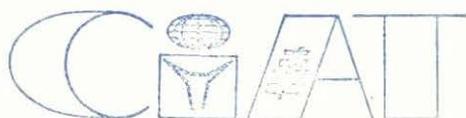


11.613

1397 ramp

Serie G - 02-08-02  
Agosto, 1977



CENTRO DE DOCUMENTACION

# GUIA DE ESTUDIO

PARA SER USADA COMO COMPLEMENTO DE LA UNIDAD  
AUDIOTUTORIAL SOBRE EL MISMO TEMA



Centro Internacional de Agricultura Tropical

GUIA DE ESTUDIO

# CRUZAMIENTO DEL FRIJOL

**Coordinación de producción:**

Ricardo Campos S. *Ing. Agr.*  
Carlos A. Flor M. *MS*  
Héctor F. Ospina O. *Ing. Agr.*

**Asesoría Científica:**

Steven Temple *Ph.D., Fitomejorador, Programa de Frijol*

- \* Copias de esta unidad pueden ser solicitadas a la Oficina de Recursos para Adiestramiento del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia - Sur América.
- \*\* Información sobre otras unidades audiotutoriales puede solicitarse a la misma dirección.

## Contenido

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	1
PRIMERA PARTE	
I. REPASO DE ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS	4
A. Morfología de la flor del frijol	4
B. Botón floral	5
C. Autofecundación	6
D. Emasculación	6
1. Proceso de emasculación	6
E. Hibridación o cruzamiento	9
* Cruza simple	10
* Cruza doble	10
* Cruza triple	10
* Retrocruza	10
* Cruza compleja	10
EVALUACION	11
SEGUNDA PARTE	
II. MATERIALES Y EQUIPO DE AYUDA	13
A. Equipo básico	13
B. Equipo complementario	13
EVALUACION	
TERCERA PARTE	
III. DESCRIPCION DE LAS TRES TECNICAS MAS COMUNES DE HIBRIDACION DEL FRIJOL	15

	<u>Página</u>
A. Hibridación por emasculación con el estigma cubierto	15
B. Hibridación por emasculación con el estigma desnudo	17
C. Hibridación sin emasculación	20
EVALUACION	23
 CUARTA PARTE	
IV. COMPARACION DE LAS TRES TECNICAS DE HIBRIDACION	24
A. Hibridación por emasculación con el estigma cubierto	24
B. Hibridación por emasculación con el estigma desnudo	24
C. Hibridación sin emasculación	25
EVALUACION	26
 QUINTA PARTE	
V. FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE LA HIBRIDACION	
A. Factores externos	27
B. Factores internos	28
C. Factores prácticos	31
EVALUACION	34

# CRUZAMIENTO DEL FRIJOL

## (*Phaseolus vulgaris* L.)

### Introducción

La hibridación o cruzamiento constituye el principal medio para el mejoramiento genético de las plantas. A través de la hibridación se logran formas cultivadas superiores a las existentes.

Se define hibridación o cruzamiento como el proceso a través del cual, se cruzan plantas o animales de diferente constitución genética, con el objeto de lograr una resultante o producto con las características deseables presentes en los progenitores.

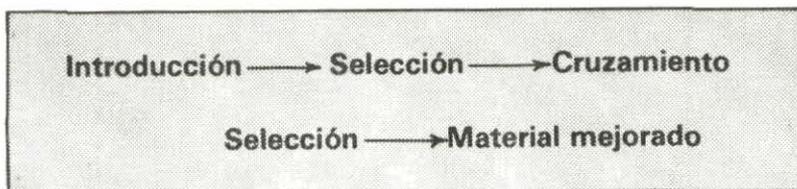
Se pueden señalar como objetivos de la hibridación:

- \* Obtener variedades o híbridos que sean eficientes en el uso de los recursos del medio ambiente: luz, agua, sustancias nutritivas.
- \* Obtener variedades o híbridos que soporten o toleren condiciones desfavorables del ambiente: hongos, virus, insectos, excesiva acidez del suelo.
- \* Obtener plantas que permitan conseguir mayores rendimientos, alta calidad de sus productos al menor costo posible.

Es razonable considerar que estas nuevas variedades o híbridos deben adaptarse a las necesidades del agricultor o del consumidor.

La hibridación se ha venido utilizando desde hace mucho tiempo. El éxito alcanzado por Gregorio Mendel en el siglo pasado, se debió en gran parte, a la cuidadosa atención que prestó a la técnica del cruzamiento.

Proceso del mejoramiento genético del frijol. Para lograr el mejoramiento genético del frijol se sigue un proceso que consta de cinco etapas:



1. Introducción: Por introducción se entiende la consecución de los recursos genéticos y su evaluación.
2. Selección: Es la escogencia del germoplasma para el cruzamiento. Para esta selección o escogencia del material genético, se tienen en cuenta aspectos como:
  - \* productividad
  - \* estabilidad en los rendimientos
  - \* resistencia o tolerancia a enfermedades e insectos
  - \* resistencia o tolerancia a condiciones desfavorables de suelo y clima
  - \* calidad en cuanto a proteína, tamaño del grano, color, sabor
  - \* adaptación ecológica
3. Cruzamiento: Es la etapa en la cual se combinan los caracteres genéticos.
4. Selección: Consiste en escoger, del resultado de la hibridación en generaciones segregantes, las características deseables buscadas mediante el cruzamiento.
5. Material mejorado: Es el resultado final del proceso.

