

Nora Elssy D'Croz M.^{1/}

Es indiscutible que ha existido mejoramiento en maíz desde las épocas más primitivas de su cultivo, ya sea por selección natural, o selección objetiva realizada por el hombre, es así como muchas de las variedades superiores de polinización libre se han formado mediante trabajos de selección llevadas a cabo por los agricultores.

El fin primordial del mejoramiento genético a través de los años ha sido el de obtener mejores variedades y para lograr esto se han llevado a cabo diferentes métodos de mejoramiento; en el caso del maíz los métodos clásicos para especies de polinización cruzada como son: a) Introducción, b) Selección masal, c) Selección surco por mazorca, d) Hibridación varietal o cruzamiento entre variedades, e) Creación de variedades sintéticas, f) Maíz híbrido.

Para que se puedan lograr los beneficios potenciales de una variedad mejorada, ésta tiene que distribuirse ampliamente, produciéndose suficiente cantidad de semilla mediante multiplicación a través de agricultores, productores de semilla, particulares u oficiales.

Los intentos para mejorar el rendimiento en las variedades de polinización libre fueron inicialmente muy desalentadores, ya que a pesar de obtenerse variedades diferentes mediante selecciones continuas, poco se logró en cuanto al incremento en la capacidad hereditaria para rendimiento, debido seguramente a lo heterogéneo del maíz y a la deficiencia en las prácticas experimentales.

Tan solo en 1909, se inició la nueva era del mejoramiento del maíz, cuando el Dr. G.H. Shull, sugirió un método para la producción de semilla híbrida.

Como resultado de los estudios de autofecundación realizados por Shull y East independientemente en Long Island e Illinois se definió en 1909 un plan consistente en: (a) autofecundación para la obtención de líneas puras, y (b) Cruza de las líneas puras (autofecundadas) para la producción de líneas híbridas uniformes.

1/ Asistente de Investigación, Programa de Maíz, Apdo. Aéreo No. 6111, Cali, Colombia.

Debido al alto costo de producción de la semilla híbrida en un principio no fué práctico este plan, sin embargo, el Dr. D.F. Jonnes sugirió en 1918 el cruzamiento entre dos líneas de cruce simple y vigorosas para obtener semilla, esto hizo posible la producción económica de semilla de cruza doble.

Finalmente, en 1940 tan solo se vinieron a utilizar en forma amplia los híbridos, ya que se necesitaron muchos años de trabajo para llegar a disponer de buenos híbridos de alto rendimiento adaptados a diferentes zonas, puesto que los fitogenetistas captaron muy lentamente las posibilidades potenciales que este método de mejoramiento ofrecía. Esto se comprende fácilmente al recordar que en aquel tiempo la Genética era una ciencia nueva y era necesario establecer una base genética para explicar este procedimiento.

Maíz Híbrido

Qué es el maíz híbrido? Es la primera generación de una cruza entre líneas autofecundadas. La producción del maíz híbrido involucra:

- (1) Obtención de líneas puras - mediante autofecundación
- (2) Selección de las líneas autofecundadas
- (3) Utilización comercial de las cruzas para la producción de semilla

Obtención de líneas puras

Pueden obtenerse a partir de variedades de polinización libre o híbridos adecuados (mejoramiento de híbridos). Al autopolinizar una planta de polinización libre, su progenie tendrá menor vigor en comparación con su progenitor. Aproximadamente la mitad de la reducción total del vigor se observa en la primera generación autofecundada, el resto de pérdida se registra por mitad en cada generación sucesiva, y así se tienen reducciones pequeñas después de tres a cinco generaciones.

Una línea obtenida por autofecundación es una "línea pura", capaz de reproducirse idéntica a sí misma, por lo tanto, dentro de una misma línea cada planta sería exactamente igual a las otras.

El principal objetivo de la autofecundación es obtener líneas superiores en capacidad combinatoria y conservarlas sin que sufran cambios genéticos.

