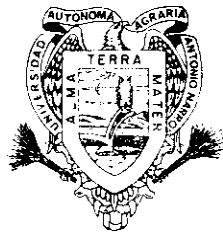


Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"
División de Agronomía
Departamento de Horticultura



Polinización Artificial en Pistacho (Pistacia vera L.)
y su Efecto en el Desarrollo del Fruto

Por:

Jesús Martín Dorantes Miranda

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo
en la Especialidad de Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 1986

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**POLINIZACION ARTIFICIAL EN PISTACHO (Pistacia vera L.)
Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DEL FRUTO**

Por

JESUS MARTIN DORANTES MIRANDA

T E S I S

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

Aprobada

El Presidente del Jurado


Dr. Marco Antonio Bustamante García

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
El Coordinador de la División de Agronomía


Ing. Adolfo Ortega Pérez



División de Agronomía
Buenavista, Saltillo, Coahuila., México
Coordinación.
Mayo de 1986



FRUTOS DE PISTACHO COSECHADOS EN SAN PEDRO
DE LAS COLONIAS, COAHUILA EN EL AÑO DE
1984.

RESUMEN

El pistacho (Pistacia vera L.) es un fruto que presenta varios problemas y uno de ellos es la falta de coincidencia en la floración entre los cultivares estaminados y pistilados. Ya que una alternativa de solución a este problema es la del polinizar artificialmente a los cultivares pistilados con polen almacenado de los cultivares estaminados, los objetivos de este trabajo de investigación fueron: 1) Establecer el tiempo máximo en que el polen se puede almacenar sin que pierda su viabilidad; 2) Determinar el tamaño o estado de desarrollo que deberá tener la flor femenina al momento de la polinización; y 3) Determinar como se vería afectada la calidad y cantidad del fruto por dicha polinización artificial.

El polen de los cultivares "Peters" y "Chico" fue almacenado por diferentes períodos de tiempo (de 0-25 días) a 0°C, observándose que en pruebas de germinación, la capacidad germinativa de este disminuyó de 20% (cero días de almacenamiento) a cerca de 1% (25 días de almacenamiento). Los cultivares "Aegina" y "Kerman" fueron polinizados artificialmente en tres estadios florales o cuando sus inflorescencias pistiladas tenían una longitud de 1.5-2 cm (estadio temprano), 2-4 cm (estadio intermedio) y 4-5 cm (estadio avanzado).

(estado tardío); utilizando para ello polen fresco o de cero días de almacenamiento de los cultivares "Chico" y "Peters", respectivamente.

Se encontró que el mejor estado de desarrollo de la inflorescencia femenina para llevar a cabo la polinización artificial fue el estado "intermedio" para los 2 cultivares pistilados evaluados, ya que en estos se obtuvo el mayor porcentaje de frutos llenos por racimo. El cultivar "Kerman" (inflorescencias de estado intermedio) también se polinizó con polen del cultivar "Chico" almacenado durante 15 días, encontrándose que la producción de frutos llenos y dehiscentes por racimo fue muy semejante a la obtenida cuando éste se polinizó con polen fresco del cultivar "Peters". Después de las polinizaciones artificiales, los frutos o nueces del pistacho se desarrollaron normalmente o de acuerdo a lo reportado por otros investigadores bajo condiciones naturales. Los resultados obtenidos en este estudio indican que es factible implementar una técnica de polinización artificial en el pistacho.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Marco A. Bustamante•García y Dr. Angel Lagarda Murrieta, un especial testimonio de agradecimiento por la gran ayuda tanto en la dirección como en la revisión de este trabajo.

Al Ing. M.C. Jesús Yañez Reyes le hago extensivo mi agradecimiento por su colaboración y revisión de la tesis que se sustenta.

En una forma muy especial al Ing. Ernesto Ocaranza Fernández, deseándole un gran éxito en su lucha contra el desierto.

A mis compañeros de la Segunda Sección de Horticultura, Generación LX.

A todos mis Maestros que me brindaron sus conocimientos para realizar este trabajo.

A todas aquellas personas que de alguna manera participaron en la realización del presente trabajo y a las que involuntariamente he omitido.

A todas las personas que directa e indirectamente han colaborado en mi formación profesional.

A la Srita. Myrna J. Ayala Ortega por su eficiente trabajo mecanográfico.

DEDICATORIA

A mis Padres

Jesús Dorantes Gómez

Alicia Miranda de Dorantes

Como tributo por su incansable afán de poner siempre el mejor ejemplo y por la difícil misión que les ha tocado vivir para la educación de sus hijos.

A mi Abuelita

Esther Dorantes Gómez

Mi gran patrona que siempre tendré presente y nunca la olvidaré.

A mis Hermanos

Martín Jesús, Esther Alicia, Ma. de Lourdes
y Luis Lauro

A mis Hermanos políticos

A mis sobrinos

A todos mis familiares y amigos.

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Corte longitudinal de una flor pistilada de pistacho, mostrando la trayectoria de crecimiento del tubo polínico.	20
2	Inflorescencias pistiladas de pistacho (cv. Kerman) en los tres estadios de desarrollo al que fueron polinizados artificialmente.	38
3	Crecimiento fenológico de 4 cvs. de <u>Pistacia vera</u> , L. en San Pedro de las Colonias, Coah. 1984.	42
4	Nueces de dos cultivares de pistacho.	44
5	Efecto de almacenamiento a 0°C en la germinación del polen de pistacho cv. Peters.	46
6	Efecto del almacenamiento a 0°C en la germinación del polen de pistacho cv. "Chico".	47
7	Efecto de la polinización artificial y el estadio de desarrollo de la inflorescencia pistilada en el porcentaje de frutos llenos por racimo del pistacho cvs. Aegina y Kerman.	52
8	Efecto de la polinización artificial y el estadio de desarrollo de la inflorescencia pistilada en el porcentaje de frutos llenos dehiscentes por racimo de pistacho cvs. Aegina y Kerma.	53
9	Efecto de la polinización artificial y el estadio de desarrollo de la inflorescencia pistilada en el porcentaje de frutos llenos indehiscentes por racimo del pistacho cvs. Aegina y Kerman.	54

Figura No.		Página
10	Polinización artificial en el pistacho cv. Kerman (estado floral intermedio) con polen del cv. Chico almacenado por 15 días a 0°C, y su efecto en el porcentaje de nueces llenas, vanas, dehiscentes e indehiscentes por racimo.	55
11	Desarrollo de frutos del pistacho (cv. Aegina) producidos en racimos polinizados en diferentes fechas.	56

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.		
1	Períodos de floración de los cultivares de pistacho "Chico" y "Peters" (estaminados) y "Aegina" y "Kerman" (pistilados), en San Pedro de las Colonias, Coah., en el año de 1984.	43
2	Períodos de fructificación del pistacho (cultivares "Aegina" y "Kerman"), en San Pedro de las Colonias, Coah., en el año de 1984.	43

INDICE

	Página
RESUMEN	i
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE CUADROS	v
I INTRODUCCION	1
II REVISION DE LITERATURA	3
A. Origen e historia	3
B. Descripción botánica	5
C. Formación de las yemas florales	7
1. Desarrollo de la yema estaminada	7
2. Desarrollo de la yema pistilada	9
D. Biología floral y fructificación en <u>Pistacia vera</u> L.	11
E. Polinización natural y artificial	13
F. Polen del pistacho y requerimientos para germinar	17
1. Trayectoria del tubo polínico y fecundación	18
2. Longevidad del polen	21
G. Desarrollo y crecimiento del fruto	22
1. Factores asociados con la dehiscencia del endocarpio	24
2. Xenia y metaxenia	26
3. Producción de nueces vanas	28
III MATERIALES Y METODOS	31
A. Localización	31

	Página
B. Desarrollo fenológico	32
1. Brotación	32
2. Floración femenina	32
3. Floración masculina	33
4. Fructificación	33
C. Colección del polen	33
D. Almacenamiento del polen	34
E. Germinación del polen	34
F. Polinización artificial	35
G. Desarrollo de frutos	37
IV RESULTADOS	39
A. Desarrollo fenológico	39
1. Brotación de cultivares estaminados y pistilados	39
2. Traslape de floración	40
3. Fructificación	41
B. Germinación del polen	45
C. Polinización artificial	48
D. Desarrollo del fruto	50
V DISCUSION	57
A. Desarrollo fenológico	57
1. Brotación de cultivares estaminados y pistilados	57
2. Traslape de floración	59
3. Fructificación	60
B. Germinación del polen	61
C. Polinización artificial	63
D. Desarrollo del fruto	66
VI CONCLUSIONES	68
VII LITERATURA CITADA	70
APENDICES	77

I INTRODUCCION

La explotación de las especies frutícolas se ha ido incrementando en el país y en el mundo en general. Esto es debido a que es una actividad de alta reedituabilidad, generadora de empleo y asentamiento en el medio rural y generadora de divisas.

El pistacho (Pistacia vera, L.) es un frutal originario de regiones áridas y semiáridas del Asia Menor (Ayfer, 1967), con pocas exigencias en cuanto a calidad de suelo y agua. Es un fruto seco y por consecuencia, la cosecha, el almacenaje y el transporte se facilitan bastante. Esto es muy importante, ya que lo hace ser un cultivo con grandes posibilidades de establecerse y prosperar en algunas zonas desérticas del país, con lo cual las grandes superficies que tenemos pudieran convertirse en nuevas fuentes de riqueza nacional.

