



H.T. 31

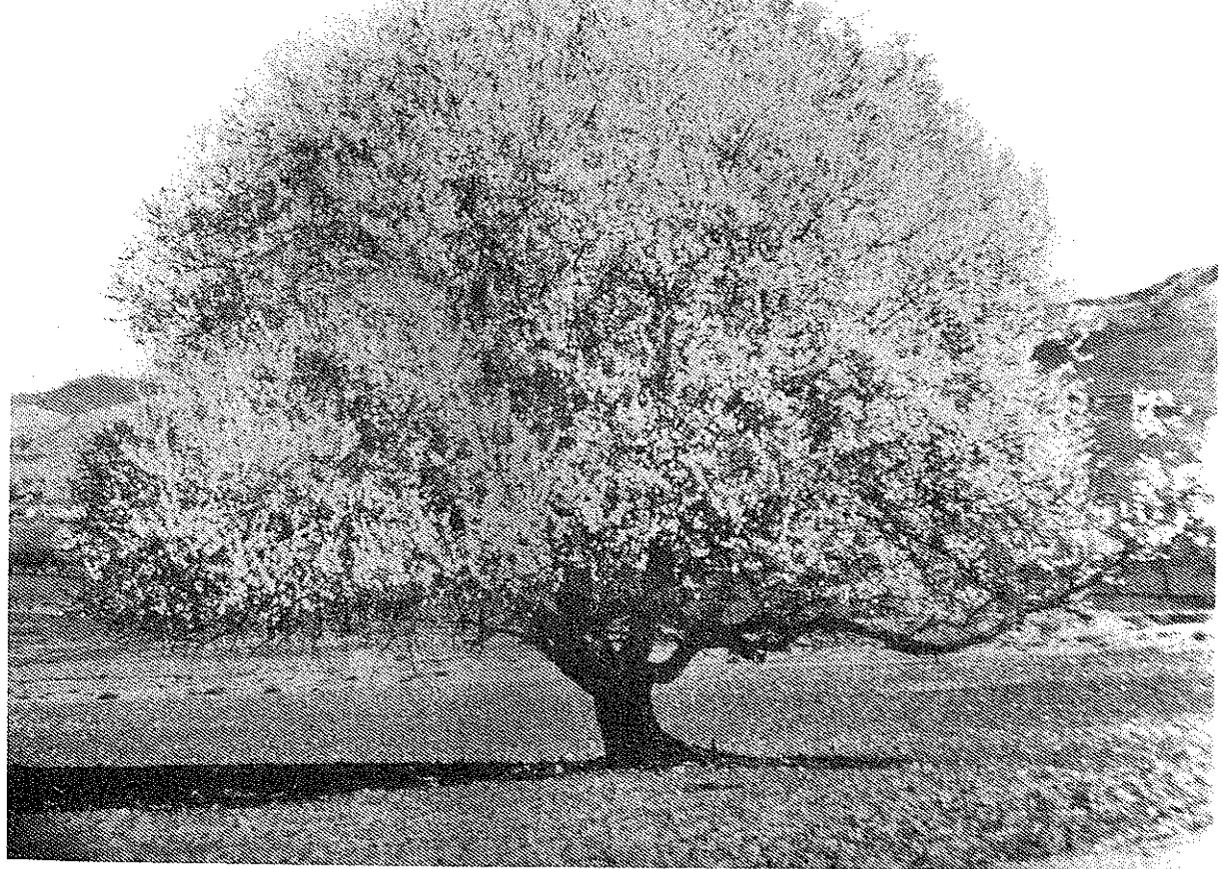
HOJA TECNICA

I.N.I.A.



LA POLINIZACION DEL ALMENDRO

R.SOCIAS A.J.FELIPE



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

MINISTERIO DE AGRICULTURA

MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

1334 3

LA POLINIZACION DEL ALMENDRO

R. Socías i Company y A.J. Felipe

Departamento de Fruticultura. CRIDA 03 INIA
Apartado 202. Zaragoza

*Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias
General Sanjurjo, 56. Tlfno. 441.31.93
Madrid - 3 (España)*

MADRID - 1979

ISSN: 0210 - 3346

ISBN: 84-7498 - 022 - 4

Depósito Legal M-39234-1979
INIA. General Sanjurjo 56, Madrid-3

INDICE

	Pág.
Introducción	5
Polinización, Fecundación y Cuajado	7
Variedades polinizadoras	16
Técnicas de polinización	19
Referencias Bibliográficas	27

INTRODUCCION

El almendro ha sido cultivado durante muchos siglos por su fruto a causa de las cualidades alimenticias de su pepita. Su origen se centra en Asia central y oriental (KOVALYOV y KOSTINA, 1935) y probablemente fue introducido en nuestra península al mismo tiempo que en el resto de los países mediterráneos por los fenicios y los griegos. Al menos en el siglo IV a. de C. ya existía su comercio en el Mediterráneo (CERDA, 1973).

Pocos datos históricos se tienen sobre la forma en que se produjo su extensión hacia el interior, pero hoy es posible encontrar árboles de esta especie frutal prácticamente en todas las provincias, incluso en aquéllas en que la climatología le es poco favorable. Lógicamente, su expansión fue mayor en aquellas zonas en las que su producción más abundante y regular llegó a interesar a los campesinos.

España es actualmente el segundo país productor de almendra del mundo, siguiendo a Estados Unidos, cuya producción actual es de 75.000 toneladas, casi en su totalidad en el estado de California. Las posibilidades de incrementar la producción de ambos países son todavía mayores que las actuales porque en ambos existen numerosas plantaciones recientes que o no han empezado a producir o no han alcanzado la plena producción.

En 1963 Estados Unidos era todavía un país importador, pero ha pasado a ser en la actualidad el mayor exportador. Por el contrario, Italia que era en aquella época el mayor exportador ha pasado a ocupar el tercer lugar en cuanto a producción. Los demás países productores de almendra se encuentran situados a una cierta distancia de estos tres que encabezan la lista de la producción mundial.

En Estados Unidos la producción de almendra en grano por hectárea es de 1.000 kg como promedio, mientras que en Europa esa media apenas sobrepasa los 125 kg.

Esta diferencia de producción es debida a las causas siguientes:

En Estados Unidos:

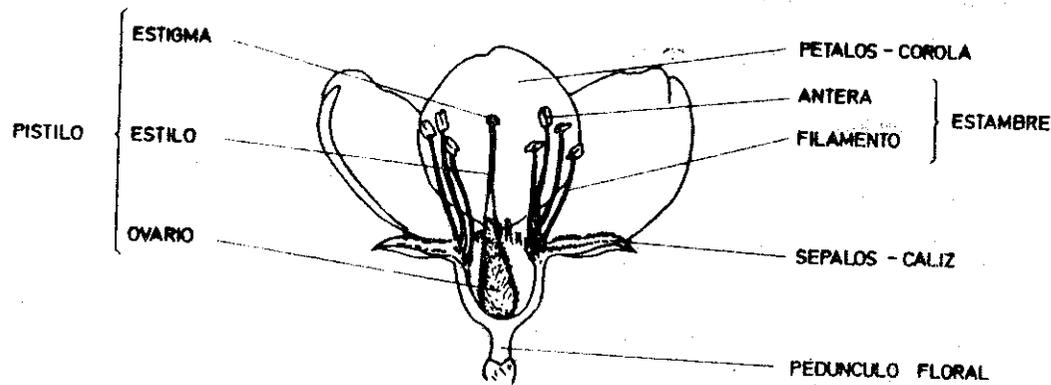
1. Más del 50% de las plantaciones reciben algún riego o se riegan regularmente.
2. Las condiciones climatológicas son más favorables en el conjunto de la zona de cultivo.
3. Los cuidados que el agricultor americano da al almendro difieren poco de los que presta a otras especies frutales: poda, tratamientos, abonado, etc.
4. La mayor parte de las variedades actualmente cultivadas, son producto de una cuidadosa selección por lo que prácticamente todos los árboles son capaces de dar buena cosecha.

En Europa:

1. Salvo pocas excepciones, el almendro se cultiva en secano y con frecuencia en secanos extremados y en terrenos que no permiten otro cultivo.
2. Las condiciones climatológicas hacen que nuestras cosechas reales sean siempre muy inferiores a las potenciales porque cada año las heladas primaverales afectan a una u otra zona de producción.
3. El almendro es el hermano pobre de la fruticultura y los cuidados que se le prestan son, en general, muy inferiores a los que se prestan a otras especies frutales.
4. Un gran número de árboles proceden de semilla, sin injertar, o pertenecen a variedades mediocres, con escasa capacidad de producción.