El cruzamiento puede efectuarse directamente en el campo o en invernaderos; éstos últimos ofrecen mayores ventajas debidas al control que se puede ejercer sobre diversos factores del ambiente que afectan favorable o desfavorablemente la eficiencia del cruzamiento.

En la práctica se ha comprobado que para el fitomejorador del frijol, uno de los problemas más comunes es el relacionado con la baja eficiencia del cruzamiento. Esto significa que el número de cruces efectivos conseguidos es muy bajo con relación al número de cruces efectuados.

La presente guía de estudio, es un material complementario de la unidad audiotutorial "Cruzamiento del frijol". Su objetivo principal es proporcionar un mejor conocimiento de las técnicas de cruzamiento del frijol. Se espera que este conocimiento proporcione a los fitomejoradores de frijol mejores bases para aumentar la eficiencia en los cruzamientos, es decir un mayor número de cruces efectivos con relación al número de cruces efectuados.

## Primera Parte

### I. REPASO DE ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS

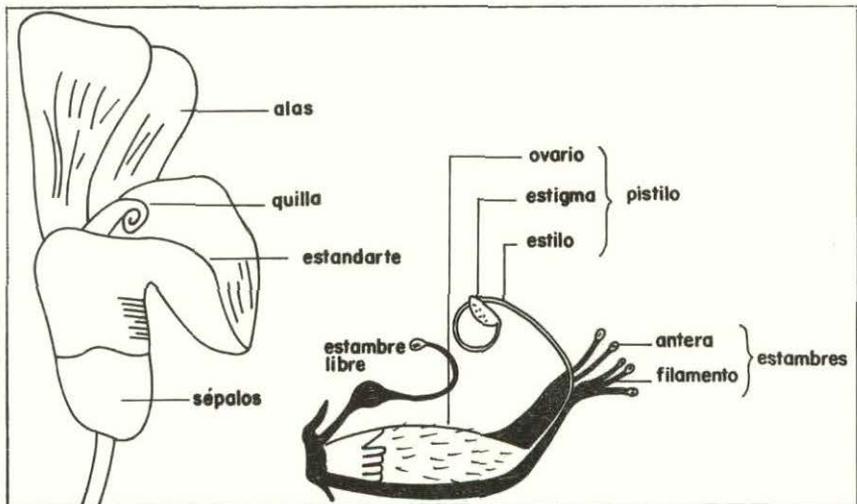
Antes de comenzar a tratar lo relacionado con las técnicas de cruzamiento del frijol, es preciso revisar algunos conceptos básicos que permitirán una mejor comprensión de estas técnicas.

La flor se constituye en el escenario en donde se efectúa el cruzamiento. Por lo tanto, es importantes conocer no sólo las partes que la conforman, sino los estados especiales de su desarrollo que favorecen la hibridación.

#### A. MORFOLOGIA DE LA FLOR DEL FRIJOL

La flor del frijol es perfecta. Esto significa que en la misma flor se encuentran los órganos masculinos y los órganos femeninos.

Además de ser perfecta, la flor del frijol es completa, ya que posee corola y cáliz.



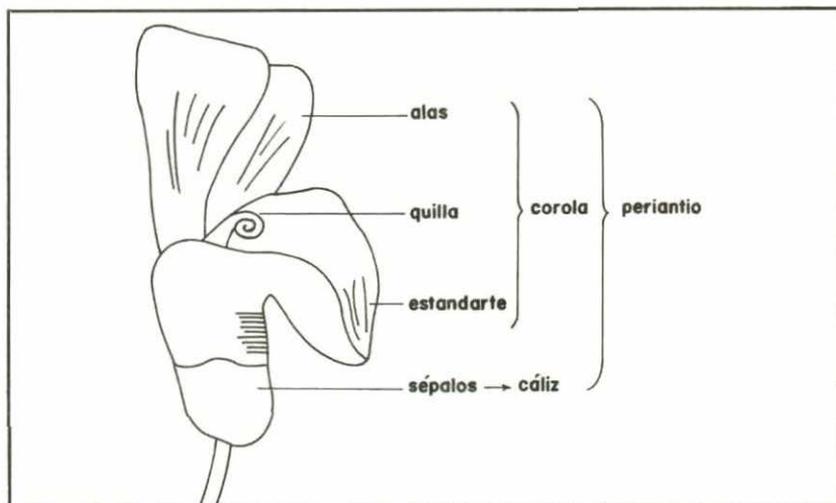
Los órganos masculinos están constituidos por diez estambres, nueve de los cuales están soldados en la base y el restante está libre. Cada estambre consta de un filamento y una antera. En el centro de la flor está situado el gineceo o sea el órgano femenino, también llamado pistilo el cual consta de ovario, estilo y estigma.

La corola está formada por cinco pétalos: uno de ellos es el estandarte, otros dos, las alas; los dos últimos constituyen la quilla, la cual cubre los órganos reproductivos.

Cinco sépalos unidos por la base forman el cáliz. Al conjunto de cáliz y corola se le denomina periantio.

## B. BOTON FLORAL

Botón floral es una flor joven en la cual no ha ocurrido la antesis. La antesis es el proceso de dehiscencia de las anteras, que permite la distribución del polen.



Es fácil distinguir en un botón floral las partes que lo constituyen: el estandarte, o sea el pétalo más grande, situado en la parte superior de la corola; las alas, es decir los pétalos laterales; y los dos pétalos restantes situados en la parte inferior, que unidos por los bordes laterales, conforman lo que se denomina quilla.