Muchos de los genes recesivos desfavorables que ocasionan reducción de rendimiento se eliminan mediante este sistema.

Métodos de Cruzamiento

(a) Mediante la polinización hecha a mano - se hace cuando se trata de híbridos experimentales que requieren pequeñas cantidades de semilla y se cultivan en área pequeñas.

(b) Polinización libre en lotes aislados

Es utilizada para la producción comercial de semilla.

Tipos de Híbridos

Son posibles muchos tipos de híbridos según el arreglo y el número de líneas autofecundadas progenitoras. Se pueden hacer cruza simples de tres líneas dobles, múltiples, etc., como puede verse en la Tabla No. 1.

1. Cruzas Simples

Es el híbrido más sencillo, se hace combinando dos líneas autofecundadas. La semilla de esta cruza es generalmente de tamaño pequeño y de forma irregular, el rendimiento es bajo, debido a que las líneas autofecundadas en las que se produce la semilla son relativamente improproductivas. Por este motivo, la semilla de la cruza simple es de producción costosa. Sin embargo, cuando la semilla de cruza simple se utiliza como material progenitor para producir semilla de cruza doble, la cantidad que de ello se necesita no es muy grande, y no es muy importante lo elevado de su costo.

La cruza simple es la segunda fase de la producción comercial del maíz híbrido, se puede hacer experimentalmente mediante polinización a mano, o por polinización abierta en lotes aislados, para cantidades grandes de semilla en este caso se debe hacer lo siguiente:

a) Sembrar los progenitores autofecundados en surcos alternos; la relación entre surcos femeninos (desespigado) y masculinos (polinizador) depende esencialmente de la abundancia de polen del progenitor masculino; las líneas autofecundadas carecen de vigor y capacidad para producir polen, cuando se usan como poliniza-

Tabla No. 1

Tipo de Híbridos	Genealogía
1. Cruza simple	$A \times B$
2. Cruza de 3 líneas	$(A \times B) \times C$
3. Cruza doble	$(A \times B) \times (C \times D)$
4. Cruza múltiple	$[(A \times B) \times (C \times D)] [(E \times F) \times (G \times H)]$
5. Cruza regresiva con la variedad original	$A \times \text{Variedad de polinización abierta,}$ $\text{o } (A \times B) \times \text{Variedad de poliniz. abierta}$
6. Cruza regresiva	$[(A \times B) \times A] \times [(C \times D) \times C]$
7. Cruza simple x cruza regresiva	$(A \times B) \times [(C \times D) \times C]$
8. Sintético	Compuesto de muchas líneas

dores, lo más práctico es sembrar 1 surco del polinizador por 2 surcos del progenitor femenino, o 2 surcos del polinizador por 4 surcos del progenitor femenino.

- b) Cortar las espigas del progenitor femenino antes de comenzar la dehiscencia, para que las mazorcas resultantes sean evidentemente la crua entre los dos progenitores.

La mejor manera de desespigar es tan pronto como salgan bien de la envoltura foliar, uno o dos días después de que son visibles por primera vez.

Si se hace antes de tiempo, existe la posibilidad de arrancar con la espiga una o dos hojas, o quebrar la espiga, ocasionando merma en el rendimiento con la pérdida de hojas y supresión incompleta de la espiga al quebrarla.

- c) Tener en cuenta que para producir buena semilla el lote de cruzamiento debe estar aislado de otros maizales por lo menos 200 m, para evitar contaminación de polen.

2. Cruza de tres líneas -

Es de producción menos costosa que la de crua doble, tendiendo a ser más uniformes y de rendimiento un poco más alto que ésta.

Es la progenie híbrida entre una crua simple y una línea autofecundada. Se usa solo cuando se dispone de tres líneas que combinan bien, para buscar una buena uniformidad o pronosticar cuáles son los híbridos de crua doble más convenientes.

3. Cruza doble -

El tipo de híbrido que se emplea más comúnmente. Es la progenie híbrida obtenida del cruzamiento de dos cruas simples. Esta es la semilla que generalmente se le vende al productor por lo que éste cultiva plantas de cruas dobles.