Una de las diferencias más importantantes entre los cuidados culturales que se le dan al almendro en los Estados Unidos y en los países mediterráneos es la previsión cuidadosa de la polinización, ya que el almendro es una especie autoincompatible y el polen de una variedad no sirve para fecundar sus propias flores. La ausencia de una planificación de la polinización, e incluso una mala planificación, causan grandes reducciones de la cosecha, como han demostrado recientes ensayos de campo realizados en España (HERRERO y AYALA, 1975). Por ello nos parece imprescindible estudiar a fondo los aspectos relacionados con la polinización del almendro y darlos a conocer a quienes se interesan en su producción.

ESQUEMA DE UNA FLOR DE ALMENDRO



POLINIZACION, FECUNDACION Y CUAJADO

Se entiende por POLINIZACION el proceso de transporte de los granos de polen desde las anteras hasta el estigma.

En el caso del almendro, el polen debe ser transportado desde los estambres de flores de una variedad hasta los estigmas de flores de otra variedad distinta, exigencia debida a la autoincompatibilidad general de la especie. A ello es debida la necesidad de disponer en cada plantación una o más variedades que polinicen a la que sirve de base para la producción.

Una vez que el polen se encuentra sobre el estigma, germina en un breve plazo iniciándose el crecimiento del tubo polínico a través de los tejidos del estilo en dirección hacia el ovario. Un solo tubo polínico penetra en el óvulo, en donde se produce la FECUNDACION del saco embrionario mediante la fusión de las células germinales masculina y femenina.

El signo externo de que se ha producido la fecundación es el marchitamiento temprano del estigma y zona próxima del estilo.

Una vez fecundado el óvulo, inicia éste su desarrollo y con él el crecimiento del ovario, diciéndose entonces que se ha verificado el CUAJADO.

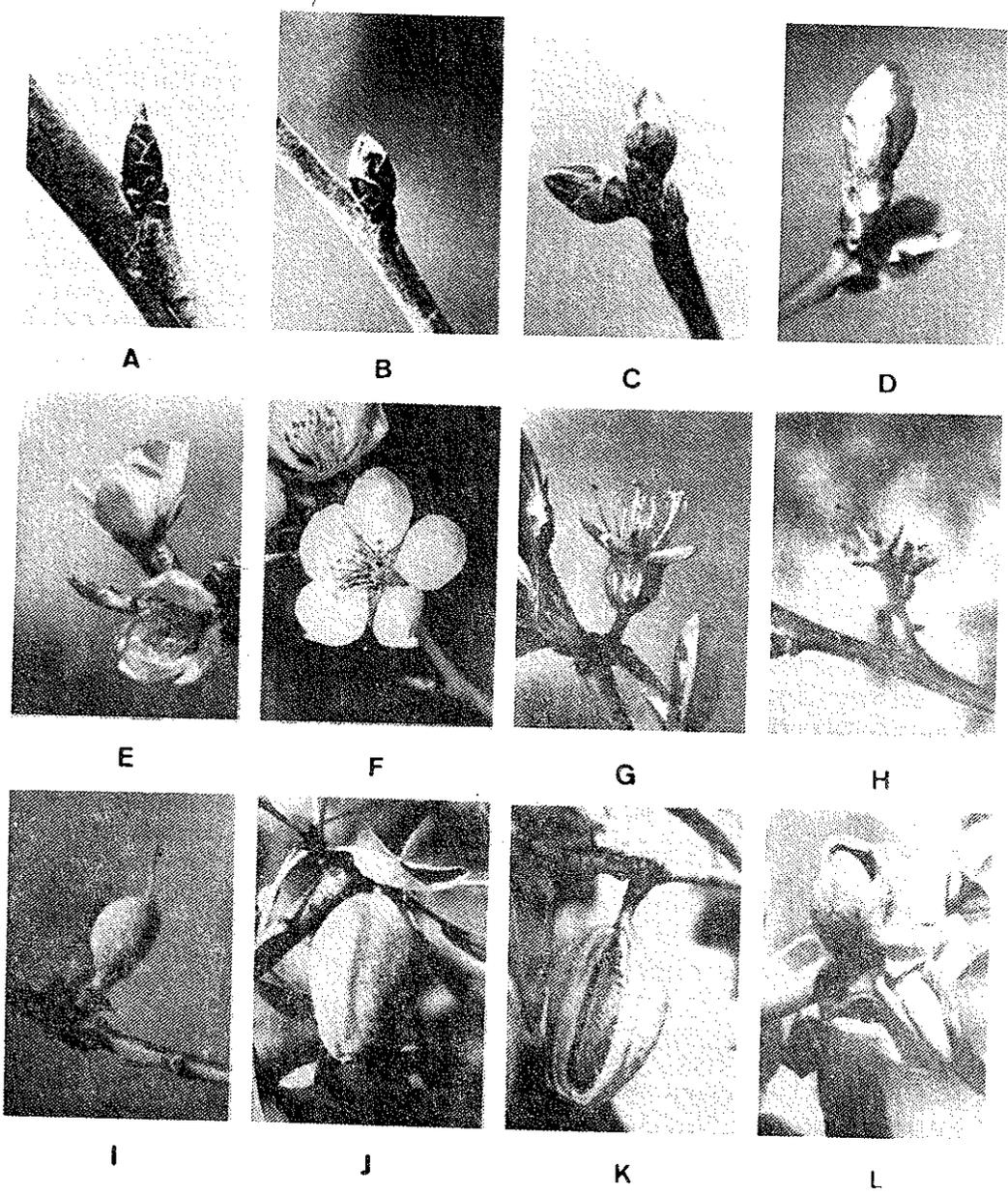
Hasta hace poco se consideraba suficiente el disponer de dos o más variedades en un campo para obtener cosechas normales, pero trabajos recientes han demostrado que existen unas necesidades más concretas para llegar a obtener un alto grado de polinización y cuajado y que factores externos e internos influyen en la realización de estos procesos.

La polinización parcial o defectuosa supone en almendro una pérdida real de cosecha porque la reducción del número de frutos en un árbol no es apenas compensada por el mayor peso y tamaño de los que quedan, como sucede en otras especies frutales.

Para obtener cada año cosechas máximas debe lograrse la polinización de la totalidad de las flores existentes sobre cada árbol (KESTER y GRIGGS, 1959a) después debe seguir la fecundación del óvulo, pero por diversas razones no todas las flores polinizadas llegan a ser fecundadas.

En el nivel de fertilidad, y por lo tanto de productividad, de una determinada plantación de almendro influyen circunstancias de diversa naturaleza. Entre las principales pueden citarse:

- a) Que se encuentren presentes variedades compatibles entre sí y con épocas de floración simultáneas.



- b) Que se realice la polinización, es decir: que el polen sea transportado de unas variedades a otras.
- c) Que las temperaturas y demás condiciones climáticas sean adecuadas para la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico a través del estilo.
- d) Que se lleve a cabo la fecundación efectiva del óvulo de cada flor.
- a) **Presencia de variedades compatibles entre sí y con época de floración simultánea.**

Son muy poco frecuentes en almendro los casos de incompatibilidad floral entre variedades, pero existen algunos que se citan en otro capítulo. Diferentes trabajos de polinización (CAMBRA, 1954; Estación Experimental Agrícola de Palma de Mallorca, 1958-1967; GRASSELLY, 1972 y 1975; HERRERO, *et al.*, 1977) con variedades españolas y extranjeras han demostrado que es normal la intercompatibilidad entre ellas.

La plena coincidencia del período de floración de las variedades presentes en una plantación es necesaria para que todas las flores que se abren sobre cada árbol tengan las mismas posibilidades de llegar a ser fecundadas.



Con buen tiempo, el período más adecuado para la polinización de una flor de almendro es el constituido por los tres días siguientes a su apertura (GRIGGS e IWAKIRI, 1964)

Teniendo en cuenta esta necesidad de coincidencia en cuanto a épocas de floración, se hacen precisas las observaciones y toma de datos fenológicos en colecciones varietales, así como el estudio de la acción del clima sobre el reposo invernal, su ruptura y la iniciación de la actividad vegetativa. La determinación de estas características en las variedades de posible utilización en cada país o región, puede permitir una más eficaz elección, no solamente de las que sirvan de base para la producción sino también de las polinizadoras entre las que tengan los mismos requerimientos climáticos que aquéllas. De esta forma, las variaciones climáticas que se producen de unos años a otros les afectarán de igual modo y por lo tanto no se producirán desfases que comprometan la buena polinización.

El cuadro adjunto muestra las épocas de floración en 1976 de un conjunto de 40 clones de almendro en el que se incluyen 27 extranjeros y 13 españoles, contándose entre estos últimos las variedades más extendidas y otras locales de difusión más restringida.

Los datos han sido tomados de la colección varietal del Departamento de Fruticultura del C.R.I.D.A. 03 (I.N.I.A.) en Zaragoza. Los árboles tienen cinco y cuatro años, hay cuatro por clon y están injertados sobre melocotonero de semilla.