El pistacho es un frutal dióico o sea que produce flores femeninas y masculinas en árboles diferentes (Jolly, 1979). Los huertos comerciales de pistacho, por lo tanto, generalmente cuentan con un árbol macho por 8 a 10 árboles hembras, lo que asegura que halla una buena polinización y cuajado de frutos. Sin embargo, en algunos años, las -

flores estaminadas maduran antes que las flores pistiladas, lo que origina que la producción se vea mermada considerablemente por el pobre amarre de fruto (Crane e Iwakiri, 1981a). Ya que una posible solución a lo anterior es la de polinizar manualmente a la flor femenina con pólen colectado el mismo año, los objetivos de este trabajo fueron los siguientes:

- 1) Establecer el tiempo máximo en que el pólen se puede almacenar sin que pierda su viabilidad.
- 2) Determinar el tamaño o estado de desarrollo que deberá tener la flor femenina al momento de la polinización.
- 3) Determinar como se vería afectada la calidad y cantidad del fruto por dicha polinización artificial.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Origen e historia

El origen de P. vera L. estaba un tanto en duda hasta el inicio de este siglo. En un principio botánicos como Linneo, Candolle, Boissier y Engler no conocían la existencia de P. vera L. en forma silvestre; o bien, Siria y Mesopotamia eran considerados como su habitat natural (Ayfer, 1967). Los botánicos rusos Popov, Morozo, Tsherinia Kovskaya y otros, descubrieron que P. vera se desarrollaba en su forma silvestre en Asia Central (Zohary, 1952). Según la literatura el área natural de P. vera se extiende desde Irán (Antigua Persia), Afganistán y los países de la Unión de República Soviética de Kirguztán, Tadshijistán y Uzbekistán (Aguirre, 1972).

Según Vaivilov, mencionado por Ayfer (1967), P. vera L. tiene dos centros de origen:

1. La región Centro asiática que comprende el Noroeste de la India, la totalidad de Afganistán, Todshikistán y Uzbekistán.
2. La región del Cercano Oriente que cubre el Medio Oriente y comprende el interior del Asia Menor, la región del caucaso, Irán y las regiones monta

Es probable que las primeras plantaciones comerciales en Turkía, Irán, Afganistán y otros países cercanos a las regiones pistacheras silvestres se originaron a partir de la selección de nueces de los mejores árboles silvestres (Ayfer, 1967).

El árbol del pistacho es muy antiguo y tiene un cúmulo de leyendas, admitiéndose que en los tiempos del patriarca bíblico Job, 1800 años antes de Cristo, ya eran conocidas con el nombre de "nueces de Job". También es necesario añadir la narración sobre la famosa Reina de Saba, la cual durante su reinado sobre la Siria, ordenó que los preciados frutos fueran considerados como manjar exclusivo para su deleite y el de sus invitados (Whitehouse, 1957). El árbol fue introducido a Europa Mediterránea aproximadamente en el comienzo de la era Cristiana.

Los frutos del pistacho fueron introducidos al mercado de los Estados Unidos en 1880. Varios cultivares del área del mediterráneo fueron introducidos a California por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, comenzando en el año de 1904 y evaluados en la Estación de Introducción de Plantas de Chico, California, como un cultivo potencialmente nuevo (Crane e Iwakiri, 1981a).

Según Velázquez (1983), el pistacho fue introducido en México alrededor de 1970.

B. Descripción botánica

El pistacho es un miembro de la familia Anacardaceas dentro de la cual se encuentran especies de árboles y arbustos muy conocidos como el zumaque, el mango y el anacardo. El número somático de P. vera L. es igual a 30 y pueden ser árboles o arbustos (Westwood, 1978). Es un árbol muy similar al higo en su hábito de crecimiento, en sus hojas caducas y en sus ramas corpulentas (Maggs, 1982).

La última monografía acerca del género Pistacia fue hecha por Zohary (1952), quien reconoció once especies basándose en las características de la hoja principalmente; además, propuso que los caracteres florales entre las especies son demasiado simplificadas y uniformes como para tomarse con propósitos de diagnóstico.

Crane e Iwakiri (1980) mencionan que la hibridación ocurre fácilmente entre las especies de Pistacia, haciendo esto que se puedan detectar características de la hoja no confiables para una identificación totalmente correcta. Esto dió lugar a que Grundwag y Werker (1976) mencionados por Crane e Iwakiri (1980) intentaron caracterizar las especies de Pistacia de acuerdo a la anatomía de su madera.

Zohary (1952) reportó un número diploide de cromosomas de 24 para P. lentiscus L., 28 para P. atlántica y 30 para P. vera L. Sin embargo, Jones, citado por Crane e Iwakiri (1981a), reportó que P. vera L. tiene un número

cromosómico diploide igual a 32. Muchas de las especies cuando se usaron como portainjertos para P. vera L. demostraron ser compatibles (Crane e Iwakiri, 1981a).

Las plantas de P. vera L. inmediatamente después de la germinación desarrollan una raíz larga, la cual es capaz de alcanzar el fondo de un recipiente de 40 cm en dos meses (Maggs, 1982).

Los árboles establecidos tienen un sistema radicular amplio, el cual profundiza en el subsuelo; tales raíces profundas contribuyen a la alta resistencia de la especie a la sequía, pero ésta no puede sobrevivir prolongadas etapas con exceso de agua y con la consecuente carencia de aereación (Maggs, 1982).

Las hojas de la P. vera L. son alternas de color verde grisáceo y brillantes, con las venas a menudo rojizas y ligeramente levantadas sobre ambos lados de la superficie de la hoja. Estas consisten de 1 a 7 foliolos, siendo el terminal de un tamaño dos veces mayor que cualquier otro (Maggs, 1982).

Durante la etapa juvenil del crecimiento cuenta con hojas simples, observándose también este fenómeno en los árboles adultos que no completan las horas frío necesarias durante el período de reposo (Crane y Takeda, 1979). Las yemas vegetativas son axilares sostenidas en cada nudo por

una hoja compuesta y generalmente una o dos yemas localizadas cerca de las puntas de las ramas permanecen vegetativas y éstas son más pequeñas que las yemas de inflorescencia, las cuales también se localizan axilarmente y se diferencian en primordios de inflorescencias estaminada o pistilada, dependiendo del sexo del árbol (Westwood, 1978). La yema de la punta del brote es siempre vegetativa, pero aquellas que están en las axilas de las hojas pueden ser florales, vegetativas, pero nunca ambas (Maggs, 1982).

El fruto producido por el pistacho, es una nuez semiseca (Crane e Iwakiri, 1981a), tiene la misma estructura que otras frutas drupáceas, tales como el almendro, el chabacano, la cereza y el durazno. La cáscara del pistacho se diferencia de otras especies de Pistacia y también de otros frutos drupáceos, en que se abre parcialmente a lo largo de la sutura ventral y permite la fácil remoción de la almendra con los dedos (Crane, 1976).

C. Formación de las yemas florales

1. Desarrollo de la yema estaminada

El desarrollo de la inflorescencia en el pistacho es un proceso relativamente largo que toma alrededor de 12 meses desde la iniciación floral a la apertura de la flor (Takeda et al., 1977).

En Abril, el axis de aquellos primordios que se desarrollarán en yemas estaminadas se elonga y ramifica, mientras que el axis de cada primordio que formará una yema vegetativa no se elonga ni ramifica (Whitehouse, 1957). Mientras que las yemas estaminadas crecen rápidamente en tamaño, todos los ápices dentro de ellas, tienen una forma redonda y la túnica (capa o capas más externas de un meristema apical) de cada uno es triseriada o tetraseriada. Para mediados de Mayo se presentan los primeros signos visibles de la diferenciación floral estaminada. Todos los ápices se hacen menos redondos y la túnica se hace otra vez uniseriada. Cada estambre se origina por divisiones periclinales en las células exteriores del ápice. Usualmente cinco estambres son formados en cada ápice.

En Junio los estambres han completado su máximo desarrollo y diferenciación y es en este estadio de desarrollo en que las yemas estaminadas pasan el resto del año (Ayfer, 1967; Takeda *et al.*, 1977). En la primavera siguiente ocurre crecimiento de las anteras y la formación de las microsporas y los microgametofitos (Ayfer, 1967).

La microsporogénesis del pistacho sigue la secuencia normal de desarrollo para las angiospermas.

A finales de Febrero, las yemas estaminadas inician su expansión, los estambres muestran un marcado aumento en el tamaño y la diferenciación interna. Durante Marzo, las

células parenquimatosas, epidérmicas y vasculares de las anteras se alargan y maduran y cada lóculo de la antera tendrá un tapetum (capa interna de la pared del saco polínico, cuyo contenido celular es utilizado por los granos de polen durante su desarrollo) (Fahn, 1974).

Las dos divisiones de la meiosis proceden rápidamente y un arreglo tetraédrico de los cuatro núcleos de la microspora se presentan previo a la citocinesis (división del citoplasma celular para formar cuatro células hijas) (Fahn, 1974). Durante la última parte de Marzo, las anteras todavía se están alargando, las microesporas se han separado y las células tapetales se degeneran. Varios días más tarde, las anteras maduran y la línea de dehiscencia longitudinal de cada lóculo es evidente.

2. Desarrollo de la yema pistilada

Cuando el nuevo crecimiento vegetativo empieza en Marzo, los primordios de las yemas axilares se alargan y desarrollan rápidamente. Cada primordio tiene un ápice redondeado con una túnica uniseriada. Para Abril el raquis de la yema floral se ha elongado y el primordio de alguno de los ápices laterales está formado. Esta iniciación del raquis y la subsecuente iniciación de ápices laterales, es la primera señal que nos indica el inicio del desarrollo de la inflorescencia o que el crecimiento reproductivo se ha iniciado (Takeda et al., 1977).

Durante Abril y Mayo todos los ápices dentro de las yemas florales tienen una apariencia redonda y la túnica es triseriada o tetraseriada, y durante la primera parte de Junio todos los ápices se ensanchan y la túnica se hace otra vez uniseriada. Una inflorescencia consta del crecimiento de muchos ápices, cada uno sostenido por una bráctea (Takeda et al., 1977).

A finales del otoño el primordio del ovario es iniciado. El joven ovario es un órgano abierto que se diferencia y crece sobre el centro del ápice. La parte alta del ápice no está directamente involucrada en la formación de la pared ovárica. La iniciación del ovario no es simultánea en todas las flores pero ocurre a través del período desde Octubre hasta Marzo. El desarrollo no va más allá del estadio de iniciación durante los meses de invierno. El mayor crecimiento del ovario ocurre durante la última parte de Febrero dentro de pistilos tricarpelados, uno funcional grande y dos pequeños estériles. Cada uno de los tres carpelos desarrollan un estilo y un estigma (Takeda et al., 1977).

