

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO



1. Introducción.

2. Objetivos

3. Metodología para la
realización de
cruzamientos dirigidos

4. Aplicaciones.



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
**CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE**



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Cruzamientos dirigidos en garbanzo. / [Caballo, C.; Rubio, J.; Millán, T.]. - Córdoba. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2020. 1-10 p. Formato digital (e-book) - (Genómica y Biotecnología)

Garbanzo - Leguminosas - Cruzamientos - Mejora - Híbridos



Este documento está bajo Licencia Creative Commons.
Reconocimiento-No comercial-Sin obra derivada.
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es>

Cruzamientos dirigidos en garbanzo.

© Edita JUNTA DE ANDALUCÍA. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible.
Córdoba, Enero de 2020.

Autoría:

Cristina Caballo Linares ¹

Josefa Rubio Moreno ¹

Teresa Millán Valenzuela ²

¹ IFAPA, Centro Alameda del Obispo

² Departamento de genética. Universidad de Córdoba.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

1.- Introducción.



Imagen 1. Cultivo de garbanzo.

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es la tercera leguminosa con mayor producción en el mundo, actualmente se cultivan casi 15 millones de hectáreas distribuidas por todos los continentes (Imagen 1). La India es el principal país productor y consumidor. En España hay 70,609 has dedicadas a este cultivo, y en Andalucía 50,551 has, esto hace que seamos el principal país europeo que dedica mayor superficie al garbanzo.

Se trata de una especie autógama, anual y diploide, con una dotación cromosómica de $2n=2x=16$.

Esta especie tiene un alto valor biológico, es una fuente importante de proteínas y carbohidratos, además de grasas, vitaminas, fibra y minerales.

Al igual que otras leguminosas el garbanzo contribuye a una agricultura más sostenible ya que mejora la fertilidad y la estructura del suelo debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico.

Taxonomía

El garbanzo cultivado pertenece al género *Cicer* incluido en la familia *Fabaceae* (también conocida como *Leguminosae*), dentro de la subfamilia *Papilionaceae*. Este género agrupa 9 especies anuales y 34 perennes siendo *Cicer arietinum* L. la única especie cultivada.

Familia: Fabaceae (Leguminosae)

Subamilia: Papilionaceae

Género: *Cicer*

Especie: *Cicer arietinum*

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

1.- Introducción.

Tipos de garbanzo.

Dentro del garbanzo cultivado los mejoradores distinguen dos tipos, el tipo “desi” y el tipo “kabuli”.



Imagen 2. Flores y semillas de garbanzo tipo desi.

Los garbanzos de tipo **desi** tienen flores rosas y semillas pequeñas y oscuras, con una cutícula gruesa y rugosa, su producción se centra principalmente en India, Pakistán y Etiopía, constituyendo casi el 85% de la producción mundial de garbanzo (Imagen 2).



Imagen 3. Flores y semillas de garbanzo tipo kabuli.

Los garbanzos tipo **kabuli** se caracterizan por tener flores blancas y semillas de mayor tamaño y de colores claros, su cubierta es lisa y generalmente fina, se cultivan tradicionalmente en la Cuenca Mediterránea y más recientemente en América del Norte y del Sur (Imagen 3). Este es el tipo de garbanzo que se consume en España (Imagen 4).



Imagen 4. Distribución geográfica de los garbanzos tipo desi (azul) y kabuli (amarillo).

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

1.- Introducción.

Arquitectura de la planta.

Las plantas de garbanzo presentan un tallo principal del cual se originan ramas primarias; éstas, a su vez, producen ramas secundarias, las que dependiendo fundamentalmente de la pluviometría y de la fertilidad del suelo, pueden generar ramas terciarias; estas últimas, de existir, son habitualmente improproductivas (Imagen 5). Tanto el tallo principal como las ramas primarias van desarrollando nudos vegetativos, generándose una hoja a partir de cada uno de ellos. Las ramas secundarias, por generarse más tardíamente, a partir de las ramas primarias, son menos vigorosas y aportan en mucho menor medida al rendimiento.