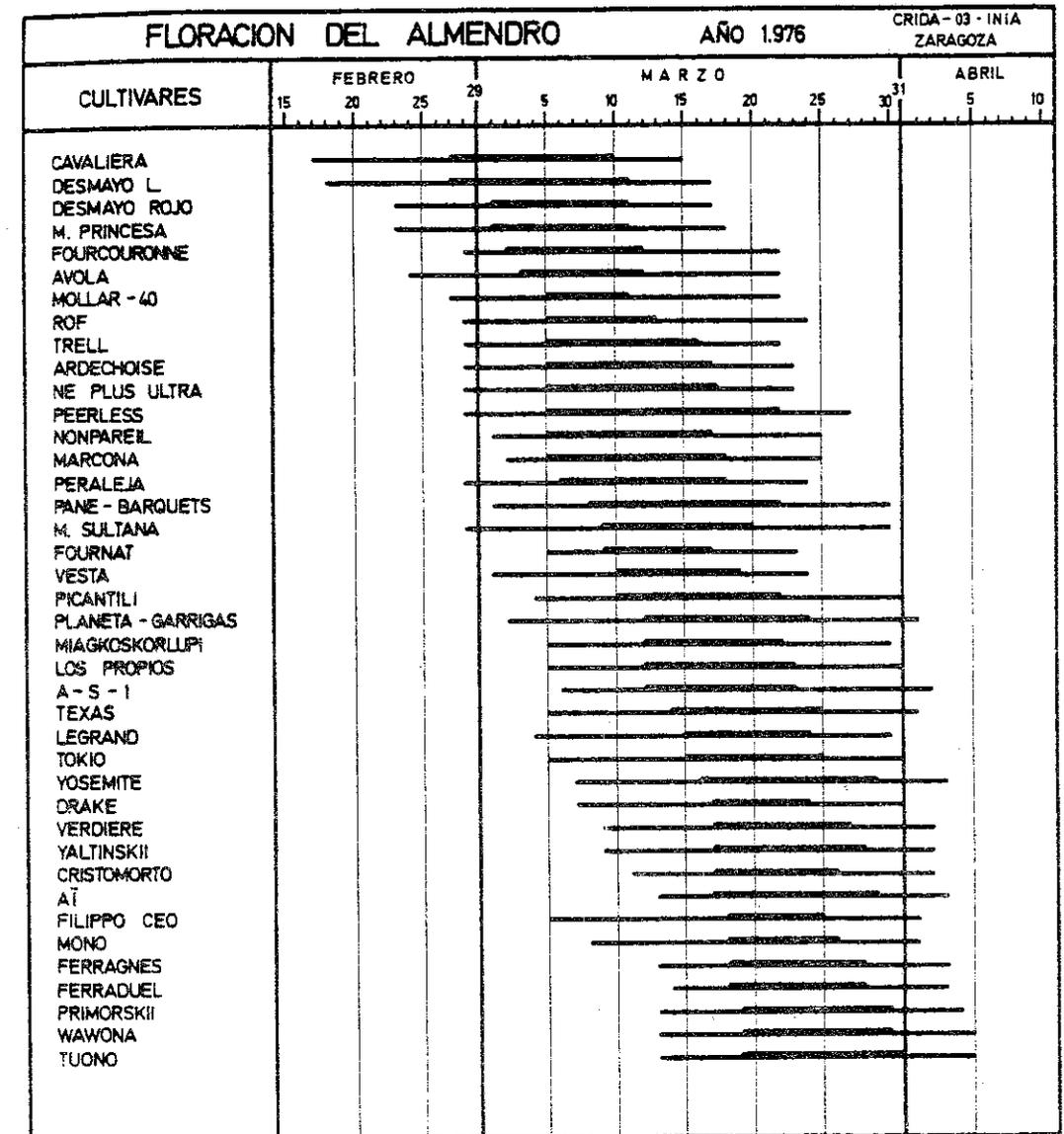
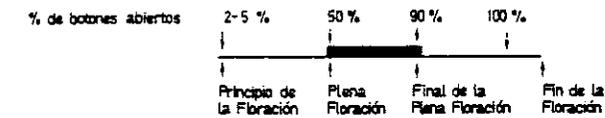
La época de floración se ha ordenado teniendo en cuenta la fecha en que se inicia la plena floración, empezando por la más temprana y terminando por la más tardía.

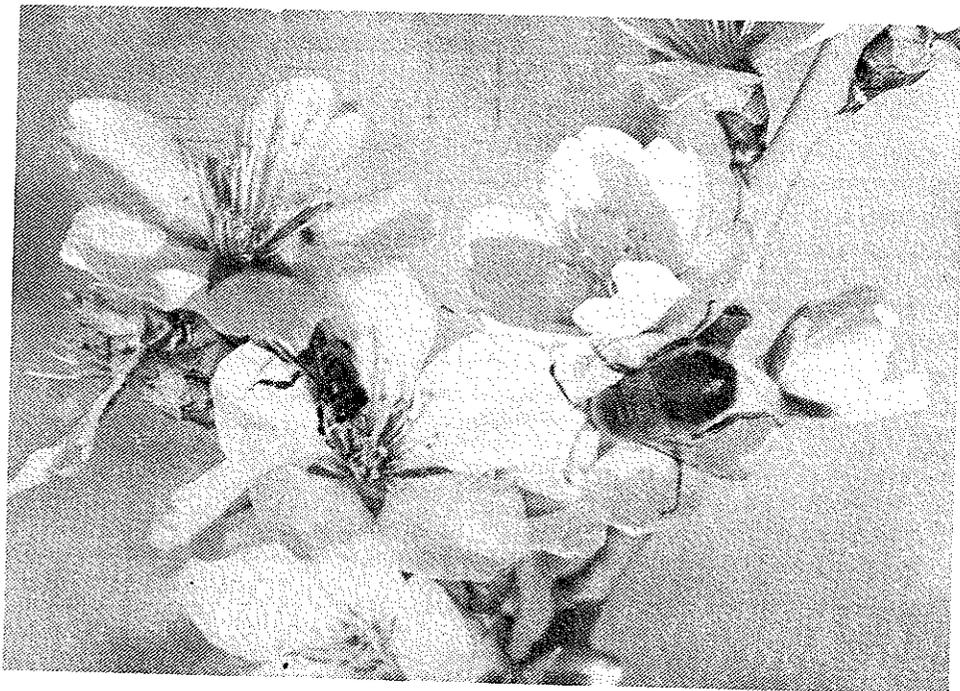
Se considera como plena floración el momento en que el 50% de los botones han abierto sus flores y como final de la plena floración cuando se han abierto el 90% de las flores. Se considera también un período de floración, que precede a la plena, constituido por los días que transcurren desde que abren las primeras flores (2-5%) hasta la plena floración (50%) y otro posterior que va desde el final de la plena (90%) hasta que la caída de pétalos es general y sólo quedan algunas flores sobre los árboles. (FELIPE, 1976b).

Por los datos de que se dispone de años anteriores, sobre la floración de algunas de las variedades, puede considerarse que la floración en 1976 se ha desarrollado en la época normal para el almendro en Zaragoza.

b) Transporte efectivo del polen de unas variedades a otras

En la mayoría de los frutales que necesitan la polinización cruzada, el viento ejerce una influencia muy reducida o nula como agente de transporte del polen cuando éste debe pasar de unos árboles a otros. (FREE, 1970; WILLIAMS, 1970b). La actuación de insectos que realicen esa función de transporte es imprescindible para el almendro.





Las abejas son los insectos polinizadores más efectivos. Existen otros que ejercen también esa función, pero son inferiores en número y posiblemente en efectividad. Las abejas desarrollan mayor actividad cuando la temperatura ambiente se encuentra comprendida entre 15° y 26° . (FREE, 1970; MEITH *et al.*, 1974). Su actividad decrece al descender las temperaturas hasta llegar a anularse por debajo de los 10° - 12° C. Tampoco realizan vuelos ni actividad polinizadora en períodos de lluvia o con vientos superiores a 24 km por hora. (MEITH *et al.*, 1974).

Se logra un aumento considerable en el número de flores visitadas, y por lo tanto una mayor eficacia en el transporte del polen, colocando colmenas en las plantaciones durante la floración. El número de éstas más conveniente oscila entre 2,5 y 5 colmenas por Ha. (FREE, 1970; MEITH *et al.*, 1974; RIKHTER, 1953).

Otros aspectos que influyen en el intercambio eficaz de polen son la PROPORCION y la DISPOSICION de los polinizadores.

La PROPORCION ideal de polinizadores sería el disponer al 50% variedades que coincidan plenamente en las épocas de floración. Cuando la calidad comercial de

los frutos de los polinizadores no hagan deseable una proporción tan alta, podrá reducirse sin que en ningún caso descienda del 25%. (MEITH *et al.*, 1974; RIKHTER, 1953).