El óvulo es considerado como anatropo, es decir, que el ápice de la nucela se dirige hacia la base del funículo y el cual es doblado (Fahn, 1977). La célula megaspora madre se distingue dos o tres semanas antes de la antesis. El desarrollo del megagametrofito sigue al tipo del

desarrollo monospórico ectanucleado (Whitehouse, 1957).

Durante el mes de Abril, las yemas abren y las flores son polinizadas por el viento (Takeda et al., 1977).

Whitehouse (1957) reporta que el número de flores individuales en una inflorescencia dada; está determinado por el número de pedicelos formados dentro de las yemas florales durante Abril o Mayo del año anterior a la floración.

D. Biología floral y fructificación en Pistacia vera L.

Las flores individuales de ambas inflorescencias (pistiladas o estaminadas) son apétalas o desnudas, desarrollándose en panículas laterales (Westwood, 1978; Whitehouse, 1957) y no hay órganos florales rudimentarios del otro sexo en ambas flores individuales (Whitehouse, 1957).

Las flores estaminadas con dos brácteas en la base y de uno o dos sépalos, cuentan con tres a cinco estambres con filamentos cortos que sostienen a las anteras y se unen al pedúnculo floral (Whitehouse, 1978). Cada antera tiene una estructura tetralobulada. Las flores macho son funcionales cuando las anteras rojas se abren para mostrar el polen amarillo claro (Maggs, 1982).

La inflorescencia pistilada consiste de un axis central elongado con ramas laterales que soportan muchas flores (Crane et al., 1984). Las flores individuales constan

de dos brácteas, de dos a cinco sépalos, ovario superior, subgloboso u ovoide, con un óvulo; el estilo es corto y dividido en tres partes (Westwood, 1978). El pistilo está compuesto de tres partes básicas: la porción basal u ovario, el estilo y el estigma, en el cual el polen es depositado (Takeda et al., 1977).

La fructificación en pistacho se presenta lateralmente en madera producida la temporada anterior (Woodroof, 1979), y las inflorescencias producidas lateralmente promedian de 100-300 flores por panícula.

Sin embargo, Crane e Iwakiri (1981a) mencionan que una inflorescencia femenina generalmente contiene de 100-150 flores individuales. Crane et al. (1978) encontró que en el cultivar "Kerman" se tuvo en el año de 1983 un promedio de 167 flores individuales por inflorescencia, de las cuales el 92% se ubicaban lateralmente y que el número promedio de frutos por pedicelos laterales aumentó progresivamente en los tres primeros pedicelos basales y entonces fueron progresivamente disminuyendo hasta el pedicelo lateral número 13. Aunque el 92% de las flores en la inflorescencia ocupaban una posición lateral, sólo un 5% de éstas produjeron fruto, en contraste con el 66% de producción de frutos en las flores individuales con una posición terminal. Este fenómeno es aparentemente una manifestación de la fuerte dominancia apical que caracteriza al pistacho, siendo el crecimiento de las flores...

producen una dominancia apical, en la cual el crecimiento de las flores laterales, aunque sean polinizadas es inhibido (Crane et al., 1984). Esto es similar al fenómeno de dominancia apical reportado en la inflorescencia de fresa según Janick y Eggert (1968).

E. Polinización natural y artificial

El pistacho es un árbol dióico y anemófilo, es decir, que en un mismo árbol no coexisten conjuntamente los dos sexos y es anemófilo porque el viento es el vehículo encargado de diseminar a los granos de polen (Aguirre, 1972).

Algunas anomalías florales en Pistacia han sido reportadas por Crane (1974), mencionando una aparente mutación somática en un árbol de P. atlántica femenino que dió origen a una rama con inflorescencias masculinas; además, un híbrido (P. vera x P. atlántica) al que se le encontró con inflorescencias masculinas y femeninas distribuidas al azar por todo el árbol. Igualmente, Takeda et al. (1979) observó un árbol macho, el cual produjo flores bisexuales, mencionando que los grados de feminidad en estas flores hermafroditas se clasificaban de muy rudimentarias a pistilos bien desarrollados. Dichas aberraciones florales se cree que resultan de mutaciones somáticas y/o combinaciones genéticas que ocurren durante la hibridación normal entre

las especies de Pistacia (P. vera, P. atlántica, P. terebinthus, etc.), como es mencionado por Crane e Iwakiri (1980). A medida que la inflorescencia del árbol pistilado se elonga y sale de la yema, las puntas terminales o apicales de las ramas laterales con flores, son expuestas a la polinización (Crane et al., 1984). Los estigmas producen una secreción pegajosa (líquido estigmático) que dá al estigma la apariencia brillante o lustrosa, la cual es evidencia de que está receptivo al polen (Robbins et al., 1974). El período receptivo de cada flor femenina de pistacho tiene una duración de cerca de 4 días.

El polen es proporcionado por los árboles estaminados los cuales se encuentran localizados estratégicamente entre los árboles pistilados (Crane et al., 1974). Estos mismos autores mencionan que el cultivar "Peters" es un buen polinizador del cultivar "Kerman", el cual es el único cultivar hembra explotado comercialmente en California.

Aguirre (1972) menciona que en Chico, California, en la Estación de Introducción de Plantas del Departamento de Agricultura Norteamericano han obtenido selecciones promisorias como "Chico número 23" y "Peters", particularmente para la polinización de los cultivares "Red Alepo" y "Trabonella". Este mismo autor menciona que en Grecia, han logrado bastantes éxitos con los polinizadores "Alpha precoz", "Beta intermedio" y "Gamma tardío", que cubren la etapa de

la floración femenina y que en Túnez utilizan para polinizar a los cultivares "El Guettar" y "El Mateur".

Consecuentemente, los polinizadores macho deben ser seleccionados para que desprendan el polen al tiempo que las flores femeninas estén receptivas (Ayfer, 1967; Whitehouse, 1957).

La relación de árboles estaminados y pistilados para una polinización adecuada varía de 1 - 2 hasta 1 - 20 respectivamente, según Whitehouse (1957). Ayfer (1967) mencionó que la proporción de un macho por ocho hembras es adecuada cuando el huerto ha sido establecido en una región no productora de pistacho, debido a que el viento no aporta polen de los huertos vecinos; en tanto que en un huerto establecido en una región productora, la proporción de un macho por 12 - 14 hembras es suficiente.

Crane (1974) menciona que las abejas colectan polen de las flores estaminadas pero que no son atraídas por las flores pistiladas, por lo tanto, no juegan un papel importante en la polinización.

Ayfer (1967), establece que un solo cultivar polinizador no es suficiente, sino que se deben establecer varios cultivares polinizadores, debido a que la floración femenina es un poco más larga que la del árbol macho y que ciertos machos florecen cada dos años de manera constante u ocasionalmente, aparte de que existe una diferencia marcada

entré los árboles machos en lo referente a las tasas de germinación del polen.

Whitehouse (1957) y Ayfer (1967) reportan que por lo general los árboles estaminados presentan una floración más temprana que la de los árboles pistilados, citando a esta condición como uno de los factores responsables del pobre amarre de fruto en plantaciones comerciales. Así pues, Wright (1977) menciona que este efecto puede ser el resultado de las condiciones ambientales, la naturaleza de la herencia de los cultivares o ambos. Consecuentemente, Crane e Iwakiri (1980), Crane et al. (1974) y Whitehouse (1957), sugieren que el polen producido tempranamente por los árboles polinizadores (no necesariamente de los que estén presentes en el huerto), sea colectado y almacenado para su uso posterior suplementando la polinización natural.

Crane e Iwakiri (1980) mencionan la posibilidad de desarrollar un procedimiento de polinización artificial completamente controlado en el cual el polen sería colectado, almacenado y aplicado con equipo de aspersion, con lo que se podría eliminar el uso de un espacio valioso en el huerto por los árboles estaminados que sirven solamente como fuentes de polen. Así, Spiegel-Roy et al. (1972), mencionan que esta práctica es indispensable para asegurar una buena producción de frutos.

F. Polen del pistacho y requerimientos para germinar

Un gametofito masculino maduro (polen maduro) consiste en tres células que provienen de dos divisiones mitóticas que ocurren en el grano de polen. De la primera división resultan dos células: la vegetativa y la generativa, siendo esta última la que sufre una segunda división mitótica para formar dos núcleos gaméticos (gametos masculinos) (Fahn, 1984).

Leopold y Kriedemann (1975) distinguen dos tipos morfológicos de polen en angiospermas. Un tipo binucleado con requerimientos relativamente simples para germinar y un tipo trinucleado con aparentemente mucho más complicados requerimientos de germinación del cual poco se conoce sobre su fisiología.

El polen trinucleado presenta la última división mitótica antes de que el polen es liberado por las anteras.

El polen binucleado presenta la segunda mitosis varias horas después de la germinación del grano de polen, cuando éste ya ha llegado al estigma. En el pistacho según Stones et al. (1943), esto ocurre después de 17 horas de haber germinado el grano de polen, dando lugar a los dos núcleos gaméticos dentro del tubo polínico.

Los requerimientos nutritivos para la germinación del tipo de polen binucleado son simples según Brink -

mencionado por Leopold y Kriedeman (1975). Estos pueden ser germinados rápidamente en agar o en agua con suplementaciones altas de azúcar (5 a 30 por ciento). Los suplementos de azúcar sirven como sustrato nutritivo para el metabolismo de la célula y para mantener el equilibrio osmótico en el tubo polínico, sin el cual las células se hinchan y se revientan.

Crane et al. (1974) realizó estudios para determinar la óptima concentración de azúcar que deberá tener el medio con agar, encontrando que un 10% de azúcar de caña y 1% de agar resultó en la máxima germinación del polen del pistacho. Aleksandrovski (1978) reportó que el mejor medio para germinarlo contenía 20% de azúcar más 2% de gelatina. Igualmente, Wright (1972), reportó que ocho diferentes tipos de granos de polen de pistacho germinaron mejor en un medio con 1% de agar y 20% de sucrosa.

1. Trayectoria del tubo polínico y fecundación

La fecundación como tal es precedida por la polinización, es decir, por el transporte del polen desde la antera hasta el estigma, donde éste germina. Durante la germinación, la intina sale a través de un poro en la exina, y la intina se dilata formando el tubo polínico (Maximov, 1946).