## 1. Estado óptimo del botón floral

Un botón floral en estado óptimo, es aquel en el cual no ha ocurrido la antesis y los órganos femeninos ya son receptivos al polen.

El estado óptimo del botón floral es uno de los factores importantes a considerar para obtener éxito en la hibridación. La planta que se seleccione como planta madre debe tener botones florales en estado óptimo.

Hay signos exteriores que en algunas variedades ayudan a establecer dicho estado:

- \* Las estrías muy marcadas que se forman en la base de la corola, indican vejez del botón.
- \* La presencia de abultamientos irregulares puede sugerir que ya ha ocurrido la autofecundación.

## C. AUTOFECUNDACION

Por naturaleza, el grano del frijol es el resultado de la fertilización de un óvulo, por polen procedente de las anteras de la misma flor. Esta acción se denomina autofecundación.

## D. EMASCULACION

Emasculación es el proceso mediante el cual se eliminan las anteras de un botón floral antes de la madurez del polen, con el objeto de impedir la fertilización del óvulo con polen proveniente de la misma flor, o sea de evitar la autofecundación.

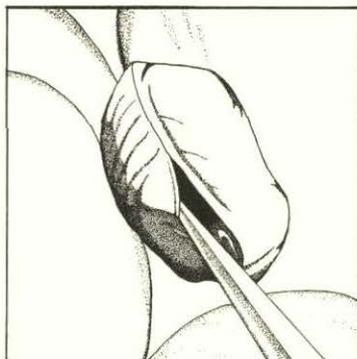
### 1. Proceso de la emasculación

Los pasos más importantes de este proceso son:

- \* Se selecciona de la planta madre, un botón floral en estado óptimo para la polinización.

- \* El botón seleccionado se sostiene con los dedos pulgar e índice de la mano izquierda.

Con una de las puntas de las pinzas se abre el estandarte por la sutura.



- \* Cerrando las pinzas se dobla una parte del estandarte hacia la izquierda, aprisionándola con el dedo pulgar de la mano izquierda.



- \* Con la ayuda de las pinzas cerradas, el pétalo denominado ala izquierda se acomoda debajo de la parte del estandarte que no ha sido tocada; en esta forma, la quilla, la cual envuelve los órganos reproductivos, queda visible.

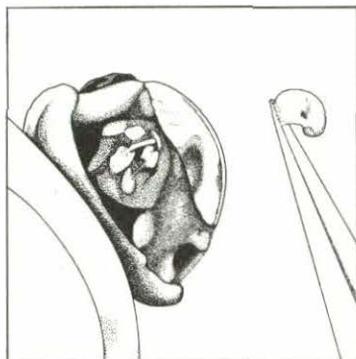


- \* Con una punta de las pinzas, se separan los dos pequeños pétalos que constituyen la quilla.



- \* Y se elimina aquel que está situado en la parte superior.

Al terminar esta parte del proceso, deben quedar visibles los 10 estambres y el pistilo.



- \* Se efectúa entonces la emasculación mediante la eliminación de cada una de las anteras de los 10 estambres. Es conveniente ir contando el número de anteras eliminadas.



- \* Es así como el botón floral madre recién emasculado, queda preparado para el cruzamiento.

## E. HIBRIDACION O CRUZAMIENTO

Hibridación o cruzamiento es el proceso, a través del cual, se cruzan plantas o animales de diferente constitución genética, con el objeto de lograr una resultante o producto con las características deseables presentes en los progenitores.

En forma operacional, el proceso consiste en fertilizar un óvulo de la planta progenitora seleccionada como planta madre, con el polen de la planta escogida como padre.

La hibridación puede ocurrir entre variedades:

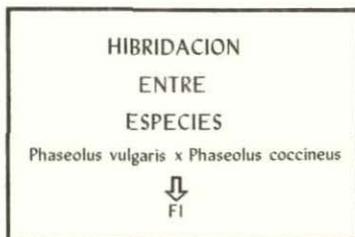
Este ejemplo ilustra la hibridación entre la variedad Jama-pa de Centro América, de gran potencial de rendimiento y la variedad Ecuador 299, resistente a la roya, utilizada en este caso como planta padre.



La hibridación también puede ocurrir entre selecciones, esto es, entre materiales en diferente estado dentro del proceso de selección. Por ejemplo, la selección 20, de la craza No.4, por otra selección, la No.3 de la craza 16.



Y por último la hibridación es posible entre especies, aunque es más complicada debido a una mayor incompatibilidad genética; un ejemplo bien conocido es el cruzamiento entre Phaseolus vulgaris por Phaseolus cocci-  
neus.



### Resultados de la hibridación

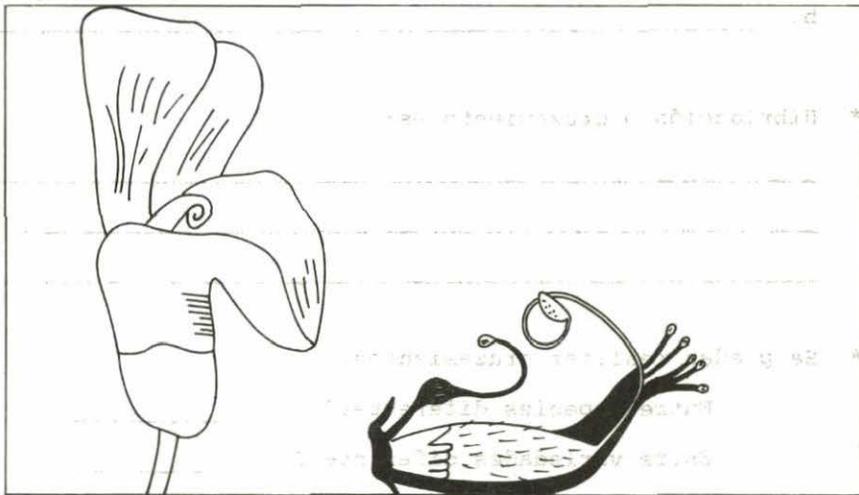
El resultado de la hibridación se denomina:

- \* Cruza simple — (A X B)  
Si intervienen dos líneas.
  