Pueden obtenerse en la misma forma que las cruas simples, polinización a mano, o polinización abierta en lote aislado, pero teniendo en cuenta que se requieren menos surcos de polinizador por surcos del progenitor femenino, en comparación con la proporción usada para la formación de cruas simples, debido a que las plantas de esta crua son más vigorosas y producen más polen que las líneas autofecundadas.

Además, las plantas de cruza simple resisten más las adversidades del tiempo reduciendo el riesgo en la producción y costo de la semilla. Algunos siembran 1 surco de polinizador por 3 o 4 de progenitor femenino, otros 2 x 6, o 2 x 8. Las cruza dobles son un poco más variables en cuanto a caracteres de la planta en relación a las simples y de tres líneas, lo cual puede ser una ventaja cuando la planta se cultiva en condiciones adversas.

4. Cruza múltiple -

Es una combinación de más de cuatro líneas autofecundadas. Se ha sugerido para el agricultor que quiera obtener su propia semilla híbrida, una cruza múltiple entre dos cruza dobles comerciales. Dicha cruza utilizaría la semilla producida en cruza dobles comerciales, que es menos cara que la semilla de las cruza simples. Las múltiples son generalmente menos productivas que las dobles.

Las generaciones avanzadas de híbridos múltiples sirven como valiosas fuentes de germoplasma para nuevas líneas autofecundadas.

5. Otras Cruzas - Cruza regresiva con la variedad original (top-cross)

Fácil de producir y útil en las primeras fases de programas de mejoramiento.

Por ejemplo: una cruza simple que aporte genes de alto rendimiento y resistencia a volcamiento y una variedad de polinización abierta que aporte adaptación, pueden combinarse para probar variedades de polinización libre prometedoras que puedan usarse como material original en la producción de líneas autofecundadas.

Casi todos los top-crosses son temporales que usualmente y a la postre, son reemplazados por cruza dobles.

Los híbridos de cruza regresiva no se utilizan mucho, ya que su producción es cara y complicada. Sin embargo, pueden tener excelente rendimiento y uniformidad razonable.

Los híbridos de cruza simple x cruza regresiva pueden dar muy buen rendimiento, uniformidad a la planta y mazorca y producirse en forma muy práctica, puesto que se obtienen sobre un progenitor vigoroso de cruza simple.

Sintéticos -

Se producen mediante combinación de líneas autofecundadas selectas. La generación avanzada de las cruza múltiples que es aumentada por polinización libre se denomina Variedad Sintética.

Se diferencia de los Compuestos en que estos son formados no a partir de líneas, sino de la mezcla y combinación de tipos, razas o variedades.

Un sintético trae como ventajas:

- (1) Preferible en zonas de ingresos bajos para eliminar la compra de nueva semilla F_1 por el agricultor cada año.
- (2) Adaptabilidad mayor que la de un híbrido por su mayor variabilidad.
- (3) Mayor utilización en zonas de topografía irregular donde los híbridos no pueden usarse.

Se han obtenido sintéticos que son superiores a las variedades de polinización libre pero sin ser más productivos que la cruza doble. Mediante la aplicación del principio de selección recurrente se puede aumentar el rendimiento de la variedad sintética, a través de varios ciclos de selección.

Comparación de Rendimiento entre los tipos de híbrido y variedades:

Cruza simple > triple > doble > sintético > compuesto > variedad mejorada de polinización libre > variedad criolla de polinización libre > líneas

La capacidad peculiar del maíz híbrido para producir rendimientos superiores es la principal razón de que haya sustituido en forma tan rápida a las variedades de polinización libre.

Certificación

El uso del maíz híbrido y las variedades mejoradas trajeron consigo el desarrollo de una nueva industria: la producción, preparación, venta y distribución de semilla híbrida y como consecuencia de esto, la certificación de la semilla.