En el pistacho, el tubo polínico que lleva en su interior los dos gametos masculinos, crece a través del estilo corto, llega al lóculo (cavidad en el ovario) y entra al funículo del óvulo. En el funículo, el tubo polínico sigue el tejido vascular hacia la chalaza (porción del rudimento seminal en que la nucela y los integumentos se unen con el funículo). Una vez en el rudimento, el tubo polínico llega hasta el saco embrional penetrándolo por entre las sinérgidas (Fig. 1) (Bradley y Crane, 1975).

Sin embargo, algunas veces el tubo polínico entra en la chalaza al final del saco o a un lado del saco (Bradley y Crane, 1975).

Después de la penetración, el extremo del tubo polínico se rompe y se liberan en el citoplasma del saco embrional (o gametofito-femenino) los dos núcleos gaméticos masculinos. Uno de los gametos masculinos se fusiona con la célula huevo y el otro con los núcleos polares. Este proceso se denomina doble fecundación (Fahn, 1974). Ayfer (1967) reporta que en pistacho la fecundación tiene lugar de 20 a 24 horas después de la polinización.

Como resultado de la fusión del gameto masculino con la célula huevo se origina el cigoto que más adelante se desarrollará en embrión; por otra parte, la fusión del otro gameto masculino con los núcleos polares originará el endosperma (Fahn, 1974).

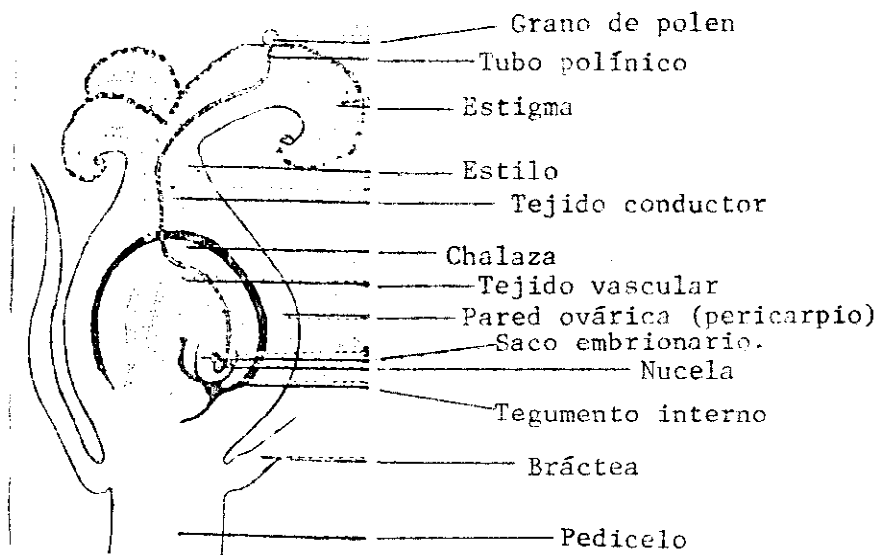


Figura 1. CORTE LONGITUDINAL DE UNA FLOR PISTILADA DE PISTACHO, MOSTRANDO LA TRAYECTORIA DE CRECIMIENTO DEL TUBO POLINICO.

De acuerdo con Fahn (1974), hay un intervalo de más de dos meses entre la fecundación y la primera división del cigoto. Sin embargo, Bradley y Crane (1975) observaron que en el material de pistacho con que trabajaron el cigoto se dividió creca de 5 semanas después de la floración.

2. Longevidad del polen

Como el polen es un gametofito masculino en reposo, éste conserva su aptitud germinativa durante un cierto período, cuya duración depende tanto de las propiedades específicas de la planta como de las condiciones de almacenamiento (Maximov, 1946). Consecuentemente, Crane et al. (1974) y Wright (1977) mencionan que temperaturas de abajo de 0°C prolongan la viabilidad del polen del pistacho por varios meses.

Wright (1977) menciona que el polen almacenado a temperaturas de 18 a 24°C pierde la germinabilidad muy rápidamente, llegándose hasta cero por ciento en una semana.

Crane et al. (1974) reporta que la refrigeración prolonga la viabilidad del polen unos cuantos días. Sin embargo, dependiendo de la fuente del polen y de las condiciones ambientales de año a año, el porcentaje de viabilidades después del almacenamiento en congelación varía de 1 - 52 meses. También existe variación en el porcentaje de germinación entre muestras duplicadas del mismo

en algunos casos la germinación del polen almacenado por unos cuantos días es mejor que la del polen fresco. En otros casos, las muestras de polen pueden fallar completamente en pruebas de germinación consecutivas y luego germinar bien en una prueba posterior.

Los estudios de otros investigadores con diferente polen, indican que el contenido de humedad del polen al momento del almacenaje y el porcentaje de humedad relativa en el almacenamiento, son factores que afectan la longevidad de éste (Crane et al., 1974).

G. Desarrollo y crecimiento del fruto

El crecimiento del fruto del pistacho es similar al que presentan la mayoría de los frutos drupáceos (Crane, 1976) tales como el chabacano, cereza, olivo y durazno, en los cuales se presentan dos ciclos de rápido crecimiento separados por uno de bajo crecimiento.

El fruto del pistacho es clasificado botánicamente como una drupa semiseca y el crecimiento en diámetro se caracteriza por 3 períodos, dos de crecimiento relativamente rápido (períodos I y III) separados por uno de crecimiento lento (período II); pero a diferencia de la mayoría de las drupáceas en las cuales el crecimiento durante el período III contribuye sustancialmente al tamaño final de la fruta, en el pistacho este período no es significativo para

el crecimiento del fruto (Crane, 1976). Sin embargo, este mismo autor menciona que cuando el crecimiento es medido por un incremento en peso fresco total, se obtiene una curva típica del crecimiento de las drupas.

El fruto y el embrión no se desarrollan simultáneamente. El pericarpio alcanza su tamaño final y el endocarpio se esclerifica 5 - 6 semanas después de la polinización (Crane et al., 1971). La lignificación del endocarpio comienza en el inicio del período II y continúa por 4 a 6 semanas. El desarrollo del embrión del pistacho es retrazado más que en otras drupas, ya que es evidente macroscópicamente hasta cerca de 30 días después de que se completó el período de crecimiento inicial del pericarpio (Crane et al., 1971).

Según Grundwag y Fahn (1967) la maduración completa del fruto y la semilla ocurre a los 5 meses después de la polinización.

Maggs (1982), observó que el fruto puede continuar desarrollándose aún si el embrión aborta y que los frutos vanos y llenos son superficialmente indistinguibles pero que afortunadamente los frutos vacíos senecen o maduran más lentamente, por lo que generalmente permanecen en el árbol después de que los frutos llenos han caído; ya que cuando el fruto lleno madura, el ruesno carnosos se hace suave y se separa parcialmente de la cáscara.

1. Factores asociados con la dehiscencia del endocarpio

De las once especies del género "Pistacia", la dehiscencia del endocarpio o "cáscara" ocurre sólo en los frutos de P. vera L. (Crane e Iwakiri, 1981a).

Según Maggs (1982), la apertura ocurre a lo largo de una sutura definida y resulta del alargamiento de la semilla.

Crane e Iwakiri (1982) mencionan que la apertura de la cáscara empieza a finales de Julio, al menos un mes antes de la maduración de la fruta y continúa hasta la cosecha durante la primera mitad de Septiembre. Además, el grado de apertura de la cáscara es diferente de una variedad a otra, y hay considerable variación en la apertura de la cáscara entre frutos individuales de un solo árbol, entre aquellos de diferentes árboles de la misma variedad, y de un año a otro. Las diferencias en producción de nueces vacías de un árbol a otro puede ser una respuesta al portainjerto y estos efectos del portainjerto pueden deberse a algún factor nutricional u hormonal. Los mismos autores hacen mención de que fluctuaciones de temperatura deben ser responsables de la amplia variación de la apertura de la cáscara en un mismo árbol de un año a otro.

Nevo et al. (1974) citado por Crane e Iwakiri (1982), en un estudio anatómico y morfológico del desarrollo de la fruta del pistacho en Israel.

de abscisión que se extendía a lo largo de la sutura dorsal y ventral de la cáscara, pero no observaron diferencias anatómicas en esta zona entre frutos con cáscara cerrada o con cáscara abierta, y concluyeron que el tamaño de la semilla determina si ocurre la apertura de la cáscara o no. Ellos reportaron además que en algunos frutos el volumen de la semilla excede al de la cáscara y el crecimiento de la semilla obliga a las 2 mitades a que se abran, y que en otros frutos ocurre un encogimiento mayor de la cáscara que en la semilla, provocando la apertura durante el secado.

Crane et al. (1971) estudiaron el crecimiento y desarrollo de la nuez del pistacho encontrando que la semilla alcanza su tamaño máximo a finales de Julio y que en esta fecha menos del 30% de los frutos se habían abierto.

Por otra parte, la apertura de la cáscara alcanzó un 85% en Septiembre 12 cuando los frutos ya estaban maduros (Crane, 1978). Esto indica que la apertura de la cáscara tuvo lugar principalmente después de que las semillas habían alcanzado su tamaño máximo. Crane e Iwakiri (1982) mencionan que si la apertura de la cáscara fuera resultado del volumen excesivo de la semilla como lo sugirió Navo et al. (1974) citado por ellos mismos, entonces el ruesno debería romperse, sin embargo, esto generalmente no ocurre. Estos autores encontraron que no existía una relación entre el peso de la nuez y la apertura de la cáscara y que la producción de nueces por árbol no parece tener relación con

la apertura de la cáscara, y ofrecen evidencias convincentes de que la apertura de la cáscara en pistacho es el resultado de una reacción bioquímica, ya que en algunos frutos la apertura o separación de la cáscara no fue continua. Ellos consideran que la apertura de la cáscara en pistacho depende del crecimiento y desarrollo de la semilla, pero no desde el punto de vista físico sino bioquímico, ya sea que la celulosa y la pectinasa (enzimas que inducen la separación de células) sean sintetizadas en la semilla y trasladada a la zona de abscisión o que su síntesis en esta zona sea inducida por una sustancia originada en la semilla. Sin embargo, a la fecha esto no ha sido comprobado.