La DISPOSICION debe estudiarse al proyectar la plantación para que ningún árbol de la variedad base se encuentre muy separado de un polinizador. Teniendo en cuenta la necesidad de cosechar separadamente los frutos, lo más práctico es hacer la distribución por filas completas sin que en ningún caso existan más de tres filas consecutivas de una misma variedad. La distribución ideal, desde el punto de vista de la polinización es aquella en que cada fila esta constituida por una variedad diferente de la que constituye las contiguas.

c) Temperaturas adecuadas para la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico a través del estilo

Si durante la floración las temperaturas son bajas, aunque no lleguen a descender a 0° C, el resultado puede ser una fuerte reducción en la cosecha. Por una parte, afectan a la actividad de los insectos polinizadores, como ya queda dicho, pero no es éste el único aspecto negativo, ya que también el crecimiento del tubo polínico es influido por las temperaturas ambientales.

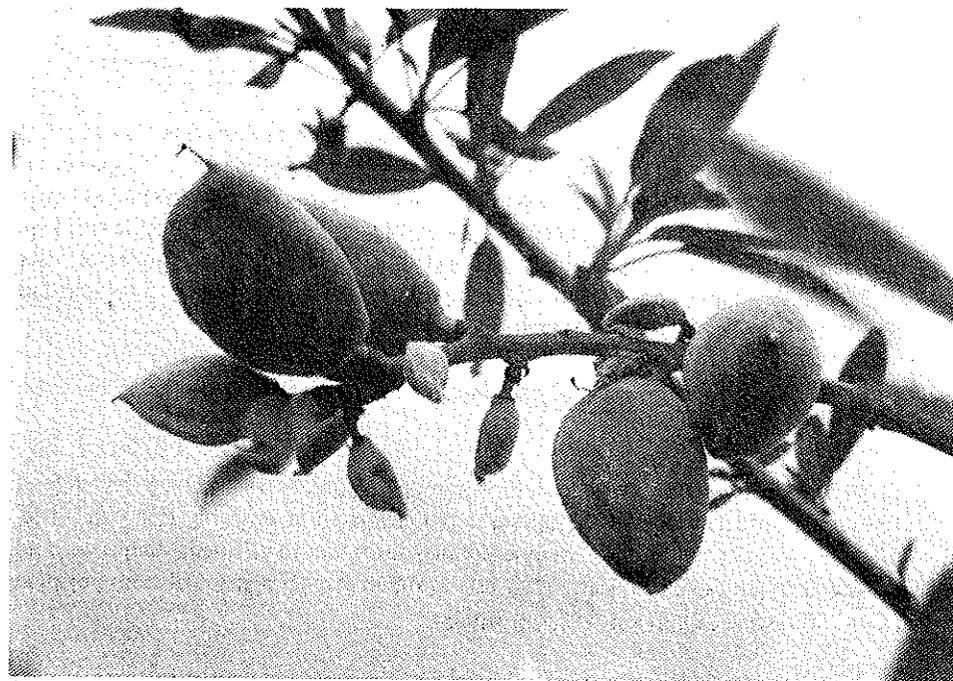
Las temperaturas adecuadas para el normal desarrollo de actividad por parte de los insectos polinizadores resultan ser también las más favorables para el crecimiento del tubo polínico a través del estilo una vez que el grano de polen ha germinado en el estigma. Con temperaturas bajas, ese crecimiento puede ser tan lento que el óvulo llega a degenerar antes de ser fecundado porque su longevidad es limitada, (WILLIAMS, 1973). En almendro el crecimiento puede ser satisfactorio cuando las temperaturas superan los $10 - 12^{\circ}$ C (GRIGGS e IWAKIRI, 1975) y es normal cuando están comprendidas entre 18° y 27° C, siendo el óptimo en las proximidades de 25° C (SOCIAS, 1974).

Con temperaturas superiores a 27° C se aceleran los procesos de envejecimiento del óvulo, lo que puede dar lugar también a problemas de infecundidad si la polinización no es inmediata a la apertura de la flor.

Parece que no todas las variedades tienen los mismos límites ni responden del mismo modo a variaciones externas de temperatura.

Ovarios procedentes de flores que han sido polinizadas pero no fecundadas, inician el desarrollo hasta alcanzar el tamaño de un guisante o poco más, pero caen a las dos o tres semanas de terminar la floración. Parece ser que el crecimiento del tubo polínico a través del estilo produce un estímulo para ese primer crecimiento del ovario (KESTER y GRIGGS, 1959b; MEITH *et al.*, 1974).





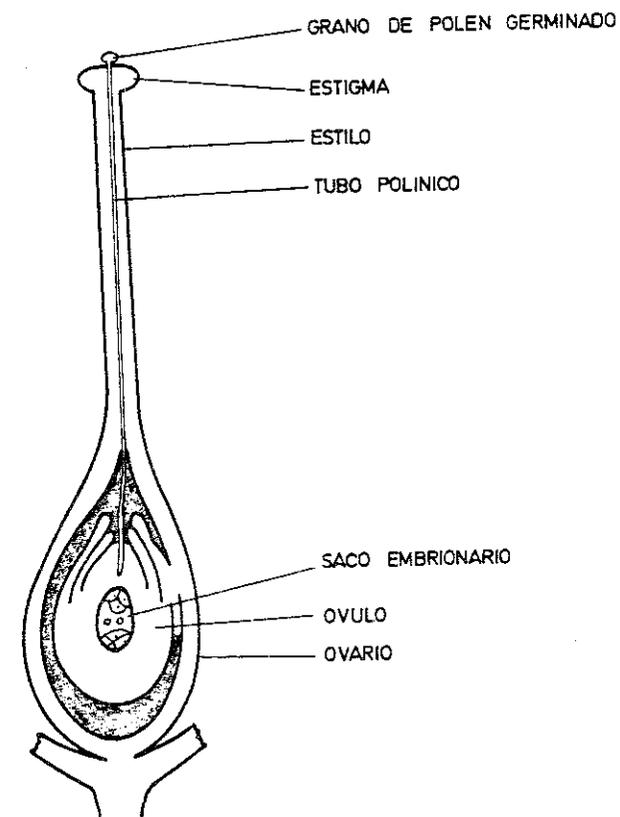
Por otra parte, el polen de almendro puede empezar a germinar entre 0° y 2°C, produciéndose una germinación normal a 10°C, por lo que las bajas temperaturas suelen influenciar más a la velocidad de crecimiento del tubo polínico que a la germinación del polen (TKACHENKO y NOVITSKAYA, 1973).

d) Fecundación del óvulo de cada flor

Ya queda dicho que para que se produzca la fecundación es necesario que el tubo polínico llegue a alcanzar el saco embrionario del óvulo tras su crecimiento en longitud a través de los tejidos del estilo y que se realice la fusión del núcleo espermático del tubo polínico con la oosfera del saco embrionario.

Si el crecimiento del tubo polínico es demasiado lento, o se inicia varios días después de la apertura de la flor, puede suceder que alcance al saco embrionario cuando ya éste ha iniciado su proceso de senescencia y degeneración. Por lo tanto esa flor ha perdido su capacidad para producir una almendra.

CORTE ESQUEMATICO DEL PISTILO DE UNA FLOR DE ALMENDRO CON UN GRANO DE POLEN GERMINADO



En condiciones normales, la longevidad del óvulo es de seis a ocho días desde que se abre la flor; el tubo polínico tarda de tres a cinco en crecer hasta alcanzar el ovario (GRIGGS e IWAKIRI, 1975). Por lo tanto, la polinización debe realizarse durante los tres o cuatro primeros días desde la apertura de la flor para que pueda producirse la fecundación.

Existen factores que pueden influir alargando o acortando la longevidad del óvulo o anulando su fertilidad, como la temperatura y el estado nutritivo de la planta, por lo que pueden dar lugar a diferencias de productividad de unas plantaciones a otras aún cuando las variedades presentes sean las mismas.

VARIETADES POLINIZADORAS

Durante muchos siglos el almendro se ha propagado por semillas (GRASSELLY, 1972; RIKHTER, 1972). Aparte de los almendros que se han encontrado en estado relativamente silvestre (POPOV *et al.*, 1929), muchas veces sólo se han encontrado como árboles sueltos en los bordes de caminos (GRASSELLY, 1976). En el caso de una plantación, un árbol podía reemplazarse por una semilla, ya que el tiempo no era un factor importante. En ocasiones se encontraban árboles con almendras amargas, por lo que normalmente se tomaban varetas de los mejores árboles vecinos para injertarlas en estos árboles de pepita amarga, así como en los otros que pudiesen tener una producción deficiente si ésta llegaba a ser efectivamente notada. Así, de la plantación de almendros de semilla se fueron seleccionando variedades que se fueron imponiendo muy localmente, aunque su número seguía siendo elevado en la misma plantación. ESTELRICH (1907) describió las 53 variedades más importantes en Mallorca a principios de siglo aunque recogió 382, como índice de su gran número, y lo mismo sucedía en mayor o menor escala en las otras zonas productoras de almendra.