El propósito de la certificación de semillas es mantener y poner a la disposición del público partidas de semilla de alta calidad y material para la propagación de las variedades sobresalientes, producidas y obtenidas de tal manera que se asegure su

identidad genética. Solo se aceptan para certificación aquellos materiales con plasma germinal sobresaliente.

La certificación de semillas por medio del ICA inició labores en Colombia durante el segundo semestre de 1966 en Palmira, con la siembra de 10 lotes efectuados por la Caja Agraria.

En la actualidad el Servicio trabaja con las siguientes Compañías Productoras de maíz: Caja Agraria de Palmira y Medellín, Proacol Ltda., Empresa Agrícola de Occidente.

Clases de semilla

Se conocen cuatro clases de semilla:

- (a) Semilla del genetista - Constituida por semilla producida directamente o controlada por el fitomejorador y que se utiliza como fuente para la producción de semilla básica.
- (b) Semilla básica - La multiplicación directa de la semilla del genetista. En la semilla básica se mantiene la identidad y la pureza genética. Su producción es supervisada o aprobada por una granja experimental. La semilla básica es la fuente de todas las clases de semilla certificada.
- (c) Semilla registrada - Es la progenie de semilla básica o registrada. Conserva identidad y pureza satisfactorias. No es utilizada en todos los estados. En algunos se usa como fuente de la certificada una vez se haya establecido su adaptación.
- (d) Semilla certificada - Viene a ser la progenie de la semilla básica, registrada o certificada. Se debe producir de tal forma que se mantenga en grado suficiente la identidad y pureza genética, y se identifica con un marbete azul.

PROCESOS PARA OBTENER SEMILLA CERTIFICADA (Ver Diagrama No. 1)

Requisitos para certificar semilla:

1. Serán material de certificación:

- a) Híbridos Comerciales - Solamente se admite la clase certificada. Debe provenir de semilla básica aprobada por la entidad certificadora. Un híbrido comercial puede ser cualquiera de los siguientes: doble, de tres líneas, simple, híbrido de línea o cruzamiento simple por variedad "top-cross" e híbrido varietal.

identidad genética. Solo se aceptan para certificación aquellos materiales con plasma germinal sobresaliente.

La certificación de semillas por medio del ICA inició labores en Colombia durante el segundo semestre de 1966 en Palmira, con la siembra de 10 lotes efectuados por la Caja Agraria.

En la actualidad el Servicio trabaja con las siguientes Compañías Productoras de maíz: Caja Agraria de Palmira y Medellín, Proacol Ltda., Empresa Agrícola de Occidente.

Clases de semilla

Se conocen cuatro clases de semilla:

- (a) Semilla del genetista - Constituida por semilla producida directamente o controlada por el fitomejorador y que se utiliza como fuente para la producción de semilla básica.
- (b) Semilla básica - La multiplicación directa de la semilla del genetista. En la semilla básica se mantiene la identidad y la pureza genética. Su producción es supervisada o aprobada por una granja experimental. La semilla básica es la fuente de todas las clases de semilla certificada.
- (c) Semilla registrada - Es la progenie de semilla básica o registrada. Conserva identidad y pureza satisfactorias. No es utilizada en todos los estados. En algunos se usa como fuente de la certificada una vez se haya establecido su adaptación.
- (d) Semilla certificada - Viene a ser la progenie de la semilla básica, registrada o certificada. Se debe producir de tal forma que se mantenga en grade suficiente la identidad y pureza genética, y se identifica con un marbete azul.