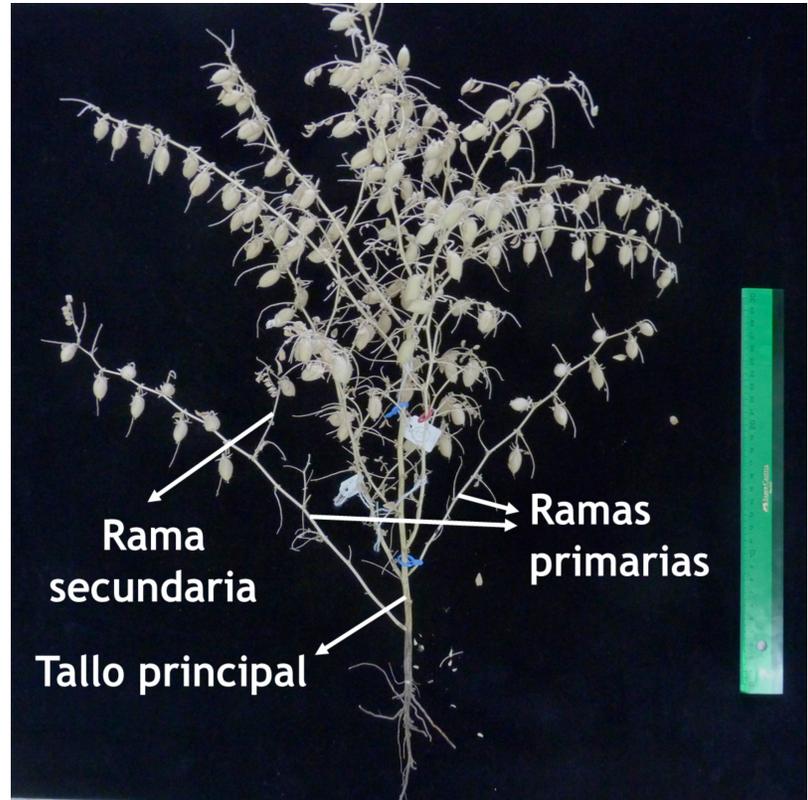


Imagen 5. Arquitectura de la planta de garbanzo.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

1.- Introducción.

Descripción de la flor.

Las flores se sitúan sobre pedúnculos muy cortos que pueden medir de 6 a 13 mm de largo; éstos nacen en las axilas, que son los ángulos formados por el tallo y las hojas, ubicadas en los nudos reproductivos (Imagen 6).



Imagen 6. Detalle del pedúnculo de una flor.

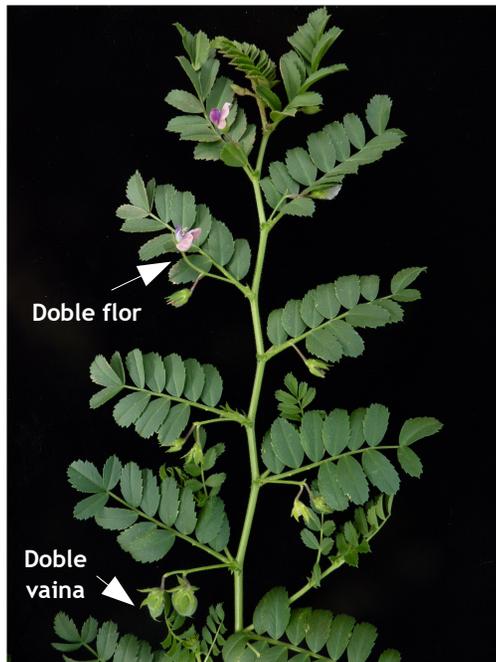


Imagen 7. Planta de garbanzo con dos flores/vaina por nudo.

Generalmente todos los genotipos de garbanzo cultivado presentan una flor por nudo y como consecuencia una sola vaina, pero existen mutaciones naturales que presentan dos flores y por lo tanto dos vainas por nudo (Imagen 7).

Las primeras flores pueden ser imperfectas y se las denomina “pseudoflores” o flores falsas, abortan y no llegan a producir vainas o flores verdaderas; son pequeños botones florales que se marchitan y detienen su crecimiento en etapas tempranas del desarrollo floral.

En ambientes donde las temperaturas son relativamente altas y con baja humedad, las flores falsas se desarrollan con menos frecuencia, de manera que la aparición de estas estructuras está relacionada con ambos parámetros.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

1.- Introducción.

Descripción de la flor.

Estructura de la flor

El garbanzo tiene las flores típicas de las papilionáceas, son flores hermafroditas, amariposadas y zigomorfas (simetría bilateral); con cáliz y corola bien diferenciados. La principal característica diferenciadora es que presentan una prefloración vexilar, es decir uno de los pétalos, el posterior, denominado estandarte envuelve a los otros pétalos. El estandarte o vexilium (pétalo impar), cobija a dos pétalos inferiores (alas) y éstos a la quilla, dos pétalos aún más pequeños, normalmente unidos por una fina línea de pelos (Imagen 8 A).

