crítico período de la floración.
- En la etapa de la floración, es fácil identificar características agronómicas y morfológicas importantes. Esta etapa es crucial para evitar la contaminación genética del cultivo. Es esencial terminar de releer las plantas macho antes de que comience la producción de polen. El raleo de las hembras debe completarse poco después de la emisión de estigmas.

El desespigamiento

En la producción de semilla de maíz híbrido, el desespigamiento de las plantas hembras debe hacerse según la norma establecida y de manera oportuna. Cualquier retraso al realizar el desespigamiento —o si éste se hace de

manera inadecuada y quedan restos de espigas o plantas sin desespigar— causará que la pureza genética de la semilla híbrida se vea gravemente disminuida y podría ser causa de que no se dé la certificación. Cabe señalar lo siguiente:

- Las espigas de las plantas hembra deben ser eliminadas antes de que comiencen a producir polen.
- Hay que comenzar a desespigar cuando 3 ó 4 cm del extremo superior de la espiga se asomen por encima del cogollo foliar.
- Hay que continuar desespigando todos los días, hasta haber terminado —llueva, truene o relampaguee.
- Algunos tipos de planta del progenitor hembra son más fáciles de desespigar que otros. Por ejemplo, algunos progenitores hembra tienen espigas que son físicamente difíciles de arrancar, otras se rompen con facilidad y otras más comienzan a producir polen antes de emerger por completo de las hojas superiores. Las plantas hembra altas, especialmente las de un híbrido simple, son difíciles de desespigar. En el caso de los híbridos mestizos o intervarietales, en los que la hembra es una variedad de polinización libre, el momento en que salen las espigas de las hembras varía. Por último, los estigmas de algunos progenitores emergen mucho antes o después de la producción de polen. Todas estas situaciones pueden complicar y dificultar la supervisión del desespigamiento y causar problemas de manejo. Por esta razón, es esencial realizar una supervisión estricta del campo.
- El desespigamiento puede tomar de dos a tres semanas, dependiendo del tamaño del campo, la uniformidad del cultivo y la mano de obra disponible.



Las plantas atípicas deben cortarse de raíz antes de la floración a fin de asegurar su destrucción y evitar que vuelvan a brotar.

- Seis personas pueden desespigar una hectárea al día, pero esto dependerá de la dificultad del desespigamiento.
- Se deben asignar trabajadores individualmente a ciertas secciones del campo a fin de darles responsabilidad. No obstante, es necesario monitorear la eficacia de cada persona al desespigar, para asegurar que uno o dos trabajadores no echen a perder todo el campo.
- Si, al desespigar, se elimina más de una hoja junto con la espiga, esto reducirá el rendimiento.
- Utilizar una máquina para cortar o arrancar las espigas de las hembras mejora la eficiencia, pero es necesario hacer una revisión manual para quitar cualquier resto o espiga entera que quede. No siempre es posible realizar el desespigamiento a máquina en los híbridos triples, ya que las hembras suelen ser demasiado altas para que la máquina pase sobre ellas. Cabe señalar que la máquina desespigadora generalmente corta o elimina de una a tres de las hojas superiores, lo cual reduce el rendimiento.

Sincronización de las flores macho y hembra.

Lo ideal es que las plantas macho comiencen a producir polen cuando los primeros estigmas de las hembras aparecen y que produzcan polen todo el tiempo que los estigmas de las hembras estén emergiendo. Sin embargo, las plantas hembras y machos no siempre toman la misma cantidad de tiempo para llegar a la floración debido a que tienen distintas tasas de crecimiento y a las variaciones ambientales. Además, la producción de polen puede durar menos que el tiempo que las hembras necesitan para llegar a la emisión plena de estigmas. Cualquier falta de sincronización entre la floración



El desespigamiento consiste en retirar las espigas de las plantas hembra antes de que comiencen a producir polen.

de los machos y la de las hembras reduce el rendimiento y expone al progenitor hembra a ser contaminado con polen foráneo.

La producción de polen y la emisión de estigmas pueden durar entre 7 y 14 días, y es posible que no coincidan aunque los progenitores macho y hembra hayan sido sembrados al mismo tiempo. Por ejemplo (Figura 6), los estigmas de la hembra pueden empezar a emerger antes de que los machos comiencen a producir polen. De hecho, los estigmas del ejemplo ya eran visibles cinco días antes de que comenzara una producción significativa de polen, lo cual expuso a las hembras a ser contaminadas con polen foráneo. El tiempo transcurrido hasta que emergiera el 50% de los estigmas fue de 64 días después de la siembra, en tanto que el tiempo transcurrido hasta que se produjo el 50% de la producción de polen por parte de los machos fue de 67 días después de la siembra. Para lograr una sincronización perfecta de la floración de los machos y las hembras en este caso, hubiera sido necesario sembrar los machos tres a cinco días antes que las hembras.



Cuando el desespigamiento se retrasa, con frecuencia quedan restos de las espigas, los cuales producen polen y hacen que las hembras se autofecunden; esto afecta negativamente la pureza de la semilla.



Hembras desespigadas mecánicamente. Nótese que las hojas superiores han sido cortadas; sin embargo, el desespigamiento fue eficaz y se utilizó menos mano de obra.

Si el progenitor macho es una línea endogámica con un hábito de crecimiento débil, o si la producción de polen dura muy poco o no se produce polen en abundancia, se recomienda sembrar las plantas macho en dos (o hasta tres) fechas consecutivas con intervalos de unos cuantos días entre una y otra para que así la producción de polen continúe durante todo el período de la emisión de estigmas. El macho se siembra en forma dividida, generalmente en dos surcos adyacentes. Para reducir el área requerida, los dos surcos de machos sembrados en forma dividida pueden sembrarse relativamente cerca uno de otro, en comparación con los surcos de las hembras. Por ejemplo, si el espacio que normalmente se deja entre surcos es de 90 cm, los dos surcos de machos se pueden sembrar dejando un espacio de 45 a 60 cm entre ellos, y dejando también un espacio de 45 a 60 cm entre ellos y los surcos de hembras adyacentes. Cuando el macho no produce polen abundante, la proporción hembra:macho no debe ser más de 3:1, pero si el macho produce mucho polen (como en el caso de los híbridos dobles), esta proporción puede aumentarse a 6:1 o hasta 8:1. En algunos casos, incluso con híbridos simples y triples, se puede sembrar una proporción de 6:2, pero en ese caso, el macho debe ser un productor de polen muy prolífico.

En la producción de semilla de un híbrido simple, cuando los progenitores macho y hembra son líneas endogámicas de vigor y altura similares, es factible utilizar una configuración de surco apretado. En esta configuración, el surco de machos se siembra entre surcos alternos de hembras dejando la mitad del espacio normal, y los surcos de hembras se siembran utilizando el espacio normal. Por ejemplo, si los surcos hembra se siembran dejando el espacio normal, digamos 90 cm, entre ellos, entonces los surcos de machos se siembran alternadamente entre los surcos de hembras, dejando un espacio de 45 cm entre unos y otras. Aunque la proporción hembra:macho es de 2:1, en realidad la hembra cubre todo el campo y, por tanto, se hace un uso óptimo de la tierra. Sin embargo, es importante que al usar este sistema, los machos se eliminen inmediatamente después de la polinización para reducir la competencia con las hembras.