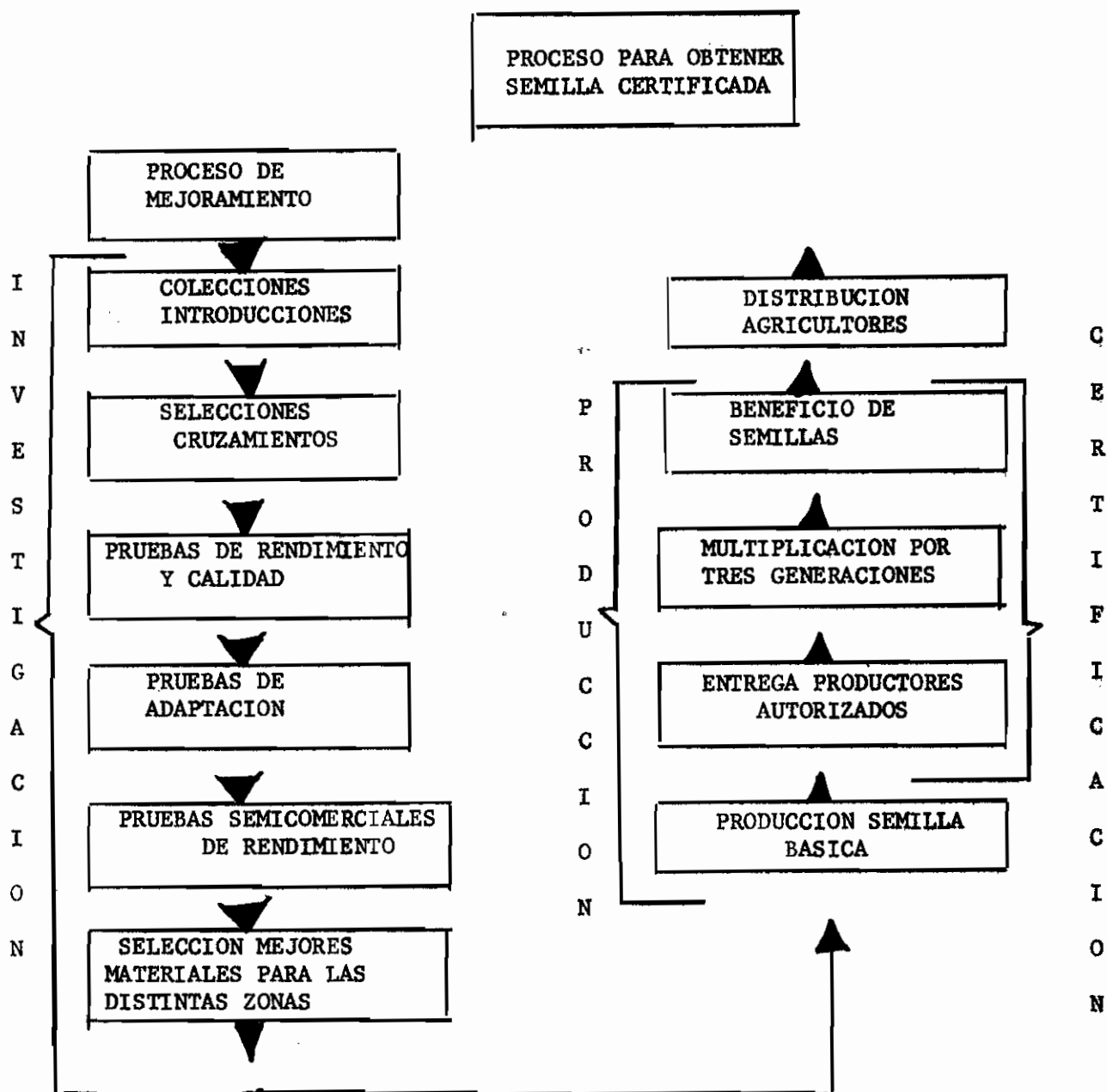
PROCESOS PARA OBTENER SEMILLA CERTIFICADA (Ver Diagrama No. 1)

Requisitos para certificar semilla:

1. Serán material de certificación:

- a) Híbridos Comerciales - Solamente se admite la clase certificada. Debe provenir de semilla básica aprobada por la entidad certificadora. Un híbrido comercial puede ser cualquiera de los siguientes: doble, de tres líneas, simple, híbrido de línea o cruzamiento simple por variedad "top-cross" e híbrido varietal.