- \* Cruza doble — (A X B) (C X D)  
Si se hace entre dos cruza simples.
  
- \* Cruza triple — (A X B) C  
Si intervienen tres líneas.
  
- \* Retrocruza — (A X B) A  
Una cruza simple por uno de sus progenitores.
  
- \* Cruza compleja — (A X B) (C X D) E  
Cuando intervienen más de cuatro líneas.

Habiendo finalizado el repaso de estos conceptos básicos, la siguiente parte tratará sobre los materiales y el equipo de ayuda para realizar la hibridación.

## EVALUACION

- \* En el dibujo que se presenta, usted deberá identificar las siguientes partes de la estructura floral:



a. Estambres { Filamentos  
Anteras

b. Pistilo { Estigma  
Estilo  
Ovario

c. Alas

d. Quilla

e. Estandarte

- \* Qué es un botón floral?

---

---

\* Mencione dos características que permitan reconocer botones no aptos para la hibridación.

a. \_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_

\* Hibridación o cruzamiento es:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\* Se pueden realizar cruzamientos:

Entre especies diferentes? \_\_\_\_\_

Entre variedades diferentes? \_\_\_\_\_

Entre líneas diferentes? \_\_\_\_\_

Mencione ejemplos:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\* - Cruza simple es:

\_\_\_\_\_

- Retrocruza es:

\_\_\_\_\_

- Cruza compleja es:

\_\_\_\_\_

## Segunda Parte

### II. MATERIALES Y EQUIPO DE AYUDA

Los materiales y el equipo de ayuda utilizados para efectuar la hibridación, pueden clasificarse así: equipo básico y equipo complementario.

#### A. EQUIPO BASICO

El equipo básico consta de:

- ° Pinzas para efectuar la emasculación y la polinización.
- ° Marbetes para marcar los botones polinizados.
- ° Alcohol utilizado para limpiar las pinzas y evitar contaminaciones con polen extraño.
- ° Tutores para sostener las plantas, especialmente si éstas desarrollan gufa.
- ° Estacas marcadoras para identificar las plantas.

#### B. EQUIPO COMPLEMENTARIO

El equipo complementario está formado por:

- ° Lentes para facilitar el trabajo de los hibridadores.
- ° Potes o materas que permiten fácil y seguro manejo de las plantas.
- ° Mesas para colocar las materas.
- ° Suelo esterilizado para garantizar el desarrollo de plantas sanas.

EVALUACION

\* Enumere cinco objetos que puedan considerarse parte del equipo básico para realizar la hibridación.

a. \_\_\_\_\_

d. \_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_

e. \_\_\_\_\_

c. \_\_\_\_\_

y mencione dos objetos considerados complementarios:

a. \_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_

## Tercera Parte

### III. DESCRIPCION DE LAS TECNICAS MAS COMUNES PARA LA HIBRIDACION DEL FRIJOL

Las técnicas más conocidas para la hibridación del frijol son:

- A. Hibridación por emasculación con el estigma cubierto.
- B. Hibridación por emasculación con el estigma desnudo.
- C. Hibridación sin emasculación.

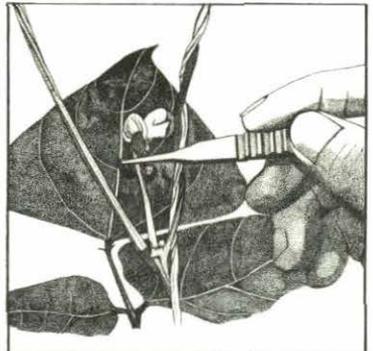
#### A. TECNICA DE HIBRIDACION POR EMASCULACION CON EL ESTIGMA CUBIERTO

Lo básico de esta técnica consiste en emascular el botón floral madre y luego polinizar dejando las alas para protección del botón.

A continuación se describirá paso a paso esta técnica

- \* Comienza por la emasculación del botón floral madre. Para ello, se siguen los pasos explicados anteriormente.

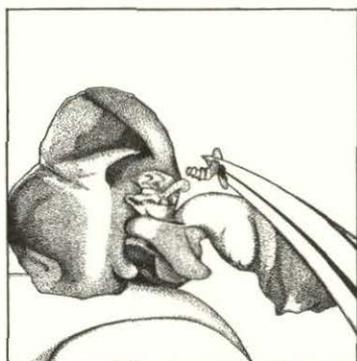
- \* Finalizada la emasculación, con las pinzas se remueve una flor recientemente abierta de la planta seleccionada como planta padre.



- \* Las alas y el estandarte de la flor padre se halan en sentidos opuestos, logrando así que emerja completamente el estigma.



- \* Con las pinzas se arranca el estigma y se frota con las anteras de la misma flor para impregnarlo con polen. Luego se traslada cuidadosamente hacia el botón floral madre emasculado.



- \* El siguiente paso consiste en frotar varias veces el estigma padre impregnado de polen, sobre el estigma del botón floral madre. Para aumentar las probabilidades de éxito en la fecundación, se deja dentro del botón floral madre el estigma proveniente de la flor que ha servido como progenitor masculino.