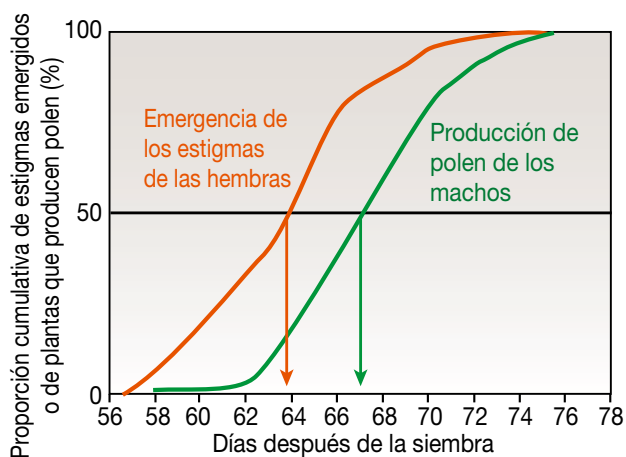


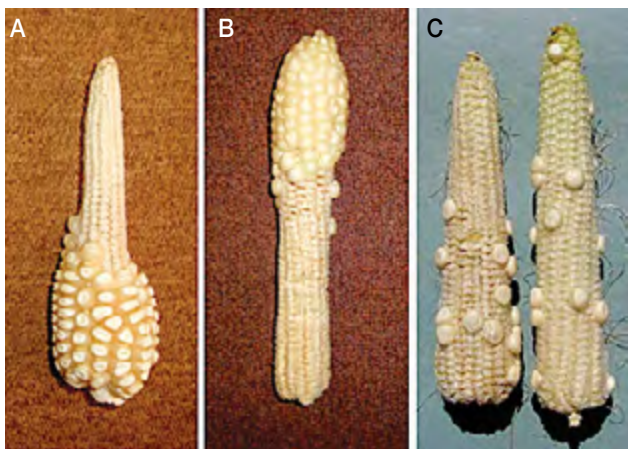
Figura 6. Ejemplo de cómo avanza la emisión de estigmas de una hembra de cruce simple y la producción de polen del macho endogámico, en un campo de producción de semilla de maíz híbrido de cruce triple.

Otros métodos utilizados para mejorar la sincronización, especialmente cuando solo existe una pequeña diferencia entre los momentos de la floración de los machos y de las hembras, incluyen los siguientes:

- Remoje la semilla en agua durante 12 a 24 horas, antes de la siembra, a fin de adelantar la floración uno o dos días. La semilla absorbe agua y comienza a germinar. Por tanto, se puede dañar si no se le manipula con cuidado. Remojar la semilla solo funciona si ésta se siembra manualmente en suelo mojado.

Recuadro 4: Efecto que tiene una mala sincronización en el rendimiento y la clasificación de la semilla de maíz

1. La producción de polen empieza antes de tiempo o la emisión de estigmas ocurre después de la producción de polen
 - Solo la base de la mazorca es polinizada y las puntas no se llenarán.
 - Dependiendo del porcentaje de semilla que se forme, la pérdida de rendimiento generalmente es poca, ya que los granos en la base de la mazorca suelen ser más grandes y compensan por los granos más pequeños que se forman en la punta.
 - Es de esperar que haya una proporción mayor de semillas redondas y grandes en comparación con otros tamaños de semilla.
2. La emisión de estigmas se adelantó o la producción de polen se retrasó en comparación con la emisión de estigmas
 - Las puntas de las mazorcas se llenarán, pero las bases no.
 - La pérdida de rendimiento suele ser grande, ya que los grandes granos de la base no se forman, solo los pequeños de la punta.
 - La semilla consiste mayormente en granos pequeños, redondos y gruesos, pero también hay una pequeña proporción de semilla medio plana.
3. Producción de polen insuficiente o irregular
 - Si no hubo suficiente polen, el llenado de la mazorca será irregular y quedarán mazorcas vacías.
 - La pérdida de rendimiento es grande debido al reducido número de granos.



A: Si se forman semillas solo en la base de la mazorca, esto indica que el polen de los machos se adelantó o la emisión de estigmas de las hembras se retrasó. B: Si se forman semillas solo en la punta de la mazorca, esto indica que el polen se retrasó o los estigmas se adelantaron. C: Cuando solo se forman unas cuantas semillas distribuidas por toda la mazorca, esto indica que la cantidad de polen producido fue insuficiente.

- Si se cortan de dos a cuatro hojas del cogollo de las plantas macho cuando cuatro a seis hojas han emergido totalmente (evidente por la presencia de los cuellos foliares), esto retrasa eficazmente la producción de polen dos o tres días. Sin embargo, si se les corta demasiado a las plantas, es probable que produzcan espigas pequeñas y menos polen que si no se les hubiera cortado. Si se les corta demasiado tarde, esto no afectará mucho el momento de la producción de polen, pero el tamaño de las espigas puede reducirse.
- Quemar las hojas de las plantas macho con herbicida o fuego en la etapa de tres a cinco hojas puede retrasar el espigamiento y la producción de polen dos o tres días. Se ha comprobado que esto funciona, si la quema no es excesiva.
- Si se agrega una cantidad extra de fertilizante nitrogenado y fosfatado al surco donde se siembra el macho o la hembra, esto acelera el crecimiento de las plantas, sobre todo en suelos que no son muy fértiles. Pero esta aceleración puede hacer que la floración ocurra solo uno o dos días antes de cuando hubiera ocurrido si no se hubiera aplicado fertilizante o si los fertilizantes se aplicaran al voleo.
- Si se aplica riego una o dos semanas antes de la floración, esto asegurará que los estigmas emerjan en el momento esperado, especialmente si el clima es caliente y seco en ese momento.
- En aquellos casos en que no hay suficientes plantas macho debido a una mala germinación, se puede recolectar polen de las plantas que quedan, mezclarlo y aplicarlo a los estigmas de las plantas hembra. En vez de además de eso, se puede caminar por el campo durante la producción de polen con máquinas sopladoras de vapor para aventar el polen a través de los surcos de hembras y mejorar la polinización.
- Adelantar el desespigamiento puede adelantar la emergencia de los estigmas de las hembras dos o tres días.
- Cortar la cubierta de la mazorca puede adelantar la emisión de estigmas dos o tres días, pero a medida que la mazorca crezca, es posible que se extienda más allá de las hojas de la cubierta cortada, exponiendo la punta a insectos, pájaros y enfermedades.

Eliminación de los machos

Elimine los machos del campo tan pronto como sea posible después de la polinización. Corte las plantas macho por la base y retírelas del campo o déjelas en los surcos para que se pudran. Si los machos son eliminados después de la polinización, esto garantiza que no habrá semilla de los machos que se mezcle con la de las hembras durante la cosecha. El rendimiento de las hembras también mejora porque llega más luz a los surcos de las hembras y, además, la competencia por el agua se reduce. Sin embargo, hay que recordar que las malezas tratarán de aprovechar el suelo que queda libre y, por tanto, hay que controlarlas.

Inspecciones del cultivo de semilla

Las inspecciones regulares del cultivo de semilla son un requerimiento normal de la certificación de semilla. Los reguladores de la semilla visitan el campo de semilla de 3 a 6 veces durante el ciclo a fin de asegurar que el cultivo cumpla con todas las normas de certificación. Los inspectores de semilla necesitan tener acceso libre al campo y a todos los datos asentados. Si se coopera y se implementan las instrucciones respecto al cultivo de semilla, esto facilitará su certificación.

Enseguida aparecen los criterios clave que se aplican durante las inspecciones:

- El cultivo de semilla se siembra con semilla proveniente de una fuente aprobada (es preciso guardar las etiquetas para poder comprobar su procedencia).
- El campo cumple con los requerimientos establecidos respecto al cultivo anterior.
- Se observan las normas respecto al aislamiento requerido.
- El cultivo de semilla se sembró utilizando las proporciones establecidas de los progenitores hembra:macho.
- El cultivo ha sido adecuadamente raleado y desespigado según las normas nacionales.
- El cultivo presenta las características de la variedad.
- El cultivo es cosechado correctamente a fin de evitar que se mezcle la semilla.

Cosecha de la semilla de maíz

La tasa de germinación de la semilla y su vigor (es decir, su viabilidad) mejoran desde que el embrión es fecundado hasta la madurez fisiológica, momento en que llegan a su máximo (Figura 7). La calidad absoluta o máxima de la semilla en la madurez fisiológica son determinadas por las condiciones de crecimiento durante el desarrollo de la semilla, pero la calidad que presenta en la madurez fisiológica será el máximo nivel



Las plantas macho se cortan inmediatamente después de la polinización para evitar las mezclas de semilla y mejorar el rendimiento de semilla de las hembras.

que la semilla puede alcanzar. De este punto en adelante, no es posible mejorar la viabilidad de la semilla. Por tanto, después de la cosecha, todas las operaciones se tienen que realizar de modo que la viabilidad de la semilla se deteriore lo menos posible; al mismo tiempo, es necesario separar la semilla sana de la de calidad inferior y de las impurezas (material extraño y semilla de malezas) a fin de alcanzar un grado específico de pureza.