2. Xenia y metaxenia

El pistacho es una de las pocas plantas en las cuales la xenia y la metaxenia han sido observadas (Whitehouse *et al.*, 1964, Crane e Iwakiri, 1980).

Pontikis (1977) trabajó con un cultivar griego no especificado y encontró un adelanto en la madurez y un aumento del peso de la almendra dependiendo de la fuente de polen. Así pues, éstos y otros estudios han indicado que la semilla y los tejidos que componen el fruto pueden ser modificados por el ponilizador, respuestas definidas por Swingle, citado por Crane e Iwakiri (1980), como xenia y metaxenia respectivamente.

Rojas (1976) reporta que en el embrión los caracteres maternos y paternos van en igual proporción al momento de la fusión de los gametos. Sin embargo, el endosperma tiene un origen materno igual a dos tercios de su constitución, aunque la influencia del material paterno puede dejarse sentir parcialmente, a este fenómeno se le ha denominado xenia.

Whitehouse et al. (1964) reportó que en general, las almendras más grandes resultaron cuando se usó polen de P. vera L.

Crane e Iwakiri (1980) encontraron que la longitud y el peso seco de la almendra se redujeron como consecuencia del uso de polen de P. atlántica y polen de un híbrido (P. vera x P. atlántica) apoyando las conclusiones de Nevo citado por ellos mismos, en que parece indeseable usar polen de P. atlántica o del híbrido para polinizar el pistacho Kerman.

Peebles y Hope citados por Whitehouse (1964), reportaron que cuando compararon la influencia del polen de P. atlántica Desf. y P. chinensis Bunge en el crecimiento y desarrollo de frutos de los cultivares "Red Alepo" y "Trabonella", encontraron que el polen de P. chinensis causó un retraso significativo en la maduración del fruto, habiendo también indicios de que P. atlántica incrementó la apertura de cáscaras en "Trabonella".

Crane e Iwakiri (1980) no encontraron manifestaciones de metaxenia al usar cinco diferentes fuentes de polen ya que no hubo alteración en el tiempo de maduración ni alteración en el grado de dehiscencia de la cáscara. Ellos mismos sugieren usar únicamente polen de P. vera en la polinización artificial, ya que otra fuente de polen parece ser indeseable.

3. Producción de nueces vanas

La producción de nueces vanas o "blancos" es un problema muy importante en todas las áreas en que el cultivo del pistacho es producido (Woodrof, 1979). La gravedad de este problema es indicada por Crane (1973), quien encontró que durante un período de 4 años, los árboles de pistacho "Kerman" produjeron un promedio de 26% de nueces vanas. El mismo autor reporta también que la producción de nueces vanas por árboles individuales permaneció relativamente constante de año a año y que esto no estaba asociado con el rendimiento o con la posición de los árboles en relación a los polinizadores. Este autor consideró que la producción de nueces sin semilla es una característica de algunas de las especies de Pistacia, ya que observó una variación en la producción de nueces vanas de un 23 a 100% y de 1 a 72% en las especies de P. atlántica y P. chinensis respectivamente.

Crane et al. (1983) reportan que la producción de nueces vanas en el cultivar "Kerman", resulta principalmente de un aborto del embrión pero que el cultivar también tiene una tendencia a la partenocarpia vegetativa (producción de frutos sin semilla sin previa fecundación). Los mismos autores también mencionan que el grado de producción de nueces vanas no parece estar relacionado con el rendimiento potencial de árboles individuales, ya que árboles con alta producción también pueden producir altos porcentajes de nueces vanas.

La producción de nueces vanas en el pistacho puede resultar de la absorción de la semilla (Bradley y Crane, 1975), así como también de la partenocarpia (Crane, 1973; Crane et al., 1983).

Crane (1975) concluyó que las diferencias en producción de nueces vanas de árbol a árbol es debido a la alta variabilidad de los portainjertos, los cuales son propagados por semilla y que para enfocar los esfuerzos en reducir la producción de blancos es necesario determinar la extensión en la cual la absorción de la semilla y la partenocarpia contribuyen a este fenómeno. Este autor considera que tal vez el portainjerto determina el grado de expresión de la partenocarpia, por lo que los árboles que producían consistentemente porcentajes relativamente grandes de nueces vacas podrían estar en portainjertos que proveían un factor o factores conductivos a la partenocarpia y a la absorción de la semilla. Los

datos que él muestra, sin embargo, revelan que los árboles con una historia de producir muchas nueces vanas consistentemente produjeron menor número de frutos partenocárpicos que los árboles con un historial de pocos blancos. Así pues, es evidente que la absorción de la semilla es la causa principal de la producción de nueces vanas y aparentemente el grado en el cual este fenómeno ocurre, está asociado con el portainjerto, probablemente mediado a través de un mecanismo nutricional u hormonal que todavía permanece como una duda.

III MATERIALES Y METODOS

A. Localización

El presente trabajo se realizó en el año de 1984, en la huerta particular "P.P. Buenavista", en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coah., ubicada a 3 km de esta ciudad por la carretera San Pedro - San Esteban, presentando una ubicación geográfica de 25° latitud Norte, 102.59° longitud Oeste con una altura aproximada de 1105 msnm.

Se utilizaron árboles de Pistacia vera, L. cultivares "Kerman" y "Aegina" como hembras y "Peters" y "Chico" como machos, los cuales estaban injertados sobre bancos de Pistacia atlántica. Los árboles de 8 años de edad estaban establecidos en un diseño de marco real a una distancia de 4 m entre árboles y 7 m entre hileras y estuvieron sujetos a las labores culturales (podas, riegos, aplicación de abonos orgánicos, limpias, rastreos, etc.) de acuerdo al programa que se tiene en la huerta.

Por lo general, los árboles no presentaron deficiencias de nutrientes ni su desarrollo se vió afectado por la presencia de plagas o enfermedades.

Otra parte del trabajo se realizó en el laboratorio del CIAN de Matamoros, Coah.

B. Desarrollo fenológico

Se tomaron datos fenológicos de los cuatro cultivos (a partir del 19 de Marzo hasta el 30 de Septiembre), de 2 a 5 árboles por cada cultivar y 10 ramas en cada uno de los árboles.

1. Brotación

El tiempo de brotación se consideró cuando las escamas de las yemas tanto vegetativas como florales se abrieron debido al hinchamiento de las yemas. Antes de la brotación se hizo la diferenciación entre las yemas vegetativas y las florales, siendo éstas últimas más grandes que las vegetativas, de una forma redonda, y cubiertas de escamas de un color café rojizo. En lo que se refirió a las yemas vegetativas, éstas eran mucho más pequeñas que las florales, aplastadas, un poco alargadas y terminando en punta aguda.

2. Floración femenina

Esta etapa se consideró cuando los primeros racimos florales dejaron ver sus estigmas receptivos hasta que los últimos dejaron de hacerlo. El tiempo de plena floración

se consideró cuando la mayoría de las flores se mostraron receptivas.

3. Floración masculina

Para este caso el tiempo de floración se consideró desde que las primeras flores mostraron una completa aparición hasta que las últimas lo hicieron, esto sin llegar a liberar polen. El tiempo de plena floración se consideró cuando la mayoría de las flores estaminadas hicieron su aparición.

4. Fructificación

Esta etapa se consideró desde el momento en que se realizaron las polinizaciones artificiales hasta que los frutos completaron su máximo desarrollo y maduración.

C. Colección del polen

Para la colección del polen, las inflorescencias fueron colectadas justamente antes de la antesis (cuando las anteras mostraron una coloración rojiza y tamaño normal) y llevadas inmediatamente al laboratorio en donde fueron colocadas sobre papel para su secado y apertura de las anteras a temperatura ambiente. Después de 24 horas, las anteras fueron tamizadas, separando el polen del material inútil. El polen fue finalmente almacenado en frascos de vidrio.

perfectamente limpios, con tapones herméticos y colocados inmediatamente en el refrigerador a 0°C.

D. Almacenamiento del polen

El polen del cultivar "Peters" se almacenó por 0, 6, 14, 15 y 16 días; y el polen del cv. "Chico" se almacenó por 7, 9, 13, 15, 24 y 25 días, ambos a una temperatura de 0°C.

E. Germinación del polen

Para determinar la capacidad de germinación del polen, después de haber estado almacenado por diferentes períodos, se utilizó un medio de cultivo compuesto de 10% de azúcar y 1% de agar. Las pruebas de germinación se realizaron en el laboratorio del CIAN en Matamoros, Coah., y el medio de cultivo se preparó de la siguiente manera:

Se pesó 1 gr de agar y 10 gr de azúcar. El agar se disolvió primeramente en agua destilada calentándolo lentamente hasta ebullición. Disuelto totalmente el agar, se agregó el azúcar, después se aforó a 100 ml y se vertió en cajas petri (esterilizadas) una capa de 2 mm del medio, esto se realizó cerca de un mechero para evitar contaminación. Se esperó a que el medio se enfriara y solidificara para posteriormente hacer la siembra del grano de polen. Se espolvoreó una pequeña cantidad de polen con...

realizando este procedimiento cerca del mechero y procurando que los granos de polen no quedaran muy próximos entre sí. Inmediatamente después se cerraron las cajas petri, y éstas fueron colocadas en una incubadora a una temperatura de 27°C y sin luz.

Después de 24 hr de incubación, se realizaron las observaciones al microscopio con el lente 10 X, utilizando el campo visual de éste para estimar los porcentajes de germinación.

Se sembraron cuatro cajas petri por cada período de almacenamiento y en cada una se realizaron cuatro conteos para sacar el porcentaje de granos germinados y después realizar un análisis de regresión.

F. Polinización artificial

La polinización artificial se realizó utilizando un pincel de pelo de camello, iniciando éstas el día 31 de Marzo en el cultivar "Aegina" y el día 8 de Abril en el cultivo "Kerman".

Después de que las inflorescencias pistiladas fueron polinizadas, éstas no fueron cubiertas con ningún tipo de material para evitar condiciones desfavorables que pudieran interferir con el desarrollo natural de la fruta. Este procedimiento se optó también dado que todas las

inflorescencias macho existentes en el huerto fueron colectadas (para el almacenamiento del polen) y se asumió con esto que en la huerta no había ninguna fuente de polen que pudiera afectar los resultados.