- \* Se procede a cerrar el botón ya polinizado desdoblando los pétalos llamados alas; luego se desdobra el estandarte, quedando así cerrado el botón.
- \* La flor fecundada se marca con una etiqueta, en la cual se especifica, en una de sus caras la identificación de los progenitores.
- \* En la otra cara, se escribe la fecha de polinización y las iniciales del nombre del polinizador.
- \* Finalmente la etiqueta se coloca en el botón recientemente polinizado, completándose de esta manera todo el proceso.

Antes de realizar nuevas polinizaciones se deben lavar las pinzas con alcohol para impedir la contaminación con polen extraño.

- \* Esta técnica de hibridación por emasculación con el estigma cubierto es la que se sigue en el programa de Mejoramiento del frijol en el CIAT.

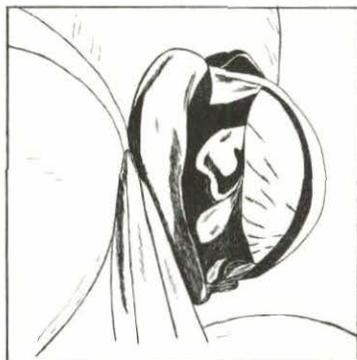
En el CIAT, el promedio de eficiencia alcanzado con esta técnica es de un 50%. Esto significa que de cada 100 polinizaciones efectuadas se obtienen 50 efectivas.

#### B. TECNICA DE HIBRIDACION POR EMASCULACION CON EL ESTIGMA DESNUDO

Esta técnica consiste en eliminar cuidadosamente los cuatro pétalos internos del botón floral dejando solamente el estandarte para protección del estigma. Posteriormente emasculan el botón floral y finalmente polinizan.

- \* Se comienza entonces con la eliminación de los pétalos internos. Para realizar esta eliminación, primero debe abrirse el botón floral por la sutura del estandarte de la forma como se hizo en la técnica anterior.

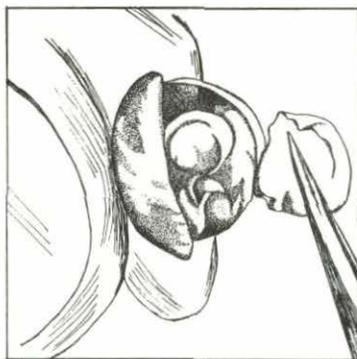
- \* Se procede entonces a acomodar una parte del estandarte hacia la izquierda, aprisionándolo con el dedo **pulgar**.



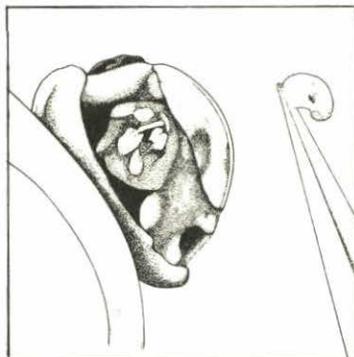
- \* Con las pinzas se toma cada una de las alas por su base.



- \* Luego una por una se arrancan las alas cuidando de no hacer daño a los órganos reproductivos; en esta forma la quilla queda totalmente al descubierto.

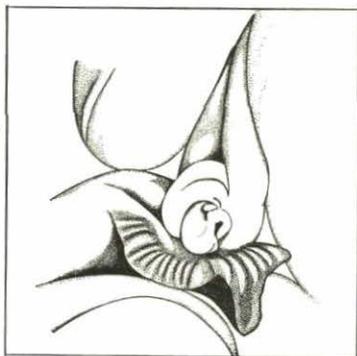


- \* Con las puntas de las pinzas, se rompe la quilla quedando visible los estambres y el pistilo.

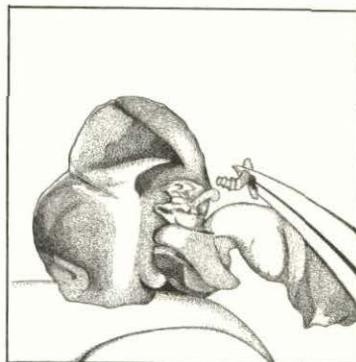


- \* Una a una se van eliminando las anteras de los estambres, es decir se realiza la emasculación. Al terminar de emascular el botón queda preparado para ser fecundado.
- \* Ahora comienza el proceso de la polinización. Se selecciona una flor recientemente abierta de la planta que va a servir como progenitor masculino.

- \* Después de remover la flor se halan sus alas y el estandarte en sentidos opuestos para hacer que el estigma emerja.



- \* Se separa el estigma y se frota con las anteras de la misma flor para impregnarlo con polen. Luego se traslada hacia el botón floral femenino ya preparado anteriormente.



- \* Varias veces se frota un estigma sobre el otro. Los dos estigmas se pueden dejar dentro del botón para asegurar la fecundación.



- \* Se coloca de nuevo el estandarte en su posición inicial, quedando así cerrado el botón.

El botón floral fecundado se identifica con una etiqueta de la misma manera como se hizo en la técnica anterior.

#### C. TECNICA DE HIBRIDACION SIN EMASCULACION

Como su nombre lo indica, esta técnica consiste en realizar la hibridación sin emasculación del botón.

- \* Primero se abre el botón floral madre por la sutura de su estandarte, es decir el pétalo mayor. El estandarte queda entonces dividido en dos partes.