Cuando el cultivo llega a la madurez fisiológica, el contenido de humedad de la semilla es de 30 a 35%, y todavía hay vestigios verdes en los tallos y hojas. A partir de la madurez fisiológica, la semilla se seca según lo permita el medio ambiente (Figura 8). Cuanto más seco y caliente el medio ambiente, más expuesta al aire está la semilla y más rápido disminuye su humedad. El secado en el campo también es más rápido si las mazorcas tienen pocas brácteas, o éstas están flojas y cubren muy mal las mazorcas, o el diámetro de las mazorcas es pequeño. La calidad de la semilla se mantendrá relativamente alta y solo disminuirá un poco, siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables y no haya plagas que se coman los granos.



Para verificar si las hembras fueron polinizadas, retire con cuidado las brácteas y observe la mazorca. Si aún quedan estigmas en la mazorca, esto indica que no hubo polinización (fecundación).

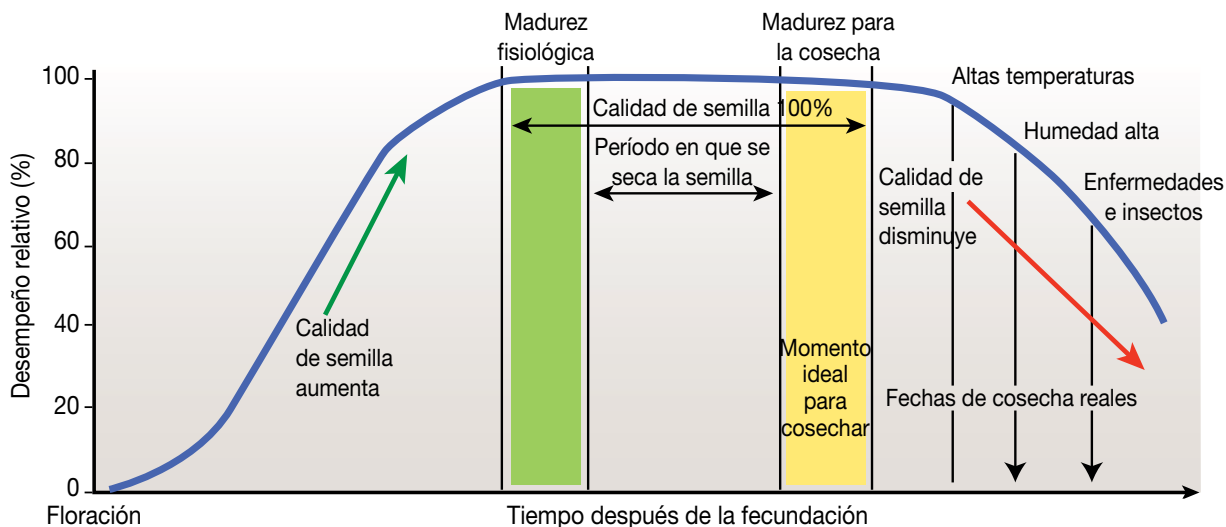


Figura 7. Representación esquemática del cambio en la viabilidad de la semilla (porcentaje de germinación y vigor) según el tiempo transcurrido desde la fecundación del embrión. (Tomado de Andrews y Cabrera, 1995. Seed quality. Bulletin 1033, Mississippi State University.)

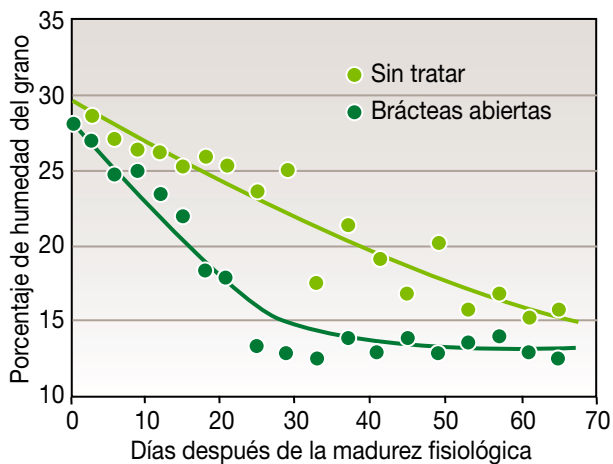


Figura 8. Reducción en el contenido de humedad de las semillas que quedaron en las plantas según el tiempo transcurrido después de la madurez fisiológica, cuando las brácteas de las mazorcas fueron abiertas o no fueron tratadas. (Tomado de Agricultural Research Trust, Harare, Zimbabwe.)

La calidad de la semilla se deteriora cuando la temperatura del aire es alta, cuando hay mucha humedad (humedad relativa alta) o presencia de enfermedades o barrenadores del grano. Esto significa que el cultivo debe cosecharse tan pronto como sea posible después de la madurez fisiológica.

Las mazorcas de maíz se pueden cosechar (pero no desgranar) cuando la semilla tiene un contenido de humedad de 25 a 30%; se pueden secar utilizando una temperatura moderada del aire (<35°C) y desgranarse cuando el contenido de humedad de la semilla sea menos de 14%. Si el cultivo se desgrana mecánicamente en el momento de la cosecha, el contenido de humedad de la semilla debe ser lo suficientemente bajo para permitir el desgrane, pero no demasiado bajo, para evitar que la semilla se astille o se rompa. En el caso del maíz, el contenido de humedad ideal para el desgrane es de 11 a 14%. Si la humedad está por debajo del 11%, la semilla se dañará durante el desgrane mecanizado. Si es mayor que el 15%, la semilla se maltratará o se astillará.

Recuadro 5: Peso de mazorcas de maíz en sacos de arpillera normales de 50 kg

- Un saco de mazorcas sin las brácteas pesa ~40 kg.
- Un saco de mazorcas con sus brácteas pesa ~30 kg.

Es común cosechar la semilla de maíz manualmente, y eso permite eliminar las mazorcas enfermas durante la cosecha. Como esto requiere mucha mano de obra, son necesarios un buen manejo y una buena supervisión. Se han creado varios métodos para hacer que la cosecha manual sea más eficiente. El más sencillo consiste en cosechar y colocar las mazorcas en sacos que se retiran del campo manualmente o en camión. Si las mazorcas son deshojadas en el campo, cada trabajador puede cosechar 500 kg de mazorcas al día; por el contrario,

si se utiliza un deshojador mecánico y los cosechadores solo tienen que retirar las mazorcas con todo y sus brácteas, entonces cada trabajador puede cosechar 1,500 kg al día. La cantidad cosechada puede aumentar si en vez de ponerlas en sacos, las mazorcas se echan directamente en un camión junto al campo. El camión debe tener una cortina que cuelga en el centro a fin de evitar que las mazorcas, al ser aventadas, lo sobrepasen y salgan volando. Si se utiliza este tipo de sistema, la cantidad de mazorcas que cada trabajador cosecha puede aumentar a 600 kg al día si las mazorcas se deshojan, o hasta 2,500 kg de mazorcas con las brácteas intactas.

Cosechar las mazorcas con una máquina mejora la eficiencia. Las mazorcas se cosechan después de la madurez fisiológica, cuando se ha formado una franja negra en la base de la semilla y su contenido de humedad está por debajo de 30%. Las mazorcas se colocan en un camión y se llevan a la planta acondicionadora, donde son evaluadas y secadas, si contienen más de 13% de humedad. Una vez que la humedad de las semillas de las mazorcas se haya reducido a menos del 13%, se pueden desgranar. No se recomienda cosechar la semilla con una máquina segadora-trilladora, ya que puede dañar la semilla, y después sería difícil retirar granos dañados o enfermos de la masa de semillas.