Las polinizaciones se hicieron de la siguiente forma: Se seleccionaron completamente al azar inflorescencias pistiladas de los cultivares "Kerman" y "Aegina" en diferentes estadios de crecimiento que fueron llamados "temprano", "intermedio" y "tardío" (Figura 2) (se seleccionaron de 5 a 10 inflorescencias por estadio en cada cultivar).

El estadio "temprano" era cuando la inflorescencia mostraba sus primeros estigmas receptivos y con una longitud aproximada de 1.5 - 2 cm.

El estadio "intermedio" se consideró cuando la inflorescencia mostraba una mayor cantidad de flores individuales receptivas y con un tamaño aproximado de 2 - 4 cm.

El estadio "tardío" se consideró cuando la inflorescencia mostraba flores individuales receptivas (de apariencia brillante) y algunas otras que ya habían pasado por su período receptivo (de una textura opaca) y con una longitud de 4 - 6 cm.

Una vez definido perfectamente el criterio de polinización como anteriormente se indica, se polinizó el cultivar "Aegina" (en sus tres estadios de desarrollo), con

polen fresco del cultivar "Chico", quedando cada inflorescencia con su respectiva etiqueta. El cultivar "Kerman" (en sus tres estadios de desarrollo) se polinizó con polen fresco del cultivar "Peters".

El cultivar "Kerman" (inflorescencias de estadio intermedio) también se polinizó con polen del cultivar "Chico" almacenado durante 15 días.

Al momento de la cosecha se determinaron los porcentajes de nueces llenas, vanas, llenas dehiscentes y llenas indehiscentes por racimo.

El diseño experimental que se utilizó para evaluar los tratamientos fue un completamente al azar, realizando transformación angular o arcosecos de los porcentajes obtenidos en las observaciones.

G. Desarrollo de frutos

Una vez finalizado el período de polinización, se realizaron muestreos de frutas periódicamente para observar el desarrollo del embrión (tomando fotografías), comparando los frutos que resultaron de las polinizaciones artificiales con aquellos de los racimos sin polinizar (racimos testigo) o sea aquellos que se desarrollaron partenocárpicamente. Asimismo, se registraron los cambios morfológicos del fruto como fue el período de crecimiento del epicarpio, mesocarpio

y endocarpio, así como diferencias morfológicas entre frutos con semilla y frutos sin semilla.

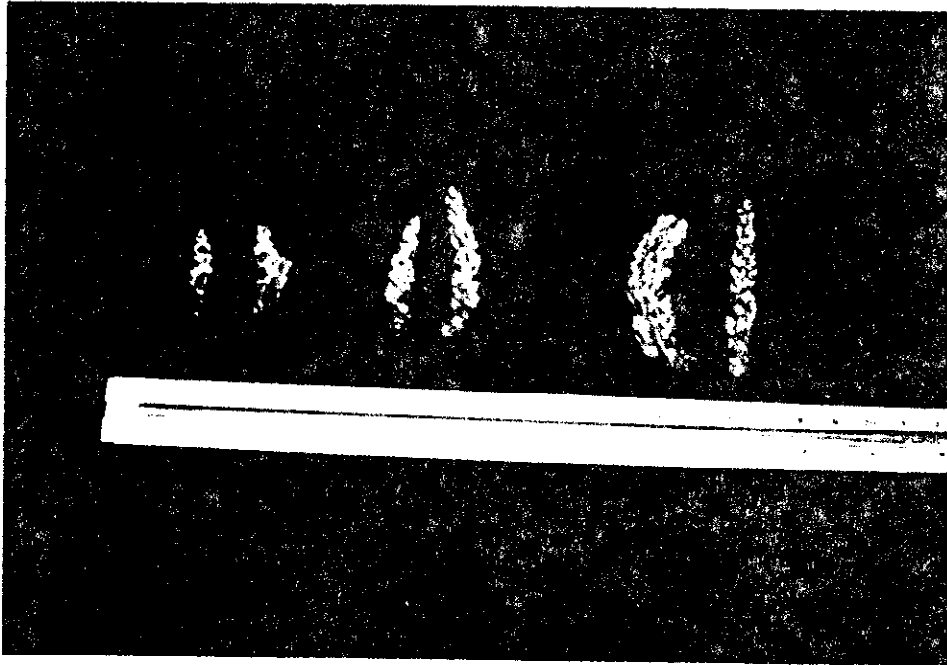


Figura 2. Inflorescencias pistiladas de pistacho (cv. Kerman) en los tres estadios de desarrollo al que fueron polinizados artificialmente. De izquierda a derecha: "Temprano", "Intermedio" y "Tardío".

IV RESULTADOS

A. Desarrollo fenológico

1. Brotación de cultivares estaminados y pistilados

Cultivares estaminados

"Chico". Este cultivar presentó una brotación tanto floral como vegetativa precoz, iniciando la brotación floral el 23 de Marzo y finalizando el día 7 de Abril. La brotación vegetativa inició el día 28 de Marzo y terminó el día 7 de Abril (Figura 3). Este cultivar mostró un buen desarrollo vegetativo y una buena floración.

"Peters". Presentó la brotación un poco más tarde que el cultivar "Chico", iniciando la brotación floral el 2 de Abril y finalizando el 19 de Abril. La brotación vegetativa se inició el 4 de Abril y concluyó el 19 de Abril (Figura 3). La brotación vegetativa fue un poco lenta y la floración fue buena y prolongada, aunque un porcentaje de yemas de inflorescencia no brotaron.

Cultivares pistilados

"Aegina". Este cultivar presentó una brotación al-

Marzo, la que concluyó el día 15 de Abril. La brotación floral inició el día 28 de Marzo y finalizó el día 13 de Abril (Figura 3). Este cultivar presentó una floración completa, buena fertilidad y un desarrollo vegetativo completo.

"Kerman". Este cultivar presentó una brotación vegetativa y floral muy tardía y lenta, su follaje no se desarrolló plenamente durante la estación y la floración no fue completa, prolongándose por lo tanto por un largo período. "Kerman" inició la brotación floral el día 7 de Abril y la terminó el 28 de Abril. La brotación vegetativa empezó el día 15 de Abril, no evaluándose el final ya que se prolongó demasiado (Figura 3). Este cultivar presentó problemas serios debido tal vez a la falta de acumulación de horas frío, por lo que presentó gran cantidad de hojas deformes e incompletas, así como la brotación de inflorescencias en los ápices de las ramas.

2. Traslape de floración

El período de floración del cultivar "Aegina" fue cubierto totalmente por "Chico" y Peters" (Figura 3). El período inicial fue cubierto por "Chico" del día 28 de Marzo al 7 de Abril y el período final por "Peters" del día 2 de Abril al día 13 del mismo mes.

Los períodos de plena floración de los cultivares estaminados no cubrieron el período de plena floración del

cultivar "Aegina" pero resultó conveniente, ya que el traslape simultáneo de ambos cultivares estaminados coincidió con el período de plena floración de "Aegina" (Cuadro 1).

Debido a que el período de floración del cultivar "Kerman" fue más tardío, solamente coincidió con el cultivar "Chico" por un solo día (el 7 de Abril) y con el cultivar "Peters" por 13 días (del 7 al 19 de Abril), el cual cubrió el período de plena floración de "Kerman" (15 al 20 de Abril), aunque no coincidieron los períodos de plena floración de ambos (Cuadro 1).

3. Fructificación

El período de fructificación del cv. "Aegina" comprendió del 11 de Abril al 1º de Septiembre, presentando una fructificación prometedora y más precoz que la de "Kerman", la cual comprendió del 22 de Abril al 30 de Septiembre y presentó un porcentaje muy alto de nueces vanas. El cultivar "Aegina" se cosechó 29 días antes que el cultivar "Kerman" (Figura 3 y Cuadro 2).

La nuez del cultivar "Kerman" es grande, de buena calidad y presenta una buena dehiscencia. Las nueces de "Aegina" son un poco más angostas y largas, presentan un buen llenado, y el porcentaje de dehiscencia es bajo (Figura 4).