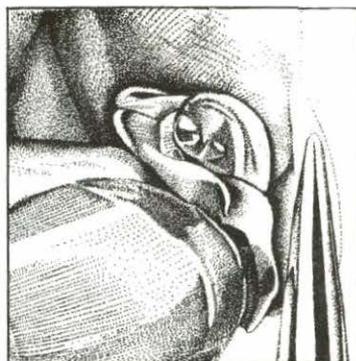
- \* La parte izquierda se dobla y aprisiona con el dedo pulgar de la mano izquierda y la parte derecha con el dedo índice de la misma mano.



- \* Al hacer presión aparecen las alas totalmente descubiertas. Con las pinzas se separan los pétalos que las componen.



- \* Estas son acomodadas en las partes laterales y aprisionadas con los dedos pulgar e índice respectivamente. Otra alternativa es simplemente arrancar las alas. Luego se presiona el botón para hacer emerger el estigma.



- \* Después se realiza la polinización tal como se hizo en las dos técnicas anteriores.
- \* Una vez realizada la polinización, las alas deben comenzar a cerrarse con mucho cuidado puesto que los pétalos que las componen son muy frágiles. Lo anterior, si se han dejado, ya que la otra opción mencionada era el arrancarlas.

Se reacomoda el estandarte en su posición natural quedando cerrado el botón recién polinizado. Como en las técnicas anteriores, finalmente se coloca la etiqueta de identificación.

EVALUACION

\* Básicamente en qué consiste cada una de las tres técnicas:

° Hibridación por emasculación con el estigma cubierto

Consiste en:

---

---

---

---

---

° Hibridación por emasculación con el estigma desnudo

Consiste en:

---

---

---

---

---

° Hibridación sin emasculación

Consiste en:

---

---

---

---

---

## Cuarta Parte

### IV. COMPARACION DE LAS TRES TECNICAS DE HIBRIDACION

Al haber descrito e ilustrado las tres técnicas de hibridación del frijol es muy conveniente señalar las ventajas y desventajas de cada una de ellas:

#### A. HIBRIDACION POR EMASCULACION CON EL ESTIGMA CUBIERTO

##### 1. Ventajas

- \* Se da protección a los órganos reproductivos luego de realizada la polinización.
- \* Como al esmascular se evita la autofecundación, hay una mayor confiabilidad en la cruzada efectuada.

##### 2. Desventajas

- \* Es de manipulación difícil y delicada.
- \* Solamente se puede observar el estigma en el momento de realizar la polinización.
- \* Hay necesidad de contar siempre los estambres, por consiguiente, se emplea mayor tiempo en el proceso.

#### B. HIBRIDACION POR EMASCULACION CON EL ESTIGMA DESNUDO

##### 1. Ventajas

- \* Se puede observar el estado del estigma antes de efectuar la polinización.
- \* La eliminación de las anteras de los estambres, da mayor seguridad al cruzamiento.

##### 2. Desventajas

- \* Este proceso requiere más tiempo.
- \* Los órganos reproductivos quedan un poco más expuestos a condiciones externas al ser eliminadas las alas.
- \* Se requiere un especial cuidado al manejar el estigma.

## C. HIBRIDACION SIN EMASCULACION

### 1. Ventajas

- \* El proceso es más rápido debido a que no se realiza la emasculación.
- \* Si se opta por arrancar las alas del botón floral, se puede observar el pistilo antes de efectuar la polinización.

### 2. Desventajas

- \* Hay un mayor peligro de autofecundación.
- \* Cuando se opta por no arrancar las alas, solo se puede observar el pistilo en el momento de efectuar la polinización.
- \* Existe la posibilidad de polinización cruzada natural.

## EVALUACION

- \* Mencione dos desventajas de la técnica de hibridación por emasculación con el estigma cubierto.

a. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- \* Completar la frase:

a. La técnica de hibridación \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ofrece un mayor peligro de autofecundación.

b. La técnica de hibridación \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ permite mayor exposición de los órganos reproductivos a condiciones externas.

## Quinta Parte

### V. FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE LA HIBRIDACION

Varios factores, algunos de ellos difícilmente controlables pueden afectar la eficiencia de la hibridación.

La eficiencia de la hibridación es una medida que establece una relación entre el número de cruces efectivos y el número total de cruces efectuados, expresada en términos de porcentaje.

$$\text{EFICIENCIA DE LA HIBRIDACION} = \frac{\text{Número de cruces efectivos}}{\text{Número de cruces efectuados}} \times 100$$

Buena parte del éxito de un programa de mejoramiento del frijol depende de la alta eficiencia de hibridación que se obtenga. Por lo tanto, es importante tener en cuenta los factores que afectan la eficiencia de la hibridación. Estos factores son: internos, externos y de naturaleza práctica.

#### A. FACTORES EXTERNOS

En general son aquellos factores del medio ambiente tales como: temperatura, humedad, luminosidad, aireación; todos éstos, ajenos a características propias de las plantas y a la técnica misma.

##### 1. Temperatura

A temperaturas altas, el estigma y el polen tienden a secarse rápidamente. Por otra parte a temperaturas muy bajas, hay poca producción de polen.

Los más altos niveles de eficiencia de hibridación logrados en el CIAT se han alcanzado a temperaturas entre 18 y 27°C.

En general estas temperaturas coinciden con la parte del día comprendido entre las 8 y las 14 horas.