El desgrane

Lo ideal es hacer el desgrane a mano con el fin de mantener una alta calidad de semilla, pero esto no siempre es factible desde el punto de vista económico. Un trabajador puede desgranar hasta 100 kg de semilla de maíz al día. Existen muchos tipos de desgranadoras mecánicas, pero varían en el grado en que pueden afectar la calidad de la semilla. Las desgranadoras o segadoras-trilladoras de alta velocidad astillan y rompen la semilla. El daño mecánico es causado por abrasión o impacto; el daño por abrasión afecta principalmente el tegumento de la semilla y resulta cuando la semilla roza contra alguna superficie áspera. El daño por impacto puede afectar a toda la semilla, según la fuerza aplicada. Por tanto, las desgranadoras mecánicas deben ser operadas a baja velocidad y ajustadas para que la semilla no se dañe. Las orillas del tambor trillador deben ser redondas y lisas para que golpeen los granos lo menos posible. Para reducir el daño, lo mejor es frotar las mazorcas para quitarles la semilla. Cuando sea posible, deben utilizarse desgranadoras mecánicas para separar la semilla de materiales no deseables como los olotes y las brácteas.

Almacenamiento de la semilla

Después del desgrane, la semilla en bruto se puede almacenar hasta que es transportada a la planta de la empresa semillera. La semilla en bruto se puede almacenar en sacos o suelta, pero nunca se debe almacenar semilla que no tenga un contenido de humedad lo suficientemente bajo como para mantener la calidad (Figura 9), es decir, menos del 13%. Sin embargo, el tiempo que la semilla se puede almacenar sin dañarse, aun si su contenido de humedad es bajo, depende de la temperatura ambiente y la humedad relativa. Cuanto más bajas sean la temperatura ambiente y la humedad relativa, más tiempo se puede almacenar la semilla con un deterioro mínimo.

En general, si la humedad relativa está por arriba de 60%, es probable que la semilla se deteriore rápidamente, ya que estas condiciones aumentan su contenido de humedad y fomentan el desarrollo de enfermedades y plagas de almacenamiento. Lo ideal es almacenar la semilla en un cobertizo porque allí estará segura y protegida de la lluvia y el calor.

Cómo proteger la semilla de las plagas de almacenamiento.

Es necesario fumigar la semilla para protegerla de las plagas de almacenamiento. Normalmente para la fumigación se utiliza gas fosfina, ya sea proveniente de tabletas de fosforo de aluminio o que se inyecta desde latas que contienen el gas fosforo de hidrógeno. La fumigación debe ser complementada con insecticidas protectores del grano que se aplican directamente a la semilla o se rocían en el exterior de los sacos y el interior del almacén para evitar que las plagas los re-infecten.

La semilla que se va a fumigar debe colocarse en un plástico herméticamente sellado a fin de evitar que el gas fosfina se escape de la pila de semilla. Este plástico puede ser polietileno o poliéster y tener una masa de 250 a 350 g/m². Si el plástico es protegido de los rayos UV, durará de tres a cuatro años, siempre y cuando se le dé el debido cuidado.

Hay que tener particular cuidado para que el plástico no se agujere ni se rompa. El gas fosfina es un poco más pesado que el aire y se dispersa hacia abajo desde el punto de aplicación, pero en un área cerrada, finalmente se dispersa por todas partes. Cuando se utilizan tabletas de fosfina, éstas deben distribuirse en varios lugares dentro de la pila de sacos o contenedores de semilla, a la dosis recomendada, a fin de asegurar que el gas se disperse rápida y uniformemente por toda la semilla.

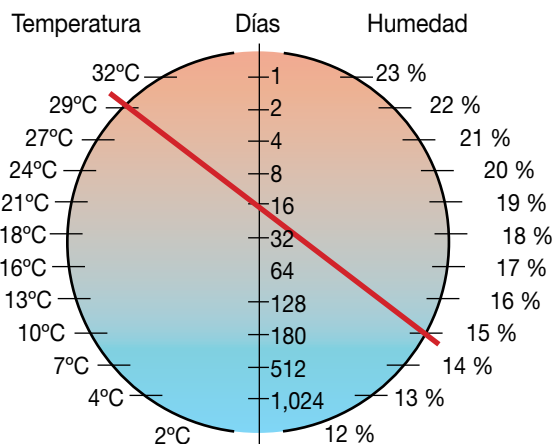


Figura 9. Representación diagramática de la vida potencial de almacenamiento de la semilla en función de la temperatura ambiente y el contenido de humedad de la semilla. La línea que conecta la temperatura ambiente promedio y el contenido de humedad indica la vida potencial de almacenamiento de la semilla.

Las condiciones ideales para fumigar con fosfina son una temperatura ambiente de 21°C, una humedad relativa de 60% y una humedad de grano de 12%. En estas condiciones, la semilla debe ser expuesta al gas durante al menos 10 días, pero cuanto más tiempo, mejor. El tiempo de exposición a la fumigación es más importante que la dosis. Cuanto más alta sea la temperatura, más rápido se libera el gas de las tabletas de fosfina. Si la temperatura ambiente es inferior a 15°C, es mejor no fumigar.

Recuadro 6: Principales causas del deterioro de la semilla almacenada

- La semilla que se almacenó es de mala calidad.
- La semilla que se almacenó tenía un alto contenido de humedad.
- No se respeta la regla de que la primera semilla que entra es la primera que sale y la semilla es almacenada durante demasiado tiempo.
- La bodega no es ideal; por ejemplo, puede estar mal ventilada, tender a calentarse, estar expuesta a la humedad y/o no ser segura.
- El medio ambiente es demasiado húmedo o demasiado caliente para almacenar semilla.

Cabe señalar que el gas fosfina es SUMAMENTE TÓXICO. Los operadores deben tomar precauciones de seguridad, como colocar letreros de aviso de riesgo cerca del área de fumigación, ponerse ropa protectora, usar mascarillas antigás y prohibir que se fume. El gas fosfina corroe los equipos eléctricos. Además, es combustible cuando se mezcla con el aire y explota si se le prende fuego. Por tanto, el equipo eléctrico debe estar puesto a tierra a fin de evitar chispas o descargas de electricidad estática.

Protección contra los roedores.

Los roedores causan graves daños a la semilla. Es posible reducir las pérdidas almacenando la semilla en bodegas a prueba de roedores, asegurando que los sacos estén apretadamente apilados a fin de evitar que los roedores penetren hasta el centro de la pila, y controlando las poblaciones de roedores con trampas y depredadores.

Espacio físico donde se almacena la semilla.

La semilla de maíz se puede almacenar de manera temporal con todo y mazorca, ya sea en pilas flojas o en un granero, siempre y cuando la humedad del grano sea menos de 13%. Las mazorcas almacenadas (ya sea en pilas o graneros) con alto contenido de humedad son susceptibles a ser atacadas por las plagas de almacenamiento. Los granos y su mazorca alcanzarán una humedad balanceada solo si su contenido de humedad es de alrededor de 13% (Cuadro 7). Cuando el contenido es mayor, las mazorcas contienen mucho más humedad que la semilla, lo cual fomenta el desarrollo de enfermedades e insectos. Un factor fundamental al almacenar el maíz en mazorca en un granero es el ancho del granero; cuanto más angosto el granero, mejor (2 ó 3 metros, como máximo), para permitir que pase suficiente ventilación natural por las mazorcas.

Cuadro 7. Contenido de humedad balanceado del grano y las mazorcas, en mazorcas intactas (tomado de D.E. Maier, 1996, Fact Sheet #29, Purdue University).

Humedad del grano (%)	10	13	15	20	25	30	35
Humedad de la mazorca (%)	9	13	18	33	45	52	56

Almacenamiento de la semilla en sacos.

La semilla se puede almacenar en sacos durante períodos largos, siempre y cuando tenga un contenido de humedad de menos de 13%, las condiciones de almacenamiento sean favorables para mantener la viabilidad de la semilla (es decir, frescas y secas), la semilla esté protegida de las plagas de almacenamiento y los sacos permitan el intercambio de gases y se apilen de manera ordenada. Normalmente, la semilla en bruto se almacena en sacos de yute o polipropileno de 25 a 50 kg, antes de procesarla o re-empaquetarla. Para almacenar la semilla en sacos, siga estas indicaciones:

Sacos de 25 kg.

Coloque los sacos en pilas de 3 m x 3 m, y ponga 32 sacos en cada capa (es decir, 0.8 toneladas) y apile hasta 20 capas (16 t en total). Una pila de este tamaño normalmente se logra colocando 8 sacos a lo ancho y 4 sacos a lo largo.

Sacos de 50 kg.