05054

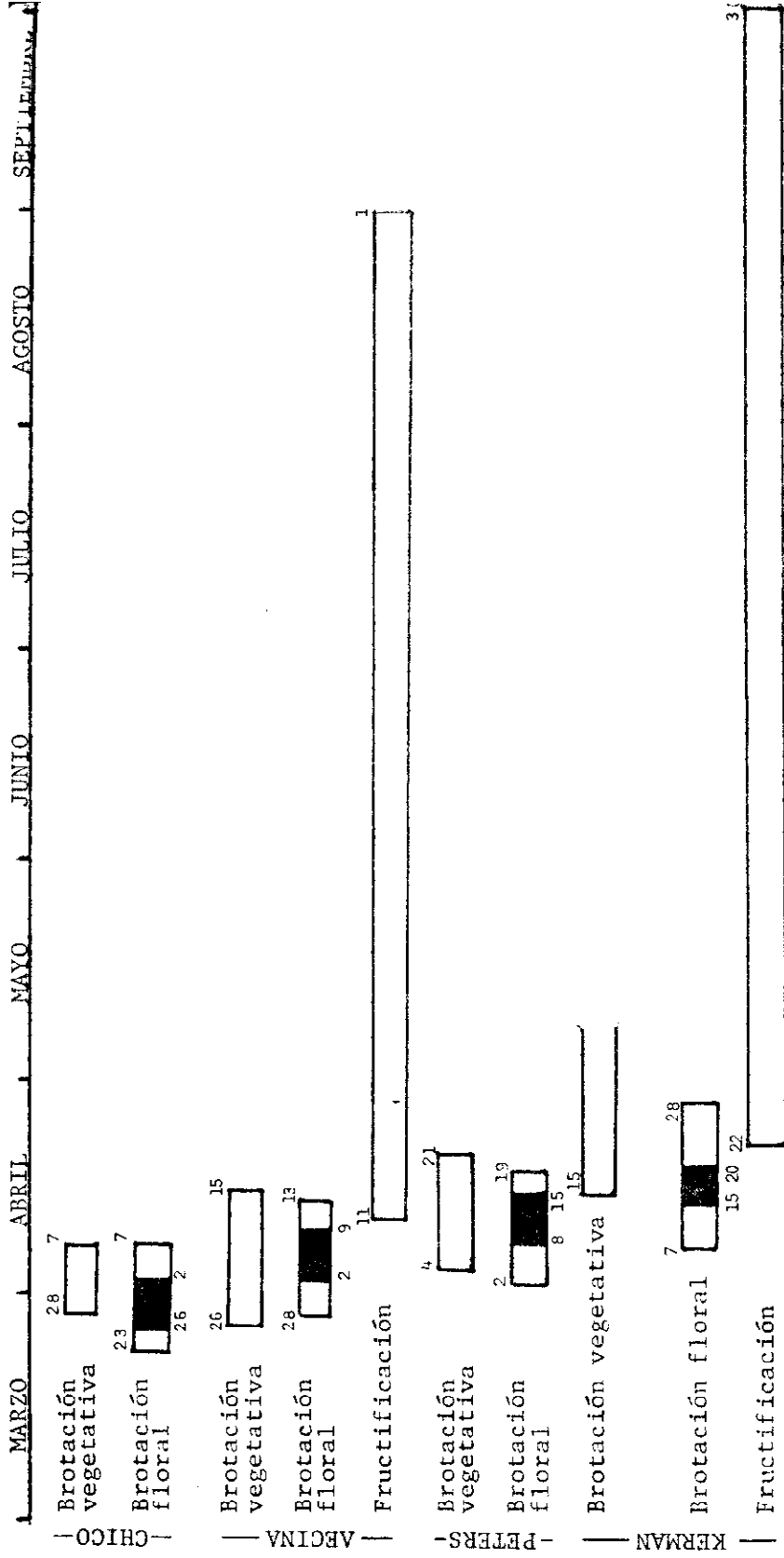


Figura 3. COMPORTAMIENTO FENOLOGICO DE 4 CVS. DE *Pistacia vera*, L. EN SAN PEDRO DE LAS COLONIAS, COAH. 1984.

PLENA FLORACION FINAL NO EVALUADO

Cuadro 1. PERIODOS DE FLORACION DE LOS CULTIVARES DE PISTACHO "CHICO" Y "PETERS" (ESTAMINADOS) Y "AEGINA" Y "KERMAN" (PISTILADOS), EN SAN PEDRO DE LAS COLONIAS, COAH., EN EL AÑO DE 1984.

CULTIVAR	SEXO	PERIODO DE FLORACION	PERIODO DE PLENA FLORACION	DURACION DE LA FLORACION EN DIAS	DIAS DE CUBRIMIENTO POR LOS MACHOS
Chico	M	23-III - 7-IV	26-III - 2-IV	16	11
Aegina	H	28-III - 13-IV	2-IV - 9-IV	17	--
Peters	M	2-IV - 19-IV	8-IV - 15-IV	18	12
Chico	M	23-III - 7-IV	26-III - 2-IV	16	1
Aegina	H	7-IV - 28-IV	26-III - 20-IV	22	--
Peters	M	2-IV - 19-IV	8-IV - 15-IV	18	13

M = Macho H = Hembra

Cuadro 2. PERIODOS DE FRUCTIFICACION DEL PISTACHO (CULTIVARES "AEGINA" Y "KERMAN"), EN SAN PEDRO DE LAS COLONIAS, COAH., EN EL AÑO DE 1984.

CULTIVAR	PERIODO DE FRUCTIFICACION	DURACION DE LA FRUCTIFICACION EN DIAS
Aegina	11-IV - 1-IX	143
Kerman	22-IV - 30-IX	161

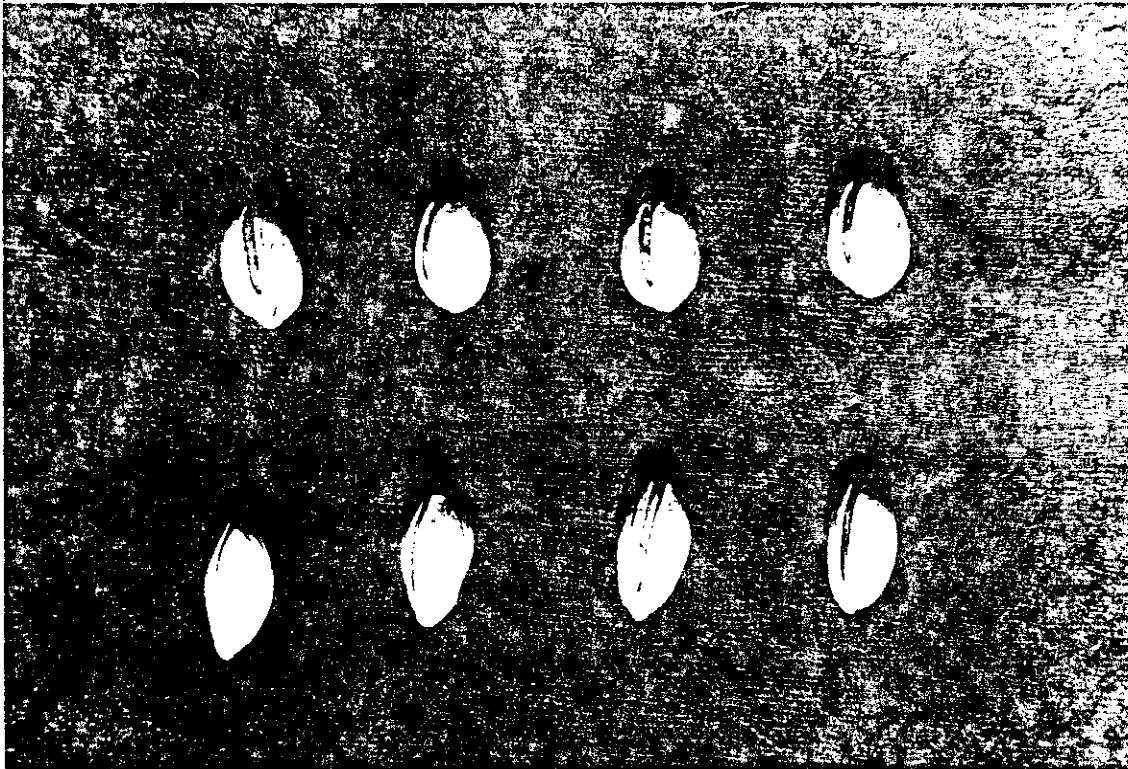


Figura 4. Nueces de 2 cultivares de Pistacho.

Arriba cv. Kerman

Abajo cv. Aegina

B. Germinación del polen

En la Figura 5 se puede observar que el polen del cultivar "Peters" tuvo un porcentaje de germinación de 18.7% cuando no había sido almacenado, disminuyendo la germinación a medida que aumentaban los días de almacenamiento.

Es interesante notar también que hubo cierta variabilidad en los porcentajes de germinación entre repeticiones, representado en la desviación de la regresión (Figura 5).

El efecto del almacenamiento en la germinación del polen del cultivar "Chico" (Figura 6) fue similar al observado con el polen del cultivar "Peters", ya que la germinación disminuyó gradualmente con el almacenamiento. El polen del cultivar "Chico", no se evaluó sin almacenamiento, aunque por la pendiente de la línea, podemos pensar que la germinación de polen fresco pudo haber sido cerca del 19%, como se encontró con el polen del cultivar "Peters".

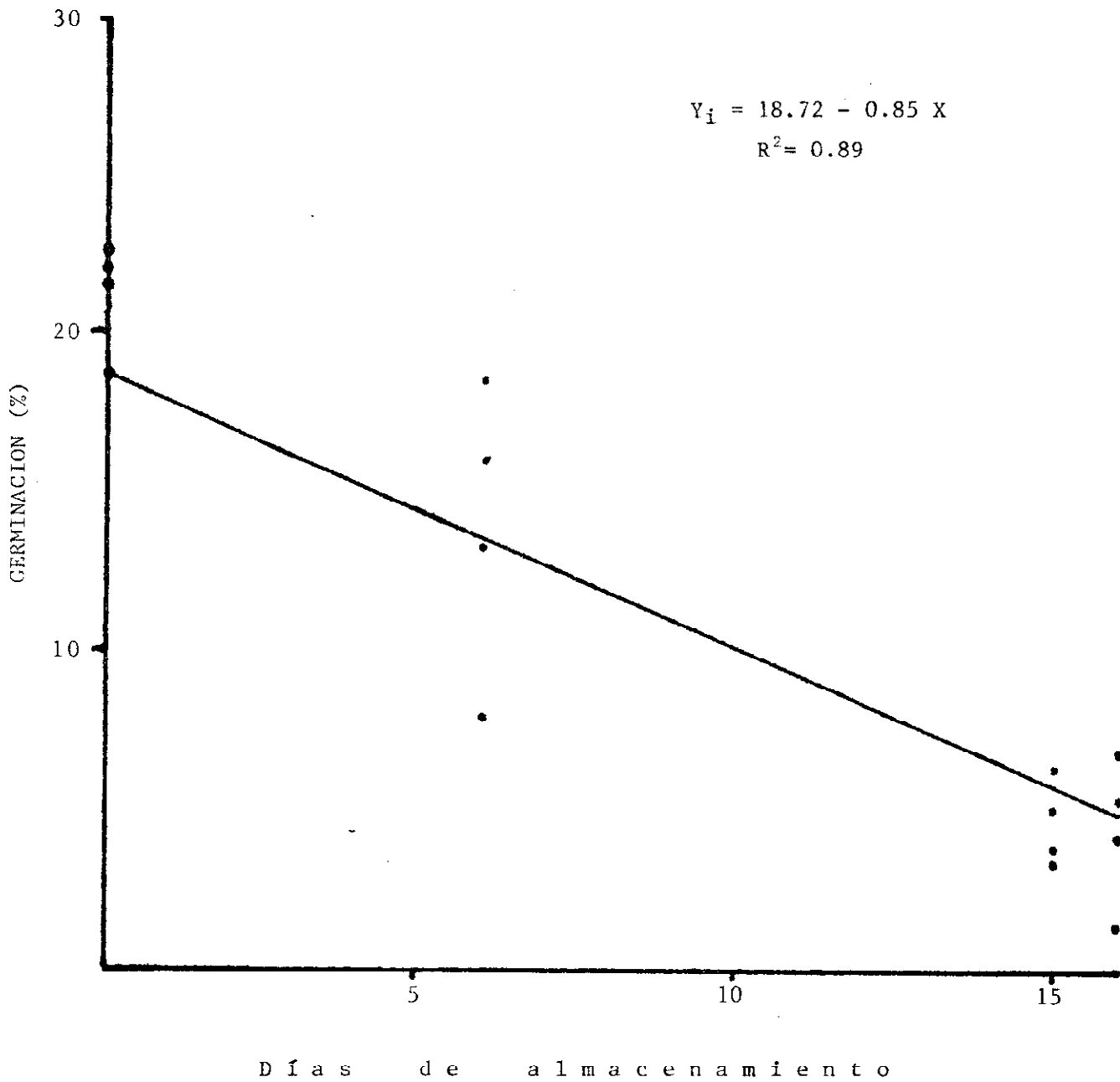


Figura 5. EFECTO DEL ALMACENAMIENTO A 0°C EN LA GERMINACION DEL POLEN DE PISTACHO CV. PETERS.