En el interior de la quilla se encuentran los órganos sexuales, el androceo (parte masculina) y el gineceo (parte femenina). El androceo está formado por 10 estambres que se caracterizan por ser diadelfos, es decir soldados entre sí, y tener una posición ligeramente oblicua; nueve de ellos presentan sus filamentos fusionados, y el décimo se presenta libre. El gineceo está formado por un ovario súpero, un ovario que se encuentra sobre el punto de inserción de las otras partes florales. (Imagen 8 B).

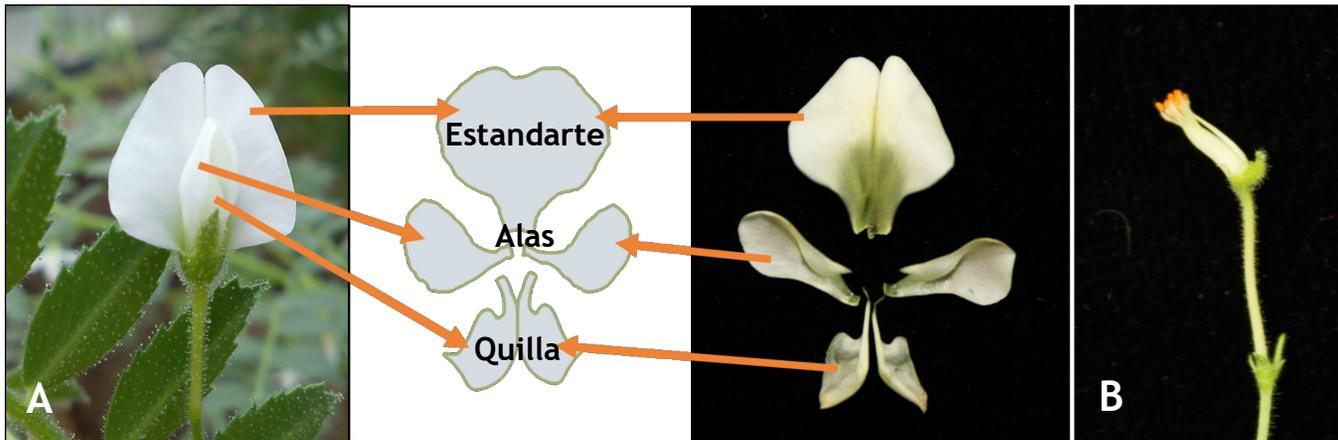


Imagen 8. A) Detalle de una flor de garbanzo y esquema de las partes externas de la flor. B) Órganos sexuales de la flor.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

2.- Objetivos.

Una de las bases importantes en un programa de mejora es la variabilidad.

La base genética del garbanzo es muy estrecha y para aumentar la variabilidad se han realizado cruzamientos entre garbanzos tipo desi (flor rosa) y kabuli (flor blanca), (cruzamientos intraespecíficos), que presentan diferentes fondos genéticos. También se realizan cruzamientos entre especies diferentes (cruzamientos interespecíficos) concretamente entre la especie cultivada *C. arietinum* y especies silvestres, entre ellas destacamos *Cicer reticulatum* (ancestro silvestre del garbanzo cultivado) y *Cicer echinospermum*.

El objetivo del programa de cruzamientos de garbanzo es conseguir material con variabilidad a diferentes factores, entre los que destacan:

1. El ciclo
2. El tamaño de la semilla (carácter de gran importancia en este cultivo)
3. El porte
4. La doble vaina
5. El rendimiento
6. Resistencias a factores bióticos:
Rabia
Fusarium
Roya
Jopo
7. Resistencias a factores abióticos:
Sequía
Frío

3.- Metodología para la realización de cruzamientos dirigidos

¿Qué es un cruzamiento?

El cruzamiento es una técnica básica en la mejora genética, cuyo fin es generar genotipos que reúnan características de interés.

Cuando hablamos de cruzamientos dirigidos nos referimos a cruzamientos con una polinización controlada entre parentales que difieren en un carácter de interés. En un programa de cruzamientos el primer paso es la selección de parentales (masculino y femenino) con las características deseadas para así obtener nuevas combinaciones génicas en su descendencia que nos permitan seleccionar los mejores genotipos con el fin de obtener una nueva variedad.

La hibridación artificial o cruzamiento en garbanzo es una técnica difícil debido al pequeño tamaño de las flores (entre 7 y 8 mm). Ello hace que el porcentaje de éxito sea muy bajo al compararlo con otras leguminosas, oscilando en torno al 10% o incluso menor. Hay que tener destreza, ser cuidadosos, tener mucha experiencia y realizar muchos cruzamientos para superar estos problemas.