Coloque los sacos en pilas de 7 m x 7 m y ponga 130 sacos en cada capa (es decir, 6.5 t) y hasta 32 capas (208 t en total). Una pila de este tamaño normalmente se logra colocando 13 sacos a lo ancho y 10 a lo largo.

Los sacos deben colocarse de tal forma que queden muy juntos, atravesando las capas de manera alterna para reforzar la pila. Para evitar que ésta colapse, a medida que la pila crezca, sus costados deben inclinarse hacia adentro. Para comenzar la pila, primero se colocan los sacos de la periferia, dejando un espacio de 2.5 cm entre uno y otro en la capa de hasta abajo. Al colocar cada capa sucesiva, se reduce el espacio entre los sacos de manera que el ancho de la pila disminuya a medida que crezca la pila. Hay que dejar pasillos de al menos 1 metro alrededor de los sacos para permitir las



Almacene la semilla en sacos etiquetados en pilas bien construidas sobre tarimas y poniéndoles tarjetas, a fin de monitorear las existencias de semilla.

inspecciones, la aspersión de insecticida y para poder taparlos con plástico durante la fumigación. Una pila bien construida debe tener una densidad de alrededor de 650 kg por m³. En general, se puede almacenar 1 t de semilla por cada m² de piso, dejando lugar para los pasillos.

Almacenamiento de semilla a granel.

La ventaja de almacenar la semilla a granel es que se requiere menos espacio, ya que la densidad es de cerca de 0.75 t/m³. Además, si se utilizan silos y bandas transportadoras bien construidas, las pérdidas se reducen, se requiere menos mano de obra para manipular la semilla y se ahorra el costo de los sacos. La semilla almacenada a granel también es más fácil de fumigar. La desventaja es el alto costo de capital, aunque con el tiempo éste puede ser compensado con lo que se ahorra por no tener que comprar sacos. Los silos siempre se deben llenar y vaciar por el centro a fin de evitar que haya demasiada presión sobre alguno de los costados. El ángulo de reposo de la semilla de la mayoría de los cultivos de campo es de alrededor de 25°.

Secado de la semilla

En la mayoría de las fincas africanas, la semilla se deja secar en el campo antes de cosecharla y desgranarla. Esto es posible con los cultivos sembrados en verano que llegan a la madurez durante el invierno, que es seco. Sin embargo, a veces es necesario cosechar la semilla cuando todavía tiene más humedad de lo que debe y luego secarla artificialmente. La cosecha temprana y el secado artificial tienen varias ventajas: minimizan la infestación por insectos y enfermedades en el campo, evitan que se pierda semilla debido a los pájaros, roedores o robo, y permiten procesar y vender la semilla antes de lo normal. Las desventajas son que la semilla es más vulnerable a ser dañada debido a su alto contenido de humedad, que un secado mal controlado podría afectar de manera negativa la viabilidad de la semilla, y que el secado artificial es costoso. El maíz se puede secar artificialmente antes o después de desgranarlo.

El método de secado artificial de uso más común es forzar aire caliente a través de las mazorcas para que la humedad excesiva de la semilla se evapore y se elimine. Las mazorcas se cosechan cuando tienen un contenido de humedad en grano de 25 a 30%, se transfieren rápidamente a una secadora, donde el aire a una temperatura moderada (no más de 35°C, cf. Cuadro 8) seca la semilla hasta que tiene una humedad de 13%. La densidad de las mazorcas de maíz es de alrededor de 480 kg/m³, lo que equivale a una densidad de semilla (en la mazorca) de alrededor de 360 kg/m³. Una secadora por lotes (Figura 10) es la más adecuada para secar la semilla, ya que las secadoras de flujo continuo o re-circulatorias hacen que la semilla se mueva bastante, lo cual la puede dañar. En la secadora por lotes, las mazorcas no se mueven durante el secado; solo son movidas al llenar o vaciar el recipiente de secado. Sin embargo, el secado en estas secadoras no es uniforme, y es menos uniforme si la profundidad de la pila de semillas es grande. La semilla en el fondo de estas secadoras está más cerca del aire que entra y se seca más que la semilla

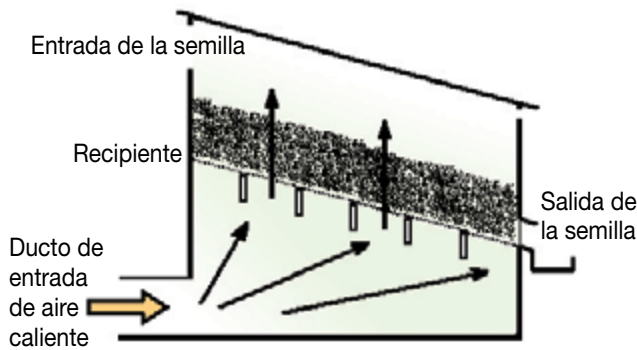


Figura 10. Diagrama esquemático de una secadora por lotes con el recipiente inclinado para facilitar el vaciado (no se muestra a escala).

que está hasta arriba de la pila. La uniformidad del secado se puede mejorar si el cultivo está limpio, si es uniforme la profundidad de la semilla dentro de la secadora y si esa profundidad se reduce. La profundidad máxima debe ser de 1 a 2 m en el caso de semilla en bruto, y de 2 a 4 m en el caso de las mazorcas. Algunas secadoras están construidas de manera tal que permiten revertir el flujo de aire, lo cual mejora la uniformidad del secado.

La velocidad del secado depende de la temperatura del aire y del flujo de éste al pasar por la semilla. La temperatura máxima que se utiliza para secar semilla es menor que la que se usa para secar grano. La temperatura máxima también depende del contenido de humedad de la semilla (Cuadro 8), ya que se requiere una temperatura menor si la humedad es alta para evitar que la semilla se “cueza”.

Cuadro 8. Temperatura ambiente máxima que se recomienda para secar semilla de maíz, según el contenido de humedad de ésta.

Contenido de humedad de la semilla	Máxima temperatura de secado
Más de 22%	30°C
De 18 a 22%	32°C
De 12 a 18%	36°C

La velocidad y la presión del flujo del aire que se requieren dependen de si se trata de secar mazorcas o semillas, de la profundidad de éstas y la velocidad requerida de secado. Por ejemplo, la semilla en bruto de maíz requiere cerca de tres veces más presión de aire que las mazorcas, debido a que ofrece mayor resistencia. Cuanto más pequeña sea la semilla y mayor sea la densidad de la pila, mayor es la resistencia al flujo de aire a través de la pila de semilla. Si se incrementa el flujo de aire, la velocidad del secado aumenta, pero se requiere más combustible para calentar el mayor volumen de aire.

El contenido de humedad inicial del cultivo también influye en la velocidad del secado porque la velocidad a



Una secadora de semilla de maíz.

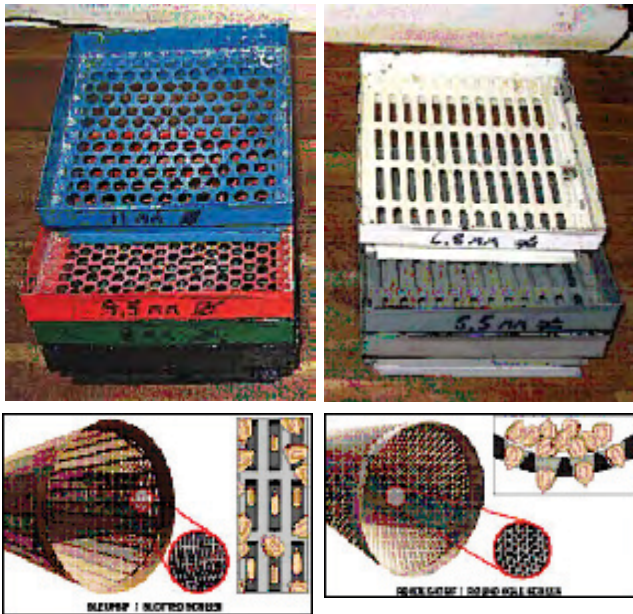
la que se extrae la humedad no está en función lineal con el contenido de humedad. Se requiere menos energía para eliminar la humedad de granos mojados que de granos secos. En general, la velocidad de secado de la semilla no debe ser mayor que la que se necesita para eliminar 0.5% de humedad cada hora.