Con esta situación el problema de la autoincompatibilidad no se podía detectar. En cada campo se encontraban muchos árboles diferentes alrededor de cada uno para que se pudiera realizar el intercambio de polen. Si un tiempo lluvioso o frío dificultaba la polinización cruzada por los insectos y la cosecha posterior era baja, la situación no se consideraba importante a causa de la consideración marginal que se daba al almendro. Sin embargo, VALLES (1902) ya indicó a principios de siglo la conveniencia de colocar colmenas de abejas en los almendrales para retorar la polinización, que también consideraba dificultada por una humedad excesiva, un viento impetuoso o una lluvia, aunque no señalase cómo estas circunstancias impedían el vuelo de las abejas. CAMPBELL (1915) también observó que los árboles aislados tenían producciones bajas o incluso nulas aunque lo atribuyó equivocadamente a la morfología floral, que consideraba un obstáculo para la autopolinización.

Poco a poco se establecieron plantaciones comerciales con la finalidad de plantar las mejores variedades. Ello empezó en California, donde se detectaron los primeros problemas de autoincompatibilidad que se estudiaron por TUFTS (1919) y TUFTS y PHILP (1922) con un total de 21 variedades llegando a la conclusión que todas las variedades eran autoincompatibles, aunque en algunas autopolinizaciones se obtuvo un pequeño cuajado que no se puede considerar económicamente importante.

La misma tendencia hacia la eliminación de variedades poco satisfactorias se siguió también en otras zonas de cultivo del almendro, donde se presentaron los mismos problemas de falta de producción y se conocieron rápidamente los trabajos de TUFTS (1919), como en España (SALOM, 1922), Alemania (ZIMMERMANN, 1928) y la Unión Soviética (RYABOV, 1930). Sin embargo, en algunas áreas tradicionales de cultivo del almendro, alrededor del Mediterráneo y en el Oriente Medio, el propágulo normal del almendro sigue

siendo la semilla, como en el Oriente Medio (GRASSELLY, 1972) y en las Islas Canarias. En muchas de estas zonas se han realizado estudios que han confirmado la autoincompatibilidad de la casi totalidad de las variedades de almendro (véase la revisión en SOCIAS, 1977).

Los principales trabajos realizados en España han sido centrados en la variedad 'Desmayo'. Así SALOM (1922) comprobó la falta de producción de las plantaciones monovarietales en las que un solo árbol de otra variedad causaba la presencia de una producción aceptable en los árboles vecinos disminuyendo la producción a medida que los árboles de la variedad base se alejaban más y más del polinizador. Sin embargo, pensó que una de las causas podía ser la morfología floral (en especial el número de estambres) y el vigor del árbol (entendido como rusticidad) aunque conocía el trabajo de TUFTS (1919).

Posteriormente, SALA (1941) y CAMBRA (1954) confirmaron la autoincompatibilidad total del almendro "Desmayo". Recientemente HERRERO *et al.*, (1977) han confirmado la autoincompatibilidad de algunas variedades de diverso origen: españolas, francesas, californianas y rusas.

La Estación Agrícola Experimental de Palma de Mallorca (1960) ha llevado a cabo estudios de polinización, comprobando la autoincompatibilidad de las variedades mallorquinas más importantes.

Autocompatibilidad

Durante los estudios de polinización han aparecido algunas formas autocompatibles, aunque de momento carecen del suficiente interés para realizar plantaciones monovarietales sin necesidad de polinizadores. Es por ello que una línea de la mejora del almendro debe ser la obtención de variedades autocompatibles de valor comercial (SOCIAS, 1976).

En la región italiana de la Pulla hay un grupo de variedades que presentan diversos grados de autocompatibilidad (GRASSELLY y OLIVIER, 1976). Entre ellas destaca la variedad 'Tuono', cuya autocompatibilidad se ha comprobado en España (HERRERO *et al.*, 1976), y que parece identificarse con 'Mazzetto' señalada como autocompatible en Tunicia (Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, 1972). A este grupo parece pertenecer la variedad 'Duro Italiana', señalada como autocompatible en Portugal junto a la 'José Dias' (ALMEIDA, 1945).

Interincompatibilidad

Al mismo tiempo que los ensayos de autopolinización se llevaron a cabo otros de polinización cruzada, y aparte de los casos de difícil interpolinización a causa de las diferentes épocas de floración se han señalado algunos casos de incompatibilidad cruzada.

En estos casos el polen de otra variedad se comporta como el de la misma variedad y se detiene el crecimiento de sus tubos polínicos, no pudiendo realizarse la fecundación, produciéndose el mismo tipo de reacciones que con la autoincompatibilidad.

En el almendro los casos de variedades incompatibles en su polinización cruzada son pocos; así TUFTS (1919) señaló la interincompatibilidad de 'Nonpareil' con 'I.X.L.' y de 'Languedoc' con 'Texas'; WOOD y TUFTS (1938) de 'Harpareil' y 'Jordanolo'; ALMEIDA (1949) de 'Côco Grado' y 'Côco Miúdo'; KESTER (1966) de 'Nonpareil' con 'Tardy Nonpareil' y 'Cressey' y de 'Texas' con 'Ballico'; y finalmente HERRERO *et al.*, (1977) de 'Yaltinskij' con 'Primorskij', aunque RIKHTER (1972), su obtentor, indica a 'Yaltinskij' como uno de los mejores polinizadores de 'Primorskij'.

Cuadro de compatibilidad

A continuación se expone un cuadro de compatibilidades entre variedades de diversas procedencias:

INTERCOMPATIBILIDAD DE POLINIZACION
Cruzamientos Comprobados En Diversos Trabajos

	DESMAYO L.	AVOLA	D. ROJO	NE PLUS ULTRA	MARCONA	ARDECHOISE	NON PAREIL	FOURNAT DE B	DRAKE	TEXAS	FERRADUEL	TUONO	CRISTOMORTO	FERRAGNES	VERDIERE	PRIMORSKII	AI	YALTINSKII
DESMAYO		X	X	X			X		X									
AVOLA				X	X			X										
D. ROJO	X						X											
NE PLUS ULTRA	X	X	X				X	X										
MARCONA	X	X	X	X			X	X	X	X								
ARDECHOISE					X					X			X					X
NON PAREIL	X	X	X	X					X	X								
FOURNAT DE B		X		X	X							X			X			
DRAKE	X				X	X				X								
TEXAS					X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
FERRADUEL									X		X	X	X	X	X	X	X	X
TUONO								X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
CRISTOMORTO						X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FERRAGNES									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
VERDIERE							X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
PRIMORSKII									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AI					X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
YALTINSKII									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Incompatibles
X Compatibles
O Parcialmente compatibles
 Sin referencias

Referencias bibliográficas: GAGNARD (1954); KESTER (1963); GRASSELLY (1972), (1975); HERRERO CAMBRA FELIPE (1976). Trabajos propios

Elección de polinizadores

Teniendo en cuenta la proporción en que los polinizadores intervienen en la plantación, 25% como mínimo según ya queda dicho, es importante proceder a su elección cuidadosa ya que por una parte influyen en la cantidad de cosecha de la variedad principal y por otra deben proporcionar ellos mismos su propia cosecha.

Una característica importantísima para los polinizadores es el que coincidan plenamente en floración con la variedad principal y que esto ocurra cada año, por lo cual han de tener las mismas exigencias térmicas tanto en la duración del reposo invernal como en el período previo a la floración. Es decir: las épocas de floración han de coincidir plenamente cada año.

Otro aspecto de suma importancia es la calidad polinizadora de las variedades que han de cumplir tal finalidad, que viene dada por la abundancia de floración y la calidad, o capacidad germinativa, del polen. Existen variedades, afortunadamente pocas, cuyo polen es estéril y por lo tanto son incapaces para fecundar a otras. Tal es el caso de la variedad 'Rof' difundida en la provincia de Tarragona (VARGAS y ROMERO, 1976). Además es preciso que las variedades polinizadoras florezcan regularmente cada año, ya que si se trata de variedades con vecería acusada pueden provocar este fenómeno en la variedad principal aunque ésta, de por sí, no padezca tal defecto.

Una virtud más que debe buscarse en las variedades polinizadoras es que tengan una calidad comercial aceptable ya que si han de producir un 25%, por lo menos, de la cosecha no es conveniente que esta importante proporción sea de muy inferior calidad.

TECNICAS DE POLINIZACION

Como apéndice de esta revisión de la polinización del almendro, consideramos interesante describir de manera concisa las técnicas usadas en los estudios de polinización, en parte de fácil realización por todo estudioso de estos problemas. En estas técnicas distinguimos los siguientes pasos (se encuentran comentarios generales en GERRITSEN, 1956; KESTER y ASAY, 1975).