Imagen 9. Realización de cruzamientos en jaulón.

Habitualmente se realizan en campo abierto o en jaulones con el fin de proteger las plantas de agentes externos (liebres, pájaros, etc) (Imagen 9). La temperatura adecuada oscila entre los 22-26°C, y suelen realizarse a primeras horas de la mañana durante los meses de mayo y junio (en Córdoba-España).

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

3.- Metodología para la realización de cruzamientos dirigidos

Material necesario.

En la imagen 10 y 11 se muestra el lugar adecuado y los materiales necesarios para realizar los cruzamientos

- Jaulón o ambiente controlado
- Pinzas de precisión
- Etiquetas colgantes de papel
- Adhesivos de color
- Placas Petri
- Alcohol para desinfectar y evitar contaminaciones y
- Lápiz



Imagen 10. Jaulón sembrado de garbanzos.



Imagen 11. Elementos utilizados para realizar cruzamientos.

3.- Metodología para la realización de cruzamientos dirigidos

Pasos para realizar un cruzamiento.

PASO 1- Elección de flores (parental femenino o madre)

El primer paso para realizar un cruzamiento es la elección de la flor, es importante que la flor elegida como parental femenino se encuentre en el estadio adecuado (Imagen 12). Se deben usar flores cerradas con polen aún inmaduro para evitar que estén auto-polinizadas (Imagen 13), ya que el garbanzo es una planta autógama, pero al mismo tiempo flores que estén bien formadas y que estén receptivas para su posterior polinización.



Imagen 12. Flor en estadio óptimo para polinizar.



Imagen 13. Flor abierta auto-polinizada.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

3.- Metodología para la realización de cruzamientos dirigidos

Pasos para realizar un cruzamiento.

PASO 2- Preparación de la flor que actúa de parental femenino

Con la ayuda de unas pinzas se eliminan los sépalos anteriores para así poder acceder con más facilidad a los órganos sexuales que se encuentra protegidos en el interior (Imagen 14). Se ha de tener mucho cuidado para no dañar la flor. Es necesario que antes y después de cada uso las pinzas se esterilicen con alcohol con el fin de evitar contaminaciones.



Imagen 14. Eliminación de sépalos.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

3.- Metodología para la realización de cruzamientos dirigidos

Pasos para realizar un cruzamiento.

PASO 3- Emasculación o eliminación del polen

Una vez tenemos acceso al androceo (órganos reproductivos masculinos) y hemos comprobado que el polen es inmaduro, eliminamos las anteras de los 10 estambres con mucho cuidado para no dañar el estigma (Imagen 15). Lo ideal es eliminarlas de una sola vez para evitar daños. Este paso es fundamental ya que si queda algún resto de polen se produciría una autofecundación. Las anteras son de color anaranjado y es fácil visualizarlas.



Imagen 15. Emasculación.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

3.- Metodología para la realización de cruzamientos dirigidos

Pasos para realizar un cruzamiento.

PASO 4- Identificación del cruzamiento

Una vez eliminadas todas las anteras, colocamos una etiqueta colgante de papel en la base del pedúnculo floral y anotamos con lápiz (para evitar que se borre con el tiempo) el genotipo del parental femenino utilizado, es conveniente anotar la fecha para tener un seguimiento del cruzamiento (Imagen 16).

En un programa de cruzamientos se realizan muchos cruzamientos diarios y durante varios días por lo que la identificación de las flores castradas a veces es complicado debido a la estructura de la planta de garbanzo (ramificaciones primarias, secundarias y terciarias, ver imagen 5). Para ello se recomienda pegar a la etiqueta colgante identificativa un adhesivo de color permitiéndonos una fácil identificación de las flores castradas diariamente. Es muy importante ser meticuloso en el etiquetado para evitar errores.



Imagen 16. Etiquetado.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

3.- Metodología para la realización de cruzamientos dirigidos

Pasos para realizar un cruzamiento.

PASO 5- Recogida de polen en parental masculino

Con la ayuda de las pinzas, previamente esterilizadas con alcohol, accedemos a los órganos sexuales de la flor de los genotipos utilizadas como parental masculino. Se comprueba que el polen es maduro, presentando un aspecto pegajoso. Pasamos las pinzas abiertas desde abajo hacia arriba de los estambres arrastrando las anteras que se quedarán adheridas en la punta de las pinzas (Imagen 17).

Como ya se ha comentado es necesario hacer muchos cruzamientos para asegurar el éxito, para ello se recolectan varias flores del parental masculino en placas Petri para disponer de suficiente polen para la polinización.