Existen varios sistemas de calentamiento de aire que utilizan una diversidad de fuentes de energía (e.g., carbón, diesel, olotes). El sistema que se escoja depende de cuánto hay que aumentar la temperatura, el volumen de aire que hay que calentar, la disponibilidad del combustible y el costo del sistema. También es posible secar la semilla al sol, ya que normalmente se necesita una temperatura del aire inferior a 35°C. Asimismo, existen varios tipos de ventiladores que crean flujo de aire. El diseño de un sistema de secado de semilla es complicado y hay que consultar a un experto. Al diseñar una secadora, es necesario considerar los siguientes temas:

- El tipo de cultivo(s) o de producto (semilla en bruto o mazorcas) que se va a secar.
- La cantidad de producto que hay que secar en un período de tiempo específico.
- El tamaño y el número de recipientes.
- El llenado y vaciado de los recipientes.
- La localización de las instalaciones (accesibilidad, altura, temperatura ambiente y humedad relativa durante el secado).
- Los combustibles disponibles.
- El tipo de intercambiador de calor que se requiere.
- El tipo de ventilador que se requiere.

Limpieza de la semilla

Al salir de la desgranadora, la semilla a menudo contiene materiales extraños, como pedazos de olote, brácteas, granos rotos, piedras, suciedad, semilla de maleza e insectos. Es necesario eliminar esta basura para mejorar la apariencia de la semilla y asegurar que se pueda almacenar y sembrar sin problema. La semilla se puede limpiar a mano o con una máquina limpiadora de semilla que utiliza cribas y movimiento de aire para eliminar los materiales no deseados.



Cribas para separar la semilla.

Clasificación de la semilla

Uno de los aspectos únicos de las semillas de una mazorca de maíz son las drásticas diferencias en su tamaño y forma debido en gran parte a la posición que ocupan en la mazorca. Se suelen encontrar semillas grandes y redondas en la base de la mazorca, y semillas pequeñas y redondas en la punta. Cerca de 75% de las semillas que se encuentran entre las redondas de ambos extremos, se aplanan porque están muy apretadas. Las semillas son clasificadas al ser procesadas. Se determina a qué clase pertenecen pasándolas por dos tipos de cribas que las separan con base en el largo (ranuras rectangulares) y el ancho (ranuras redondas). Las semillas son clasificadas como grandes, medianas o chicas con base en su longitud, y como redondas, anchas o planas con base en su grosor (Cuadro 9 y Figura 11). Es posible obtener clases aun más pequeñas de todos estos tipos de semilla.

Cuadro 9. Clases de semilla según su ancho y grosor.

Ancho	Grosor		
	Redonda (R)	Ancha (A)	Plana (P)
Grande (G)			
Mediana (M)	GR	GA	GP
Chica (C)	CR	CA	CP

Debido a sus tamaños relativos, las distintas clases de semilla tienen diferentes pesos por mil granos (PMG) y contienen diferentes números de granos por peso específico (granos por kg). El peso promedio de mil granos y el número promedio de granos por kg de varias clases se muestran en el Cuadro 10. Esto es importante porque afecta la densidad de siembra en el campo (Figura 12).



Figura 11. Clases de semilla.

Cuadro 10. Peso de mil granos (PMG) promedio y número de granos por kilogramo de varias clases de semilla.

CLASE	PMG promedio, kg	Promedio de granos/kg
GP	0.54	1,871
GR	0.62	1,638
GA	0.60	1,688
MP	0.45	2,241
MR	0.55	1,830
MA	0.52	1,963
CP	0.37	2,761
CR	0.44	2,283
CA	0.42	2,438

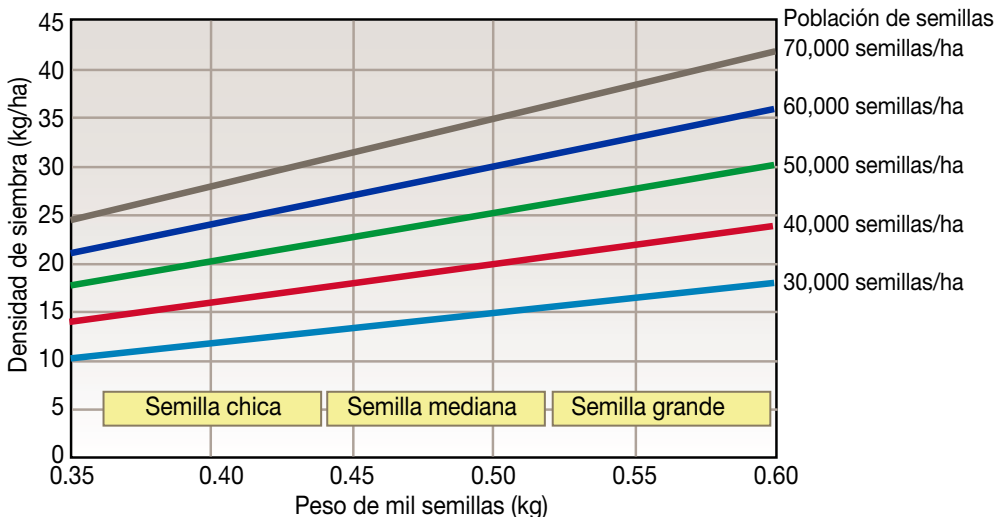


Figura 12. Efecto del peso de mil semillas en la densidad de siembra y en las semillas requeridas por hectárea.

Tratamiento de la semilla

La semilla de maíz debe ser tratada con un fungicida o una combinación de un fungicida y un insecticida a fin de proteger la semilla y las plántulas de las enfermedades y para darles protección a corto plazo de los insectos de almacenamiento. Los fungicidas son particularmente útiles cuando la semilla se siembra en suelos arcillosos, compactados y/o fríos y mojados. Los químicos utilizados para tratar la semilla también reducen la vulnerabilidad a las enfermedades de aquellas semillas que han sido rotas o astilladas durante la cosecha o las operaciones de acondicionamiento.

Los fungicidas y los insecticidas suelen ser mezclados con agua y aplicados con un aparato para tratar semillas. A menudo se le agrega un tinte a la mezcla para darle un color distintivo y así poder identificar las semillas que han sido tratadas. Es esencial cubrir la semilla con la dosis correcta del químico(s) durante el proceso de tratamiento. Existen diferentes fungicidas e insecticidas para tratar la semilla, pero conviene utilizar químicos que están registrados en la localidad.

Colocar la semilla en sacos.

Este es el último paso del proceso de acondicionamiento. Un saco de semilla tiene varias funciones esenciales:

- Es una unidad conveniente que permite manipular, transportar y almacenar la semilla.
- Protege la semilla de la contaminación y de daño mecánico.
- Es apropiado para almacenar la semilla.
- Es una barrera que evita que se pierda la semilla o se escapen los plaguicidas.
- Promueve la venta de la semilla.

Existen varios materiales que se pueden utilizar para empaquetar la semilla, como tela, yute, plástico, papel, metal o una combinación de éstos. Las combinaciones de plástico, papel o plástico/papel, son las mejores opciones

para empaquetar la semilla de maíz. En algunas regiones, prefieren las bolsas de plástico transparente porque así los agricultores pueden ver la semilla.

Sin embargo, las bolsas de plástico pueden ocasionar riesgos si la semilla es expuesta al sol o a temperaturas cálidas, lo cual provocará una respiración acelerada de la semilla y su probable deterioro. La semilla se puede empaquetar a mano o con equipos automáticos o semi-automáticos. Después de llenar la bolsa con la cantidad de semilla requerida, la bolsa se cose o se sella con calor y se le pone una etiqueta que normalmente debe incluir información acerca de la variedad, el número de lote de semilla, su pureza física y genética, los resultados de la prueba de germinación y los químicos que fueron utilizados para tratarla. El tamaño de un paquete de semilla de maíz varía dependiendo de los requerimientos de los productores, pero normalmente contiene de 1 a 25 kg.

Prueba de la calidad de la semilla

Después de la cosecha, las semillas deben ser inspeccionadas en distintas etapas de su procesamiento. Se utilizan muestras para realizar las pruebas que evalúan la calidad física y fitosanitaria de la semilla, así como su pureza genética y su vigor.