## 2. Humedad

Este factor está íntimamente relacionado con la temperatura. Una temperatura adecuada y una alta humedad relativa favorecen la eficiencia de la hibridación, debido a que el estigma no se deseca. Una situación contraria sería una temperatura alta y una baja humedad relativa, condiciones que favorecen la desecación del estigma y del polen y por tanto una baja eficiencia de la hibridación.

## 3. Luminosidad

Una gran cantidad de luz que penetre al recinto donde se efectúa la polinización puede producir aumento de temperatura y por lo tanto desecación del estigma. Esta desecación también puede ocurrir después de la polinización.

## 4. Aireación

Este es un factor de manejo muy delicado, que puede afectar en forma positiva o negativa la hibridación, dependiendo de su combinación con otros factores ambientales. En la práctica, una buena aireación y la aplicación de agua a las superficies, favorecen la evaporación en el invernadero disminuyendo la temperatura y aumentando la humedad relativa, condiciones favorables a la hibridación. En ambientes de baja humedad, la aireación puede contribuir a una más rápida desecación del estigma.

## B. FACTORES INTERNOS

Al conjunto de factores más íntimamente relacionados con la planta, como: número de días a floración, abscisión de flores, competencia intraplanta, se les denomina factores internos.

### 1. Número de días a floración

Para poder obtener al mismo tiempo polen viable y un estigma receptivo, hay necesidad de conocer el número de días que necesitan los progenitores seleccionados para llegar a floración.

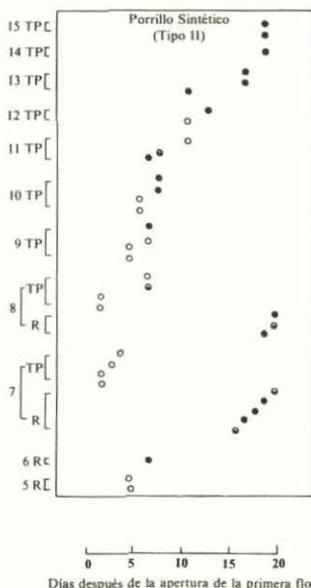
Si en este aspecto hay diferencia entre los progenitores, es necesario programar su siembra. El detectar el estado óptimo del botón floral madre es un aspecto difícil de generalizar; para ésto hay necesidad de conocer muy bien las características morfológicas de las distintas variedades incluídas en los programas de cruzamiento.

## 2. Competencia intraplanta

La forma en que se desarrollan los botones florales en una planta dada, depende en parte de la actividad fisiológica que ocurre dentro de esa planta. Por eso es importante conocer cómo se afecta la formación y desarrollo de los botones florales y de las flores.

En este sentido, el programa de Fisiología de Fríjol del CIAT adelantó un análisis del fenómeno de "abscisión de las flores del fríjol" en variedades de diferentes hábitos.

A continuación en la gráfica, se pueden observar los resultados obtenidos con la variedad "Porrillo sintético".



En el eje de las abscisas aparece el número de días después de la apertura de la primera flor. En el eje de las ordenadas se indica la posición de las vainas en el tallo principal, - letras TP -, ó en las ramas, - letra R -. También se indica el número del nudo. Los círculos claros representan vainas maduras. Los círculos oscuros y semioscuros, representan flores o vainas que se desprendieron. Según este análisis, son las primeras flores en la mayoría de las variedades, las que dan lugar a la formación de vainas.

Por lo tanto, se concluye que la abscisión o caída de flores ocurre en mayor grado, en aquellas flores que se forman al finalizar la floración.

Otra conclusión indica que en una misma rama, son las primeras flores las que generalmente alcanzan mayor desarrollo. Las otras flores son más pequeñas, más débiles y más susceptibles de caída o aborto. Por otra parte, dentro de un racimo, el mayor desarrollo corresponde a la vaina que proviene del botón que primero inició su formación.

Un resultado muy importante de estos estudios del programa de Fisiología de frijol del CIAT, está relacionado con la selección de los botones florales madres. Deben seleccionarse:

- a) Los botones que primero se forman en la planta.
- b) Los primeros que se forman dentro de una rama.
- c) El primero que se forma en un racimo.

### 3. Adaptación

El tercer factor interno que puede influir en la eficiencia de hibridación es la adaptación. Esto se refiere al comportamiento de las variedades en un medio ecológico dado. Es lógico que una mayor o menor adaptación a un determinado ambiente, influye en los aspectos y fenómenos relacionados con la reproducción. Por lo tanto, no puede esperarse una alta eficiencia en el cruzamiento si intervienen variedades no adaptadas al medio.

### C. FACTORES DE NATURALEZA PRACTICA

Finalmente, existe un grupo de factores de naturaleza práctica que afectan la eficiencia de la hibridación, tales como: estado óptimo del botón floral, estado de la flor padre, número de botones a cruzar por racimo, número de cruzamientos por planta, uso de hormonas, eliminación de flores ya autopolinizadas, etc.

#### 1. Estado óptimo del botón floral

La correcta identificación del estado óptimo del botón floral madre es muy importante. Si el botón está muy joven, el estigma no estará bien desarrollado para recibir el polen. Por otra parte, si el botón está muy desarrollado es posible que ya haya ocurrido la autofecundación.

#### 2. Estado de la flor padre

La flor padre debe estar recién abierta para asegurar la viabilidad del polen.

#### 3. Número de botones a cruzar por racimo

Este factor es importante para evitar efectos de competencia. Por lo tanto, para lograr un buen desarrollo del botón polinizado, se recomienda eliminar los demás botones del racimo.