Recogida de polen

Para ello se recogen flores en el estado D de su desarrollo, con el fin de que todavía no se haya abierto la flor, evitando así la posibilidad de contaminación con un polen extraño a causa de la visita de un insecto polinizador. Estas flores pueden recogerse directamente del árbol en el campo o, en el caso de querer obtener el polen antes de la época de floración de la variedad, de ramas cortadas y llevadas a una temperatura más elevada para acelerar su desarrollo, manteniendo las ramas en agua, siendo aconsejable la precaución de cambiar el agua cada 1-2 días cortando cada vez el extremo inferior del brote debajo del nivel del agua. La viabilidad de las flores desarrolladas sobre ramas cortadas es completa (MASHKIN, 1960), como confirma nuestra experiencia.

Las anteras se pueden separar de estas flores mediante pinzas, pero esta labor es muy lenta, sólo recomendable en los casos de disponer de pocas flores. Una manera rápida de separación de las anteras es la de frotar las flores sobre un cedazo con una separación de malla de 3-5 mm. Con la presión se abre la flor, y con la fricción las anteras se separan de sus filamentos (BARRETT y ARISUMI, 1952). Con este método las anteras quedan con una serie de impurezas (fragmentos de pétalos y sépalos, pistilos y filamentos de estambres), tanto más cuanto más fuertemente se frotran las flores, pero estas impurezas no interfieren en la polinización.

Las anteras se disponen, al obtenerlas, sobre un papel y se dejan secar durante un día aproximadamente, hasta que se abren. Este período depende de las condiciones de temperatura y humedad del ambiente. Una vez se ha producido la dehiscencia de las anteras, se guardan (a pesar de la presencia de impurezas) en tubitos que se tapan con algodón en rama y se guardan en el frigorífico hasta el momento de su utilización. Es recomendable, para la polinización digital, el uso de tubitos de unos 12-15 mm de diámetro.

Cuando se recoja polen de variedades diferentes se tendrá muy en cuenta no mezclarlos y limpiar cada vez los instrumentos usados con un trapo o algodón húmedos de alcohol.

El polen se puede obtener en estado prácticamente puro frotando las anteras ya secas sobre un tamiz muy fino, pero este paso laborioso no es necesario para los estudios generales.

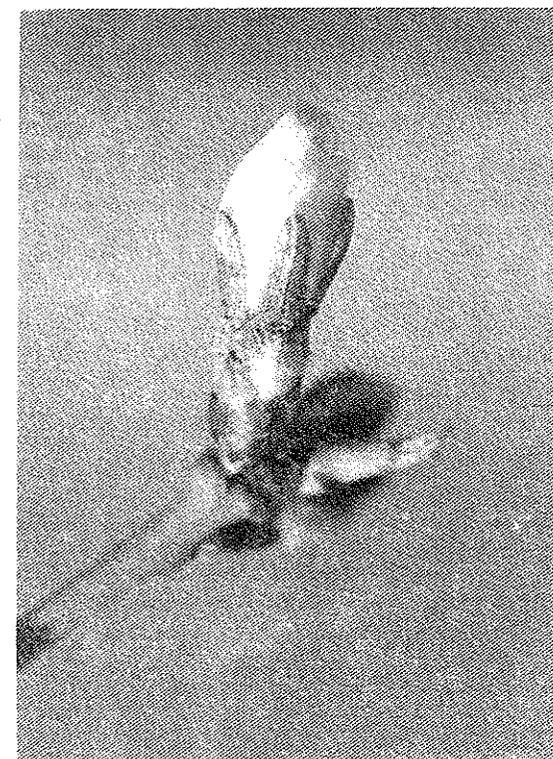
El polen conserva su viabilidad durante mucho tiempo si se guarda en un frigorífico, incluso varios años a la temperatura de -18°C (GRIGGS *et al.*, 1953), lo que tiene importancia para polinizar una variedad de floración temprana con polen de otra de floración tardía, guardando el polen de un año para otro.

Emasculación

Para asegurarse que la polinización se realiza con el polen deseado se deben evitar las posibilidades de llegada de otras clases de polen al estigma de las flores. La primera posibilidad es la del propio polen, por lo cual se deben eliminar las anteras, parte masculina de la flor, proceso llamado emasculación o castración.

Este proceso no es a veces estrictamente necesario en el almendro, a causa de su autoincompatibilidad, pero sí recomendable en los estudios detallados, ya que también en el almendro hay formas autocompatibles, como ya se ha indicado.

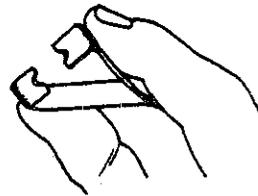
Las flores han de emascularse antes de que haya la posibilidad de cualquier polinización, ya sea por la visita de un insecto polinizador o por la eclosión del polen de las anteras de la misma flor. Para ello se recomienda llevar a cabo la emasculación en el mismo estado fenológico que para la recogida de polen, el D, con las flores todavía cerradas, así como las anteras, pero con el estigma casi ya capaz de recibir el polen.



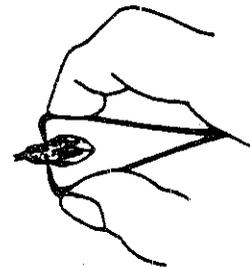
Existen varios métodos de emasculación. El menos dañino para la flor, pero también el más lento, es el de la separación de las anteras mediante unas pinzas, teniendo cuidado de no dañar el estigma. Un método más rápido y eficiente, que tampoco causa daños excesivos a la flor, es el de cortar el receptáculo floral hacia su mitad, con lo cual se elimina la parte superior de la copa del cáliz, y con ella los sépalos, los pétalos y los estambres que se insertan en su parte superior.

Hay personas con la suficiente práctica como para realizar este corte mediante sus uñas, pero existen pinzas especiales que facilitan este trabajo, llegándose a una velocidad bastante considerable (JONES y THOMPSON, 1955). Como muestra presentamos un dibujo de las pinzas que usamos en nuestro departamento.

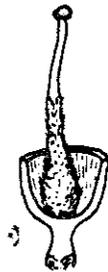
EMASCULACION DE FLORES



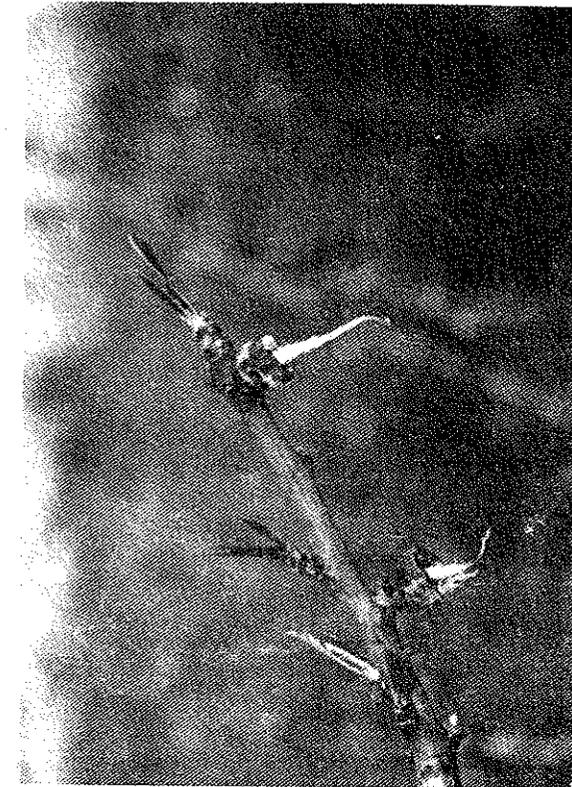
PINZAS UTILIZADAS



POSICION DE LAS PINZAS SOBRE LA FLOR



SECCION DE UNA FLOR EMASCULADA



Cuando se emascula más de una variedad, aunque las posibilidades de contaminación sean bajas, es conveniente lavar las pinzas y las manos con alcohol.

Polinización

Ya se ha indicado que al realizar la emasculación los estigmas se encuentran en un estado cercano al de receptividad. Su superficie está suficientemente húmeda por lo que una polinización inmediatamente después de la emasculación puede ser efectiva. Sin embargo, es conveniente esperar a que los estigmas maduren completamente, por lo que es aconsejable llevar a cabo la polinización al día siguiente de la emasculación. Es técnica corriente emasculación una tarde y polinizar a la mañana siguiente.

La polinización puede realizarse de varias formas (KESTER y ASAY, 1975), como puede ser con un pincel, que se ha impregnado de polen por inclusión del mismo en el tubo de polen, o con una varilla de vidrio, impregnada de la misma manera. Sin embargo, un método muy rápido y efectivo es el de usar el dedo. Para ello se sujeta el tubo destapado entre el pulgar y el índice, agitándolo varias veces. Con ello la yema del

índice queda recubierta de polen, y se roza ligeramente sobre los estigmas, que con ello quedan cubiertos de una cantidad suficiente. Cuando la cantidad de polen sobre la yema disminuye, se repite la agitación del tubito y la yema del dedo vuelve a recubrirse de polen.