Como el contenido de humedad tiene una gran influencia en la vida útil y la calidad de la semilla, la primera prueba de control de calidad que se lleva a cabo suele ser la evaluación del contenido de humedad. Después se analiza la pureza física para detectar el tipo y el número de granos dañados o atípicos, así como la cantidad de materia inerte o semilla de maleza presente en la muestra.

El análisis de la pureza genética es importante para garantizar que las semillas se ajusten uniformemente al tipo varietal. El método convencional utilizado hasta ahora consiste en realizar pruebas para observar el crecimiento de la semilla. Para ello, se toma una muestra del lote de semilla y



Se realizan pruebas de semilla para verificar su pureza y calidad, para asegurar que a los agricultores solo se les venda semilla pura.



Se hace una prueba de germinación para asegurar que el porcentaje de germinación de la semilla satisfaga el mínimo requerido para la certificación.

se siembra ya sea en el invernadero o en el campo (fuera del ciclo normal) a fin de evaluar el desarrollo de las plantas y compararlo con la descripción de la variedad. Las desventajas de este sistema incluyen el tiempo que requiere y el hecho de que el material genético a veces es evaluado en un medio ambiente al que no está adaptado, lo cual dificulta identificar las plantas atípicas y aquellas que se ajustan al tipo varietal. Cabe señalar que hoy día existen técnicas moleculares avanzadas que permiten hacer una determinación precisa de la configuración genética de la semilla.

La prueba de calidad de semilla más común es la prueba de germinación que evalúa la viabilidad de la semilla en condiciones ideales. De un lote de semilla de maíz, se siembran 4 repeticiones de 100 semillas, ya sea en arena o en un sustrato de papel, y se colocan en condiciones adecuadas de humedad, ya sea a 25°C (con 12 horas de luz/día) o alternando entre 20°C y 30°C. El número de plántulas normales y anormales, y de semillas no germinadas se determina 4 y 7 días después de iniciada la prueba.

Las pruebas de vigor evalúan la capacidad de la semilla de emerger de forma oportuna, uniforme y adecuada en condiciones de campo.

Para reducir la posibilidad de diseminar patógenos dañinos por medio de la semilla, se han desarrollado cuatro tipos de pruebas de la sanidad de la semilla:

- Se hace un examen físico de las partes internas y externas de la semilla, incluyendo la utilización de un microscopio para detectar patógenos.
- Las semillas se cultivan en una placa de agar para después identificar los organismos que de ahí emerjan.
- Se hace germinar la semilla y las plántulas se siembran en condiciones que se sabe fomentan el desarrollo de los síntomas de diagnóstico.
- Las muestras de semilla se lavan con agua destilada; enseguida se centrifugan y se observan bajo el microscopio.

La seguridad

La seguridad de los trabajadores es parte integral de la producción de semilla.

- *Seguridad mecánica.* Las máquinas deben contar con interruptores de emergencia. Además, sus partes móviles deben estar cubiertas con jaulas de protección.
- *Seguridad eléctrica.* Los operadores tienen que estar protegidos contra choques eléctricos y, además, deben tomar precauciones al dar mantenimiento a los componentes eléctricos.
- *Control de polvo y desechos.* El procesamiento de semilla genera polvo, el cual debe ser eliminado por ductos de extracción de aire. Cuando se limpian las plantas, se producen residuos no deseados que podrían incendiarse o causar problemas de desechos en el medio ambiente.
- *Protección de químicos peligrosos.* Es indispensable seguir procedimientos apropiados de seguridad al fumigar y tratar la semilla.
- *Seguridad en los vehículos.* Se pueden causar accidentes al mover la semilla dentro de la planta con tractores o portacargas.

- *Seguridad al almacenar la semilla.* Hay que tener mucho cuidado al construir las pilas de semilla, y no se debe entrar en los silos si no se toman las debidas precauciones.

Contratos de producción de semilla

Un contrato es un acuerdo legal que es obligatorio para las dos partes. El tipo exacto de contrato de producción de semilla depende de las circunstancias, pero por lo general contiene los siguientes detalles, expresados en términos legales:

El productor se compromete a:

- Producir un cultivo de semilla de una variedad en particular, exclusivamente para la empresa semillera.
- Producir la cantidad acordada de semilla.
- Utilizar las prácticas agronómicas especificadas.
- Permitir a los representantes de la empresa inspeccionar los campos de producción de semilla.
- Respetar el calendario de entrega.

Por su parte, la empresa semillera se compromete a:

- Proporcionar al productor la semilla progenitora.
- Especificar cuáles servicios proporcionará al productor.
- Pagar por la semilla el precio acordado, incluyendo cualquier bono o castigo aplicable.
- Respetar el calendario de pagos.

En los contratos también se suele especificar que el germoplasma proporcionado por la empresa semillera y producido por el agricultor sigue siendo propiedad de la empresa.

Cuando los que producen la semilla son pequeños agricultores, podría ser necesario o preferible establecer el contrato con un consorcio de productores (o con todo un pueblo), a fin de garantizar que todos los productores



La seguridad considera no solo los enseres de trabajo, sino también los procedimientos que hay que seguir para proteger a las personas y el medio ambiente para que no sufran daño.

siembren la misma variedad y así evitar que la semilla se mezcle o se contamine; también se puede contratar a una cooperativa o un grupo de agricultores a fin de que el grupo asuma cierto grado de responsabilidad y la obligación de rendir cuentas. En estos casos, el contrato debe negociarse con el líder del pueblo o del grupo, pero con el total acuerdo de la comunidad. La ventaja para la empresa semillera, además de la garantía de calidad, es que se pueden producir cantidades mayores de semilla y que las negociaciones, transacciones e inspecciones se hacen en una misma localidad, lo cual simplifica su realización. La ventaja para la comunidad es que un contrato ofrece cierto grado de seguridad y puede ser utilizado en la negociación colectiva para obtener préstamos y crear riqueza en la comunidad.

El precio de la semilla

Existen varias opciones que determinan qué precio se les paga a los productores por la semilla y, también, cómo se les paga:

- Al productor se le paga el precio que determine la empresa semillera por tonelada de semilla entregada. Esta es la forma más sencilla de establecer el precio, pues permite al productor comparar el precio y las ganancias generadas por la producción de semilla, con otras opciones comerciales. La empresa semillera establece el precio con base ya sea en (1) el rendimiento promedio de semilla y una utilidad realista por hectárea para el productor (por ejemplo, si el rendimiento promedio es de 4.0 t/ha y el productor espera ganar ingresos brutos de US\$ 1,200 por ha, el precio de la semilla se fija en US\$ 300/t); o (2) un margen sobre los costos variables de producción con base en lo presupuestado para el cultivo de semilla. En este último caso, es necesario desarrollar un presupuesto realista para el cultivo de semilla (ver el Anexo 1).
 - Al productor se le paga una parte del valor de la semilla en el momento de la entrega; el resto se le paga cuando se vende la semilla. Este sistema se puede utilizar en el contexto de una cooperativa o cuando no existe un mercado seguro. De esta forma, el productor comparte el riesgo que conlleva la comercialización de la semilla.
 - El productor entrega la cantidad especificada de semilla, por la que recibe un precio fijo por tonelada. Si produce y entrega un excedente, éste se le pagará en una fecha posterior —generalmente, una vez que se venda la semilla. Esto le da seguridad a la empresa semillera en caso de que el agricultor produzca más de lo que requiere, y al productor le asegura que pueda entregar el excedente de semilla, el cual le generará ingresos en el futuro, cuando la semilla se venda.
- Al productor se le paga un precio básico por tonelada de semilla en bruto y un bono por buena calidad (por ejemplo, semilla sin defectos, con pureza aceptable y buena germinación) o por hacer la entrega de acuerdo con el calendario establecido.
 - Este sistema le da al productor incentivos para producir semilla de calidad, de acuerdo con el calendario de la empresa semillera. Otra forma de hacer esto es aplicar penas pecunarias cuando la semilla es de mala calidad o se retrasa su entrega.