Diagrama No. 1.



Los programas técnicos del ICA adelantan actualmente la investigación y la producción de semilla básica. La Caja Agraria y particulares autorizados (Proacol) producen la semilla certificada. La supervisión en el proceso de supervisión de certificación es efectuada por técnicos del ICA.

b) Variedades Comerciales - Solamente se admite la clase certificada. Debe ser producida en aislamiento genético y de una fuente de semilla certificada.

2. Inspecciones del campo - Antes de la siembra y una vez recibidas las solicitudes para observar: área del lote, ubicación, cultivos anteriores y cercanos, control de malezas, mantenimiento del suelo, etc.

En maíz se hacen 4 visitas - la primera para aislamiento del lote con relación a otros cultivos vecinos, dicho aislamiento puede ser: por distancias, por fechas de siembra, y para maíz híbrido mediante bordes de progenitor masculino. Las tres siguientes visitas se hacen en época de floración.

3. No debe excederse la proporción de 6 surcos del progenitor femenino por dos del progenitor masculino.
4. Cuando se producen híbridos comerciales con progenitor femenino de polen estéril, la semilla comercial debe ser mezclada en una proporción de tres partes del cruzamiento obtenido con material estéril por una parte por lo menos de este mismo cruzamiento obtenido con ambos padres de polen fértil.

Los lotes que hayan cumplido estos requisitos serán cosechados y llevados a la planta de beneficio (lavado, secado y seleccionado) donde se le hará análisis de calidad de acuerdo a las "Normas Internacionales" (pureza, materia inerte, granos dañados, etc.) (Tabla No. 2).

Ventajas de la Semilla Certificada

- 1) Pureza
- 2) Pureza varietal
- 3) Germinación alta
- 4) Uniformidad
- 5) Uniformidad semilla (siembra)
- 6) Uniformidad

Variedades mejoradas inscritos en el ICA para producción de semilla certificada:

35 líneas (material básico)

4 variedades (material básico)

14 híbridos (dos de maíz opaco)

14 variedades

Tabla No. 2. Requisitos para Certificación de Maíz

Factores	Básica	Certificada
Semilla pura	98% mínimo	98% mínimo
Semillas de otras variedades	0.2% max.	0.5% max.
Materia inerte	2.0% max.	2.0% max.
Semilla quebrada	4.0% max.	2.0% max.
Maleza sem/Kg	0.0%	0.0%
Germinación	75% min.	90% min.
Humedad	14% max.	14% max.
Granos dañados por insectos y roedores	2.0% max.	2.0% max.
Granos dañados por fitopatógenos		0.5% max.
Precio por Ha.	\$150	\$100
Precio por Ha. rechazado excepto fuerza mayor		\$ 20

BIBLIOGRAFIA

1. BERGER, J. 1967. El Maíz, su Producción y Abonamiento. Agricultura de las Américas, Kansas. 204 p.
2. CARDENAS, A. La Certificación de Semillas de Maíz y Sorgo. 3 p. (mimeografiado).
3. COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Resolución No. 0078 de 1966 (Marzo 28). Bogotá. 4 p. (mimeografiado).
4. _____. Resolución No. 0118 de 1966. (Abril 25). Bogotá. 4 p. (mimeografiado).
5. JUGENHEIMER, W. 1959. Obtención de Maíz Híbrido y Producción de Semilla. FAO, Roma. 395 p.
6. POEHLMAN, J.M. 1969. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Trad. por Nicolás Sánchez Durán. Ed. Limusa-Wiley, México. 453 p.
7. SARRIA, D.V. Curso de Maíz. Facultad de Agronomía, Palmira. s.f. 32 p. (mimeografiado).
8. SPRAGUE, G.F. 1960. Mejoramiento de Maíz. Traducción por A. Salazar y A. Carballo. Comaval, México. 75 p.
9. TORRES, G.T. y RAMIREZ R.E. 1971. Certificación de Semillas - ICA. Hoja Informativa No. 001.