La polinización puede llevarse a cabo tanto en el campo como para estudios de laboratorio, por lo que describimos las técnicas en cada caso.

Ensayos de campo

En este caso la emasculación y la polinización se realizan sobre ramas de árboles en el campo. Para ello se elige una rama o varias, según el número de flores a polinizar, teniendo en cuenta que durante la emasculación se van a dañar algunas flores, especialmente mientras no se tenga excesiva práctica, y se eliminan todas las flores abiertas, por poco que se hayan separado los pétalos en estado E o más avanzados.

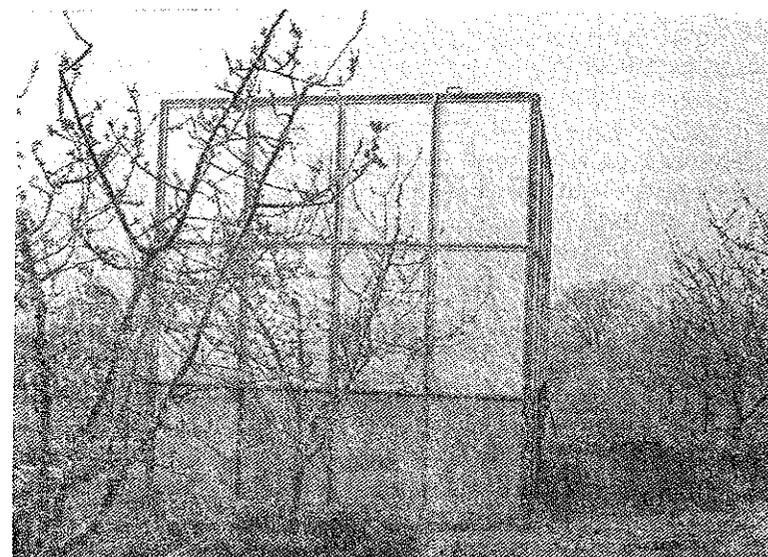
Al mismo tiempo que se lleva a cabo la emasculación de las flores en estado D, o antes, se eliminan todas las yemas que todavía no hayan alcanzado este estado, como las que se encuentran en estado C o anterior. Luego se realiza la polinización tal como se ha indicado.



En algunos casos se cubren las ramas mediante tipos especiales de papel o con un tejido de gasa para evitar cualquier contaminación con polen de otra clase, pero los insectos polinizadores no son atraídos por estas flores emasculadas carentes de periantio, y en general los peligros de contaminación son tan bajos que se consideran despreciables y las flores emasculadas no se protegen de ninguna manera (KESTER, comunicación personal).

En algunos casos, debido a peligros de heladas, la protección de las flores puede tener una doble finalidad, al evitar cualquier contaminación y al mismo tiempo crear en su interior un microclima especial que proteja las flores de las heladas aunque esta protección es muy reducida (LARSEN *et al.*, 1960).

En el caso de realizar muchas polinizaciones sobre una misma variedad puede ser conveniente aislar completamente un árbol mediante una cabina, con paredes de marcos de tela que no deje pasar los insectos polinizadores, y una puerta practicable para entrar a realizar la emasculación y la polinización, teniendo cuidado al entrar y salir que no penetre ningún insecto.



Para estudios de autocompatibilidad se puede cubrir una rama con una tela, agitando varias veces, en días diferentes, la rama para ayudar a la autopolinización de las flores. Sin embargo, parece que la efectividad de este método es reducida.

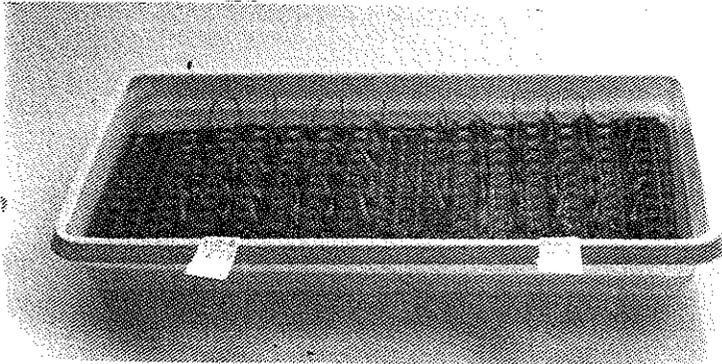
Mientras se polinizan las flores es recomendable llevar la cuenta, y al final se apunta en una etiqueta el número de flores polinizadas con el fin de calcular posteriormente los porcentajes de frutos cuajados y de frutos maduros. En el caso de una buena polinización el estigma y la parte superior del estilo se vuelven prematuramente pardos, incluso antes de la caída de pétalos.

A los 30–40 días se puede hacer el recuento de frutos para el cálculo del porcentaje de cuajado. Los frutos maduros pueden contarse en verano, aunque su maduración no sea total.

Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio van dedicados a un estudio más profundo del proceso de la polinización y requieren unas técnicas más delicadas que incluyen la observación microscópica de los pistilos para asegurarse del crecimiento de los tubos polínicos hasta el ovario para que tenga lugar la fecundación del óvulo.

Para ello se realizan los mismos procesos de emasculación y polinización con flores sobre ramas cortadas y llevadas al laboratorio, o sobre flores individuales que se colocan con el pedúnculo en agua a través de unas mallas en bandejas, con el fin de que no se dessequen. Para observar la velocidad de crecimiento se recogen muestras a intervalos determinados de tiempo, pero para asegurarse simplemente de la compatibilidad o incompatibilidad de la polinización es suficiente con tomar muestras una sola vez, que puede ser al cabo de 4 días de la polinización.



Para el estudio microscópico de la polinización también se pueden tomar muestras de árboles en el campo, aunque en este caso las condiciones atmosféricas son aleatorias y en todo caso a causa de una temperatura menor, es necesario tomar las muestras al menos al cabo de 7 o más días después de la polinización.

Las muestras, que pueden consistir en el pistilo completo, o en algunos casos sólo del estilo y el estigma, se fijan mediante un fijador orgánico (JENSEN, 1962) y luego se observan al microscopio mediante la técnica del aplastamiento. En caso de disponer de un microscopio de luz fluorescente la tinción se hace con azul de anilina (KHO y BAER, 1968), y en caso de microscopio de luz normal, con lacmoide (SOCIAS, 1979).

Comprobación del cuajado natural

Sin necesidad de ninguna técnica especial se puede conseguir una idea de la situación de la polinización mediante unos simples conteos de flores y frutos en distintos momentos, aunque estos conteos deben realizarse con la máxima atención debido a la presencia de un gran número de yemas en el almendro y de la presencia, especialmente en algunas variedades, de dos flores en la misma yema floral.

Siguiendo las indicaciones de WILLIAMS (1970a) el primer conteo debe hacerse cuando las yemas están bien avanzadas pero antes de su apertura, al iniciarse el estado D. Si este conteo se hace demasiado pronto, las yemas pueden ser difícilmente diferenciables. Los conteos se facilitan mediante un contador automático normal y conviene contar sistemáticamente hacia arriba o hacia abajo sin dejar ninguna porción o brote lateral. Conviene repetir el conteo, preferentemente por otra persona, y repetirlo si no queda dentro de un margen del 10%. Si los dos números quedan dentro de un margen del 10%, se toma el promedio de ambos como número de yemas (A).

Más adelante se anota la fecha aproximada de la caída del 80% de los pétalos, y 21 días después se cuenta el número de frutitos sobre cada fragmento anteriormente contado para el número de yemas. Es recomendable contar 2 veces, de la misma manera con mucha atención ya que el conteo es más difícil a causa de la presencia de hojas entre los frutos. El correspondiente promedio será el número de frutitos (B).

En verano (julio–agosto) se hace el tercer conteo de frutos presentes en la rama de la misma manera, con un promedio de C.

Así el porcentaje de cuajado inicial será de $\frac{B}{A} \times 100$, y el cuajado final de $\frac{C}{A} \times 100$.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA C R. Marques de, 1945. Acêrca da improdutividade na amendoeira. *An Inst. Agron. Lisboa*, 15, 1–186.