Llevar un registro de datos

La producción de semilla híbrida incluye muchos pasos, la mayoría de los cuales son afectados por el medio ambiente (temperatura ambiente, lluvia, tipo de suelo) y el manejo agronómico. La primera vez que se produce un híbrido, es poco probable que todo resulte bien, pues normalmente, cada vez que el agricultor produce un híbrido nuevo, hay una intensa fase de aprendizaje. En consecuencia, es útil llevar un registro de los datos de todas las etapas de producción y utilizarlos para mejorar la producción en las temporadas siguientes. En el Anexo 2 aparece un ejemplo de una hoja de registro de datos. Además de estos registros, los datos pluviométricos, financieros, laborales y de las existencias de semilla también son útiles para mejorar la administración de todos los recursos de la finca. Se puede utilizar una página de una bitácora para anotar, diariamente, las tareas y los contactos que hay que hacer y los eventos notables que ocurren, y así generar un registro muy útil de cada ciclo que, además, proporcionará información histórica muy valiosa para la producción de semilla actual y del futuro.

Conclusión

La semilla de maíz híbrido puede mejorar la productividad de los agricultores, pero solo si la semilla producida satisface las más altas normas genéticas, físicas y fitosanitarias. Para garantizar una producción de semilla de calidad, es necesario realizar un buen manejo agronómico de los campos de producción y cumplir con las normas que rigen esa producción. Comenzando con una buena fuente de semilla, la producción de semilla de maíz híbrido de calidad consiste en una serie de pasos, cada uno de los cuales depende del éxito de los anteriores. En este manual, hemos descrito los procedimientos básicos que hay que realizar en cada paso. Si se siguen estos pasos de forma oportuna y eficiente, cumpliendo con las normas establecidas, la semilla certificada será comercializable y el productor logrará buenos rendimientos que contribuirán a sus ganancias y a la sustentabilidad.

Anexo 1. Ejemplo de un presupuesto para el cultivo de semilla.

Presupuesto de semilla

Cultivo: Maíz Área: 10 ha Rendimiento estimado: 3.50 t/ha
 Año: 2014 Precio por t: US \$650
 Ingreso/ha: US \$2,275
 Ingreso total: US \$22,750

Costos variables	Por ha	Unidades	Costo unitario (US \$)	% área	Costo/ ha (US \$)	Costo total (US \$)	Costo al ingreso (%)	Comentarios
Semilla					145	1,450	6.4	
Hembra	20	kg	5	100	100	1,000		
Macho	9	kg	5	100	45	450		
Tratamiento de semilla		mL	-	0	-	-		
Tarea	68	LD/ha			204	2,040	9.0	
Aplicación de fertilizante	4	LD/ha	3	100	12	120		
Aspersión de herbicida	2	LD/ha	3	100	6	60		
Aplicación específica de herbicida	2	LD/ha	3	100	6	60		
Siembra	4	LD/ha	3	100	12	120		
Abonado en cobertera	3	LD/ha	3	100	9	90		
Raleo	3	LD/ha	3	100	9	90		
Desespigamiento	20	LD/ha	3	100	60	600		
Deshierbe	6	LD/ha	3	100	18	180		
Riego	0	LD/ha	3	100	-	-		
Cosecha	6	LD/ha	3	100	18	180		
Selección de mazorcas	6	LD/ha	3	100	18	180		
Desgrane	6	LD/ha	3	100	18	180		
Cosecha manual	6	LD/ha	3	100	18	180		
Fertilizante					350	3,500	15.4	
Compuesto	0.25	kg	700	100	175	1,750		En la siembra o antes
Abonado en cobertera	0.25	kg	700	100	175	1,750		4 semanas después de la emergencia
Cal	0.35	kg	250	0	-	-		Mantenimiento: 1 kg de cal/kg de AN
Herbicidas					60	600	2.6	
Atrazina	3.00	L	20	100	60	600		
Metolacoloro	1.50	L	30	0	-	-		
		L		100	-	-		
		L		30	-	-		
Plaguicidas					24	240	1.1	
Thiodan	4	kg	6	100	24	240		
		L		100	-	-		
Tractor y maquinaria					240	2,400	10.5	
Arado	30	L	3	100	90	900		
Rastra de discos	15	L	3	100	45	450		
Siembra	10	L	3	100	30	300		
Cosecha	20	L	3	100	60	600		
Aspersión	5	L	3	100	15	150		
Riego	150	mm	0.25	0	-	-	0.0	
Secado	2.5	t	100	0	-	-	0.0	
Transporte	100	km/t	0.15	100	53	525	2.3	
Total de costos variables (TCV)					1,076	10,755	47.3	
Margen bruto					1,200	11,995	52.7	
Retorno/TCV					2.12			

Anexo 2. Ejemplo de una hoja de registro de datos de la producción de semilla de maíz híbrido.

Hoja de registro de la producción de semilla. Código del híbrido:				
Nombre del campo		Ciclo		
Productor		Cultivo		
Contacto:		Variedad		
Área ha		Clase de la semilla		
Localidad		Nombre de la hembra Lote no.		
GPS.....		Nombre del macho..... Lote no.		
Preparación de la tierra				
Fecha				
Método				
Fertilizante básico (incluyendo estiércol y cal)	Fecha:	Hembra	Macho 1 ^{ero}	Macho 2 ^{ndo}
	Tipo:			
	Por ha:			
Fechas de siembra	Densidad de siembra (kg/ha)	Ancho del surcocm		Población de plantas (plantas/ha)
Hembra				Hembra
Macho 1 ^{ero}	Hembra	Hembra en el surcocm		Macho 1 ^{ero}
Macho 2 ^{ndo}	Macho	Macho en el surcocm		Macho 2 ^{ndo}
Abonados en cobertera	Fecha	Hembra	Macho 1 ^{ero}	Macho 2 ^{ndo}
	Tipo			
	Por ha			
Control de malezas				
Fechas				
Métodos				
Control de plagas y enfermedades				
Fechas				
Métodos				
químicos				
Inspecciones	Fecha	Fecha	Fecha	Fecha
	Nombre	Nombre	Nombre	Nombre
	Ref	Ref	Ref	Ref
Raleo	Fecha		Fecha	
Desespigamiento	Fecha inicial		Fecha final	
Floración de hembras	5% estigmas		50% estigmas	
Floración de machos 1	5% polen		95% polen	
Floración de machos 2	5% polen		95% polen	
Destrucción de machos: fecha				
Fecha de cosecha		Rendimiento total del campo		Rendimiento (kg/ha)
Fechas de entrega				
Observaciones				

Anexo 3. Factores de conversión.

Área

1 ha	= 2.47 acres
1 acre	= 0.405 ha
1 m ²	= 10.76 pies ² cuadrados
1 ha	= 10,000 m ²

Volumen

1 m ³	= 1,000 L
1 L	= 2.11 pintas
1 m ³	= 35.3 pies cúbicos

Masa

1 t	= 1,000 kg
1 kg	= 2,205 lbs
1 t	= 36.74 bushels por cada 60 lbs de trigo o soya
1 t	= 39.37 bushels por cada 56 lbs de maíz o sorgo
1 bushel	= 25.4 kg de maíz

Rendimiento

1 t/ha	= 893 lbs por acre
1 t/ha	= 15.93 bushels por acre (56 lbs bushel = maize and sorghum)

Temperatura

Celsius a Fahrenheit:	$^{\circ}\text{F} = 1.8 \times (^{\circ}\text{C}) + 32$
Fahrenheit a Celsius:	$^{\circ}\text{C} = 0.556 \times (^{\circ}\text{F}) - 32$

Presión

1 megapascal (MPa)	= 9.9 atmósfera(s)
1 megapascal (MPa)	= 1 barra

Medidas hídricas

1 m ³ por segundo	= 35.32 cusec
1 m ³ por hora	= 0.01 cusec
1 cusec	= 28.3 L por segundo
1 L por segundo	= 0.035 cusec

Concentraciones

1 g por kg	= 0.1%
1 mg por kg	= 1 ppm

Densidades

Grano de maíz	750 kg/m ³
Grano en mazorca (deshojada)	480 kg/m ³ (80% grano)





Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

Apdo. Postal 6-641 Mexico D.F. Mexico 06600

Tel: +52 (55) 58042004

Email: cimmyt@cgiar.org

www.cimmyt.org