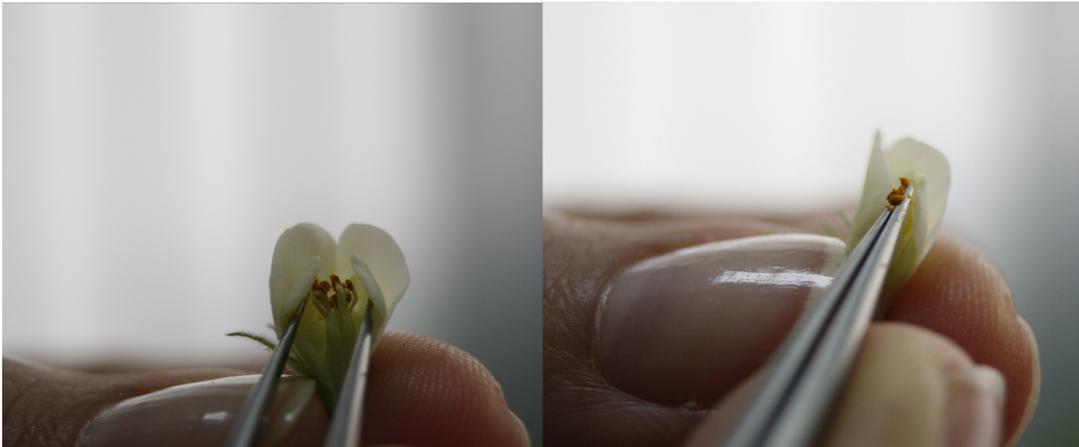


Imagen 17. Recolección de polen.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

3.- Metodología para la realización de cruzamientos dirigidos

Pasos para realizar un cruzamiento.

PASO 6- Polinización

Volvemos a la flor castrada (parental femenino) y con ayuda de los dedos apretamos la parte basal de la flor para abrirla un poquito y poder acceder más fácilmente. Se coloca en el estigma del pistilo el polen procedente del parental masculino (Imagen 18). Posteriormente se anota en la etiqueta colgante el genotipo usado como padre y se procede a la retirada del adhesivo de color.

La flor del garbanzo es muy delicada por lo que la polinización se realiza en el mismo día que se realiza la emasculación, incluso se puede hacer inmediatamente después.

El procedimiento a seguir en un programa de cruzamientos es realizar primero la emasculación a primeras horas de la mañana (8-10) y posteriormente realizar sus polinizaciones. Es aconsejable terminar antes de que las temperaturas sean elevadas. Pasados entre 7 y 10 días se observa el inicio de la formación de la vaina (Imagen 19) que será recolectada al final del ciclo (Imagen 20).



Imagen 18. Polinización.



Imagen 19. Vaina formada.



Imagen 20. Semillas de garbanzo.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

4.- Aplicaciones.

En el programa de mejora de Córdoba formado por investigadores del IFAPA y de la Univ. de Córdoba se han desarrollado nuevas variedades con características agronómicas de interés y poblaciones de líneas recombinantes (RILs). El punto de partida de una población RIL es el cruzamiento entre dos parentales que sean diferentes para un determinado carácter (ej: precoz y tardío). Siguiendo este proceso nuestro grupo dispone de 18 poblaciones RILs con aproximadamente 100 individuos cada una. Estas poblaciones han sido de gran utilidad para el desarrollo de mapas genéticos. Estos mapas han servido para identificar marcadores moleculares asociados a caracteres de interés y que pueden ser utilizados para seleccionar materiales de una forma más precisa y rápida, lo que se denomina Selección Asistida por Marcadores.

Siguiendo este proceso de cruzamientos, en el grupo de mejora de garbanzos de Córdoba se han registrado en la Oficina española de variedades vegetales (OEVV) 14 variedades con características de interés agronómico, dos de ellas (Veleka y Kaveri) se encuentran actualmente en fase de registro (Imagen 21).



Imagen 21. Multiplicación de variedades de garbanzos.

CRUZAMIENTOS DIRIGIDOS EN GARBANZO

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera

Avenida de Grecia s/n
41012 Sevilla (Sevilla) España
Teléfonos: 954 994 595 Fax: 955 519 107
e-mail: webmaster.ifapa@juntadeandalucia.es
www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa



www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
**CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
PESCA Y DESARROLLO SOSTENIBLE**



Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Este trabajo ha sido cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dentro del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020, así como por el proyecto PP.AVA.AVA2019.030 cofinanciado por la junta de Andalucía.