- ALMEIDA C.R. Marques de, 1949. Ainda acerca da improdutividade na amendoeira. *An. Inst. Agron. Lisboa*, **16**, 51-71.
- BARRETT H.C., ARISUMI T., 1952. Methods of pollen collection, emasculation, and pollination in fruit breeding. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **59**, 259-262.
- CAMBRA M., 1954. Polinizaciones en almendro "Desmayo". *An. Estac. Exp. Aula Dei*, **3** (2), 229-232.
- CERDA D., 1973. Economía antigua de Mallorca. En: MASCARO PASARIUS, J. (Ed.) *Historia de Mallorca*, vol. 1, 417-448, Ed. Mascaró Pasarius, Palma de Mallorca.
- ESTACION EXPERIMENTAL AGRICOLA DE PALMA DE MALLORCA, 1958-1967. *Estudio de las variedades de almendro en Baleares*. Memorias anuales mecanografiadas.
- ESTELRICH P., 1907. *El almendro y su cultivo en el mediodía de España e Islas Baleares*, 202 p., Hijos de J. Cuesta, Madrid. Antonio López, Barcelona.
- FELIPE A., 1976a. Productividad y épocas de floración en almendros. *Inf. Técn. Econ. Agrar.*, **7** (23), 47-54.
- FELIPE A., 1976b. *La producción de almendra en España*, 42 p., Caja de Pensiones para la Vejez y de Ahorros, Barcelona. Publicaciones de la Obra Social Agrícola, nº 84.
- FELIPE A., 1977. Almendro. Estados fenológicos. *Inf. Técn. Econ. Agrar.*, **8** (27), 8-9.
- FREE J.B., 1970. *Insect pollination of crops*, XI + 544 p., Academic Press, London.
- GAGNARD J.M., 1954. Recherches sur les caractères systematiques et sur les phénomènes de stérilité chez les variétés d'amandiers cultivées en Algérie. *Ann. Inst. Agron. Serv. Rech. Exp. Agric. Algérie*, **8** (2), X + 163 p.
- GERRITSEN C.J., 1956. Improvement of the cherry varieties used in the Netherlands. *Euphytica*, **5** (2), 101-116.
- GRASSELLY C., 1972. *L'amandier; caractères morphologiques et physiologiques des variétés, modalité de leurs transmissions chez les hybrides de première generation*. Tesis doctoral, Univ. Bordeaux, 156 p.
- GRASSELLY C., 1975. Croisements réalisés en France. Anexe II. 2^o Colloque du GREMPA, Montpellier-Nîmes, septembre 1975.
- GRASSELLY C., 1976. Orígene et évolution de l'amandier. *Options Méditerr.*, **32**, 44-49.

- GRASSELLY C., OLIVIER G., 1976. Mise en évidence de quelques types autocompatibles parmi les cultivars d'amandier (*P. amygdalus* Batsch) de la population des Pouilles. *Ann. Amélior. Plant.*, **26** (1), 107-113.
- GRIGGS W.H., IWAKIRI B.T., 1964. Timing is critical for effective cross-pollination of almond flowers. *Calif. Agric.*, **18** (1), 6-7.
- GRIGGS W.H., IWAKIRI B.T., 1975. Pollen tube growth in almond flowers. *Calif. Agric.*, **29**, (7), 4-7.
- GRIGGS W.H., VANSSELL G.H., IWAKIRI B.T., 1953. The storage of hand-collected and bee-collected pollen in a home freezer. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **62**, 304-305.
- HERRERO M., AYALA J.M., 1975. Ensayos de polinización suplementaria en almendros en la zona Arnedo-Alfaro. *Inf. Técn. Econ. Agrar.*, **6** (20), 27-29.
- HERRERO M., CAMBRA M., FELIPE A.J., 1977. Interpolinización de variedades de almendro. *An. Inst. Nac. Invest. Agrar., Ser. Prod. Veg.*, **7**, 99-103.
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE DE TUNISIE, 1972. *Variétés fruitières et cépages à planter en Tunisie*, 69 p., Documm. Techn., **60**.
- JENSEN W.A., 1962. *Botanical histochemistry*, VII + 408 p., Freeman, San Francisco.
- JONES R.W., THOMPSON L.A., 1955. Instruments for emasculating flowers of stone fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **65**, 279-282.
- KESTER D.E., 1966. A review of almond varieties. *Calif. Agric. Ext. Serv.*, AXT-215, 14 p.
- KESTER D.E., ASAY R., 1975. Almonds. En: JANICK J., MOORE J.N. (Ed.) *Advances in fruit breeding*, 387-419, Purdue Univ. Press, West Lafayette, Indiana.
- KESTER D.E., GRIGGS W.H., 1959a. Fruit setting in the almond: the effect of cross-pollinating various percentages of flowers. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **74**, 206-213.
- KESTER D.E., GRIGGS W.H., 1959b. Fruit setting in the almond: the pattern of flower and fruit drop. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **74**, 214-219.
- KHO Y.O., BAER J., 1968. Observing pollen tubes by means of fluorescence. *Euphytica*, **17** (2), 298-302.
- KOVALYOV N.V., KOSTINA K.F., 1935. (Una contribución al estudio del género *Prunus* Focke. Cuestiones de taxonomía y mejora genética). *Tr. prikl. Bot. Genet. Selek., Ser. 8*, **4**, 1-76.

- LARSEN F.E., JOHNSTON S., MOULTON J.E., 1960. Fruit set of emasculated and hand-pollinated peach and apricot blossoms in different micro-environments. *Quart. Rev. Mich. Agric. Exp. Sta.*, **43** (1), 43-57.
- MASHKIN S.I., 1960. (Estudio de la viabilidad del polen y el estigma de flores desarrolladas sobre ramas cortadas). *Bot. Zh.*, **45** (4), 547-551.
- MEITH C., MICKE W.C., RIZZI A.D., 1974. Almond production. *Univ. Calif. Coop. Ext.*, AXT-29, 20 p.
- POPOV M.G., KOSTINA K.F., POYARKOVA A.I., 1929. (Arboles y arbustos frutales silvestres en Asia Central). *Tr. prikl. Bot. Genet. Selek.*, **22** (3), 241-483.
- RIKHTER A.A., 1953. (Polinización cruzada de cultivares e híbridos de almendro y aumento de su productividad). *Tr. Gos. Nikit. Bot. Sad*, **25** (4), 101-109.
- RIKHTER A.A., 1972. (*Bases biológicas para la creación de cultivares y plantaciones comerciales de almendro*), 47 p., Ed. AN SSSR, Glavnyj Bot. Sad, Moscou.
- RYABOV I.N., 1930. (Los problemas de polinización y fecundación en los frutales. I. Revisión de la bibliografía rusa y extranjera). *Zap. Gos. Nikit. Bot. Sad*, **14** (1), 1-259.
- SALA R., 1941. Sobre la polinización del almendro Desmayo. *An. Esc. Perit. Agric. Super. Agric.*, **1** (1/2), 43-56.
- SALOM J., 1922. Un factor primordial en la producción de l'ametller. La fecundación. *Publ. Divulg. Serv. Técn. Agric.*, Barcelona, 10 p.
- SOCIAS R., 1974. *Effect of temperature and genotype on pollen tube growth of some self-compatible almond selections derived from peach (Prunus persica L.) x almond (P. amygdalus Batsch) hybridization*. Tesis M. Sc., Univ. California, Davis, VII + 70 p.
- SOCIAS R., 1976. La autocompatibilidad en la mejora del almendro. *I Congreso Internacional de Almendra y Avellana*, Reus, 25-28 octubre 1976, 513-522.
- SOCIAS R., 1977. La autoincompatibilidad en el almendro. *Inf. Técn. Econ. Agrar.*, **8** (26), 41-47.
- SOCIAS R., 1979. Aportación a las técnicas de observación de tubos polínicos. Caso del almendro. *An. Inst. Nac. Invest. Agrar., Ser. Prod. Veg.*, **9** (en prensa).
- TKACHENKO G.V., NOVITSKAYA N.A., 1973. (Efecto de la temperatura sobre la viabilidad del polen de los frutales) *Sadovot. Vinograd. Vinodel. Mold.*, **28** (1), 51-52.
- TUFTS W.P., 1919. Almond pollination. *Calif. Agric. Sta. Bull.*, **306**, 32 p.
- TUFTS W.P., PHILP G.L., 1922. Almond pollination. *Calif. Agric. Sta. Bull.*, **346**, 35 p.
- VALLES M., 1902. *El almendro*, 160 p., Lib. Francisco Puig, Barcelona.
- VARGAS F.J., ROMERO M., 1976. Androesterilidad en la variedad de almendro "Rof". *I Congreso Internacional de Almendra y Avellana*, Reus, 25-28 octubre 1976, 523-525.
- WILLIAMS R.R., 1970a. Techniques used in fruit-set experiments. En: WILLIAMS R.R., WILSON D., *Towards regulated cropping*, 57-61, Grower Books, London.
- WILLIAMS R.R., 1970b. Factors affecting pollination in fruit trees. En: LUCKWILL L.C., CUTTING C.V. (Ed) *Physiology of tree crops*, 193-207, Academic Press, London.
- WILLIAMS R.R., 1973. Pollination in the seventies. *Scient. Hort.*, **24**, 41-47.
- ZIMMERMANN A., 1928. Die Kultur des Mandelbäume. I. Die Massnahmen zur Sicherung der Befruchtung. *Tropenpflanzer*, **31** (12), 467-475.