CUADRO I. EFECTO COMPETITIVO DE NUMERO DE BOTONES FLORALES POLINIZADOS POR RACIMO SOBRE LA EFICIENCIA DEL CRUZAMIENTO DEL FRIJOL. (Phaseolus vulgaris). Palmira, Colombia. 1975

---

<u>Tratamiento</u>	<u>Eficiencia</u>
Una flor polinizada	63.3%
Dos flores polinizadas	38.3%

---

En un estudio adelantado en el CIAT, (Cuadro I), se concluyó que cuando se cruzan dos botones de un mismo racimo floral, se disminuye significativamente la eficiencia de la hibridación. Esto en comparación con el

cruzamiento de un solo botón por racimo.

La eliminación de los otros botones de un racimo, debe realizarse una vez se tenga certeza de que el cruzamiento ha sido efectivo. Un día después de realizado éste, es conveniente revisar el estado del botón para determinar si la cruz ha sido efectiva o no. Si el cruzamiento se ha logrado, se procede a eliminar los otros botones del mismo racimo. Si no se ha conseguido, el botón se cae o estará próximo a caerse.

#### 4. Número de cruzamientos por planta

El número de cruzamientos por planta es también un factor que influye en la eficiencia de la hibridación. En general, se recomiendan 10 cruces por planta, para tener así una mayor probabilidad de conseguir semilla híbrida.

#### 5. Eliminación de flores ya autopolinizadas

En un estudio efectuado en el CIAT se concluyó que la eliminación de flores ya autopolinizadas aumentó significativamente la eficiencia de la hibridación. Cuadro II).

CUADRO II. EFECTO COMPETITIVO DE FLORES PRESENTES AL MOMENTO DE POLINIZAR BOTONES FLORALES SOBRE LA EFICIENCIA DEL CRUZAMIENTO DEL FRIJOL. (Phaseolus vulgaris). Palmira, Colombia. 1975

<u>Tratamiento</u>	<u>Eficiencia</u>
Sin otras flores en la planta	63.3%
Presencia de otras flores en la planta	40.0%

En dicho estudio esta eliminación dió como resultado un 63% de eficiencia de la hibridación en comparación con un 40% obtenido cuando no se eliminaron las flores ya autopolinizadas.

#### 6. Uso de hormonas

El uso de hormonas reguladoras del crecimiento y la floración también ha sido estudiado en el CIAT.

Estas hormonas pueden impedir la caída de los botones florales y las flores.

En un experimento realizado en 1975, se estudió el efecto de la hormona C P A, el ácido P4 clorofenoxiacético. (Cuadro III).

CUADRO III. EFECTO DEL USO DE HORMONAS Y ALGODON HUMEDO SOBRE LA EFICIENCIA DEL CRUZAMIENTO DEL FRIJOL. (Phaseolus vulgaris). Palmira, Colombia. 1975

<u>Tratamiento</u>	<u>Eficiencia</u>
Hormona	81.0%
Testigo	74.0%
Hormona y algodón húmedo	71.0%
Algodón húmedo	62.0%

El uso de hormonas y su relación con la eficiencia de la hibridación requiere mayor estudio e investigación.

Esta descripción de tres técnicas de cruzamiento del frijol, es solamente un aspecto a considerar con relación al mejoramiento del frijol en general. En diferentes unidades, irán siendo estudiados estos otros aspectos, que aunque igualmente importantes, no han sido el tema central de esta unidad.

## EVALUACION

\* Qué es eficiencia de la hibridación?

---

---

---

\* Enumere los cuatro factores externos que afectan la eficiencia de la hibridación.

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_
- d) \_\_\_\_\_

\* Enumere los tres factores internos que afectan la eficiencia de la hibridación.

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_

\* Sintetice el fenómeno de abscisión de las flores del frijol.

---

---

---

\* Qué botones deben seleccionarse como botones florales madres.

- a) \_\_\_\_\_
- b) \_\_\_\_\_
- c) \_\_\_\_\_

\* Enumere tres factores de naturaleza práctica que influyan en la eficiencia de la hibridación.

a) \_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

TRIGON - 1.1

TRIGON - 1.2

TRIGON - 1.3

TRIGON - 1.4

TRIGON - 1.5

TRIGON - 1.6

TRIGON - 1.7

TRIGON - 1.8

## LECTURAS COMPLEMENTARIAS

- 1.- BOILING, M.D.A. SANDLER AND R.S. MATLOCK. 1961. Mung bean hibridization technique. Agro. J. 53: 54-55
- 2.- BUIHAND, T.J. - The crossing of Beans (Phaseolus spp.) Euphytica 5: 41-50 (1956)
- 3.- LORZ, A.P. 1957 Snap and Lima bean crossing technique. Bean improvement cooperative report 1:14-15
- 4.- RACHIE, K.O.; K. KAWAL AND J.D. FRANCKOWICK 1975. A rapid method of hand crossing cowpeas. Tech. Bull. No.2 IITA, Ibadan, Nigeria
- 5.- SINGH, T.P. AND R.S. MALHOTRA 1975. Crossing. Technique in Mung bean, (Phaseolus aureus Roxb) Current Science. 44: 64-65
- 6.- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA - Programa Nacional de Mestras. Boletín de extensión No.14. Lima, Perú. Abril-Mayo/70
- 7.- WESTER, R.E. AND H. JORGENSEN. 1950 Emasculation unnecessary in hybridizing Lima beans. Proc. Amer. Soc. Hort. SCI 55: 384-90
- 8.- WIGTON, R.J. 1959 Snap bean crossing technique. Bean Improvement Cooperative Report No.2 : 19-20.