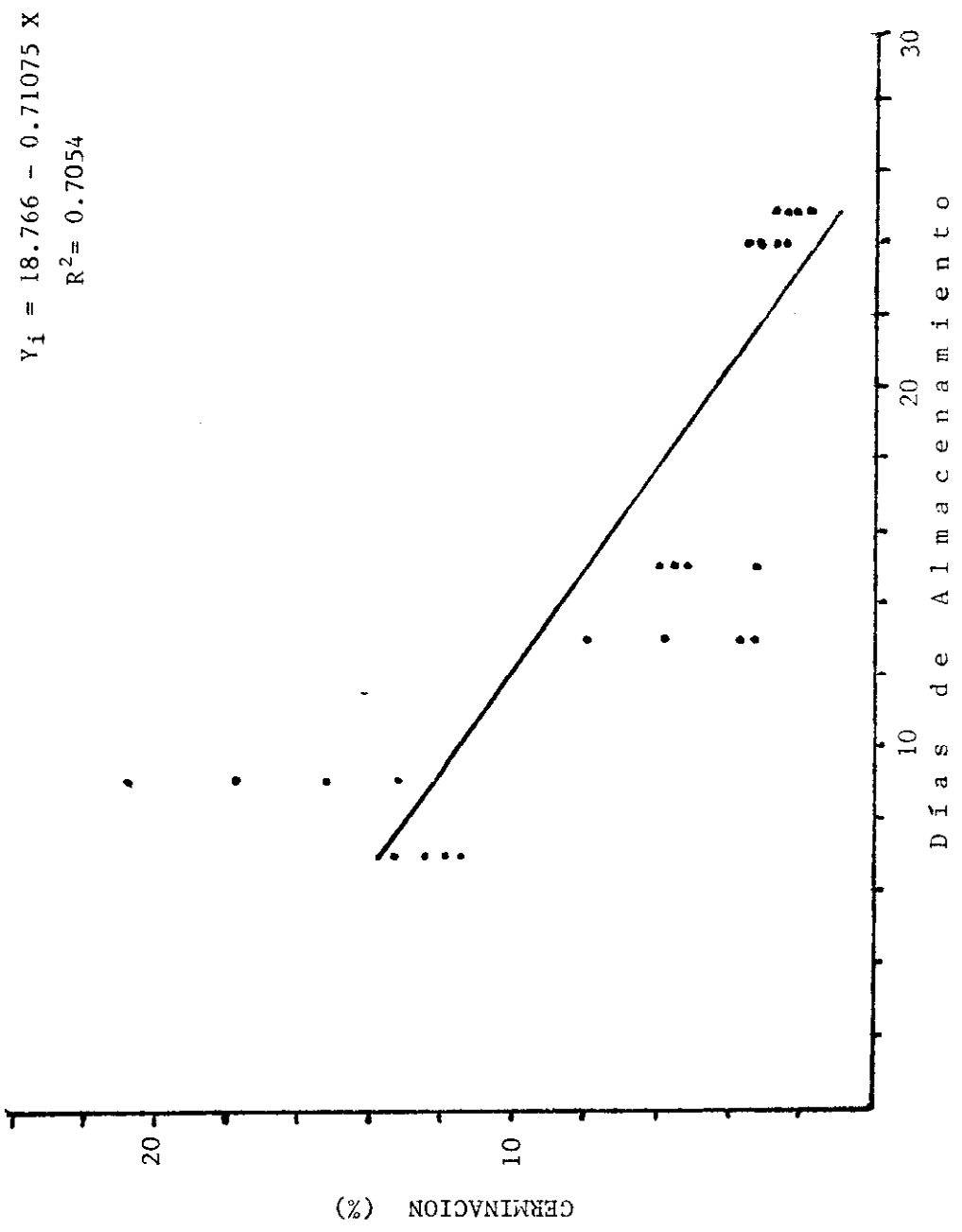


Figura 6. EFECTO DEL ALMACENAMIENTO A 0°C EN LA GERMINACION DEL POLEN DE PISTACHO CV. "CHICO".

C. Polinización artificial

La producción de frutos llenos por racimo que comprendió frutos dehiscentes e indehiscentes, fue superior en el cultivar "Aegina" que en el "Kerman" en los estadíos "temprano" e "intermedio"; sin embargo, en el estadío "tardío" se observó un mayor llenado de frutos por racimo en el cultivar "Kerman" que en "Aegina" (Figura 7). Por lo tanto, la producción de frutos vanos por racimo fue mucho menor en el cultivar "Aegina" que en el "Kerman", excepto en el estadío "tardío".

El mejor tratamiento resultó ser el estadío "intermedio" en el cultivar "Aegina", con un mayor llenado de frutos y el estadío "tardío" con un porcentaje muy pobre de frutos llenos. El análisis de varianza resultó altamente significativo en el cultivar "Aegina", indicando que los estadíos "temprano" e "intermedio" fueron estadísticamente iguales pero diferentes al estadío "tardío" (Apéndice 1).

En el cultivar "Kerman" los estadíos "temprano" e "intermedio" presentaron un porcentaje de llenado de frutos semejante pero mayor que el estadío "tardío"; sin embargo, el análisis de varianza para este cultivar no detectó diferencias entre ellos (Apéndice 5).

La producción de frutos dehiscentes en el cultivar "Aegina" resultó proporcionalmente baja, ya que en el

estadio "temprano" del total de frutos llenos (48.15%) un 15% fueron dehiscentes y un 33.15% fueron indehiscentes (Figuras 7, 8 y 9). Para los estadios "intermedio" y "tardío", la proporción fue de alrededor de 1:1 (Figuras 7, 8 y 9).

En el cultivar "Kerman" la producción de frutos dehiscentes fue mayor, ya que en el estadio "temprano" del total de frutos llenos todos fueron dehiscentes (Figuras 7 y 8). En el estadio "intermedio" la producción de frutos dehiscentes también fue mayor que la producción de frutos indehiscentes, pero en el estadio "tardío" la producción de frutos indehiscentes fue mayor que la producción de frutos dehiscentes (Figuras 7, 8 y 9).

Las polinizaciones realizadas en el cultivar "Kerman" con polen del cultivar "Chico" almacenado 15 días a una temperatura de 0°C, resultaron en un amarre de frutos aceptable de acuerdo a la pobre fertilidad que presentó el cultivar "Kerman".

Las polinizaciones con este tipo de polen se realizaron en racimos de estadio "intermedio" y el porcentaje de frutos llenos fue de 17.4% (Figura 10), no muy por debajo del porcentaje de frutos llenos obtenido cuando el estadio "intermedio" se polinizó con polen fresco o de cero días de almacenamiento, con el cual se obtuvo un 23.94% de frutos

lLENOS (Figura 7). El porcentaje de frutos llenos dehiscentes también fue menor (5.3%) comparado con el obtenido con polen fresco que fue de 14.95%. Los resultados obtenidos con polen fresco y polen almacenado por 15 días son comparables a pesar de que se utilizó polen de diferentes cultivares, ya que las pruebas de viabilidad del polen indicaron que no existió gran diferencia en las tasas de germinación del polen de los dos cultivares.

Es necesario mencionar que todos aquellos racimos sin polinizar (racimos testigos) fueron muestreados, no observándose ningún fruto lleno, lo cual confirma que no hubo ninguna fuente de polen más que la utilizada en las polinizaciones artificiales.

D. Desarrollo del fruto

Después de la polinización y la subsecuente fecundación, el fruto se desarrolló rápidamente. En el cultivar "Aegina", existieron pocas diferencias de desarrollo entre frutos de racimos polinizados en diferentes fechas (Figura 11). El epicarpio y el mesocarpio alcanzaron casi su tamaño normal para finales de Abril (de 3 - 4 semanas después de la polinización) y el endocarpio se hizo visible a las 5 semanas después de la polinización y empezó a lignificarse a principios de Mayo (alrededor de 6 semanas después de la polinización), siguiendo la lignificación o endurecimiento

de la cáscara por 2 - 3 semanas más. El desarrollo de la semilla se hizo visible a principios de Junio (alrededor de 8 - 9 semanas después de la polinización), continuó desarrollándose hasta que alcanzó casi su tamaño final a finales de Julio (Figura 11), alcanzando su maduración completa a finales del mes de Agosto.

Se pudo observar que la apertura de la cáscara ocurrió a finales de Julio, empezando en la punta y avanzando a través de las suturas de la cáscara hasta fechas próximas a la cosecha. Los frutos que contenían semilla presentaban un descascaramiento (el ruezno se separaba fácilmente de la cáscara) en abscisión natural; mientras que los frutos sin semilla o partenocárpicos no lo presentaban y quedaban adheridos al racimo.

En el cultivar "Kerman" se presentaron los mismos fenómenos pero con una diferencia de tiempo de 2 - 3 semanas después de "Aegina" y la maduración de frutos prolongándose casi por un mes más que "Aegina".

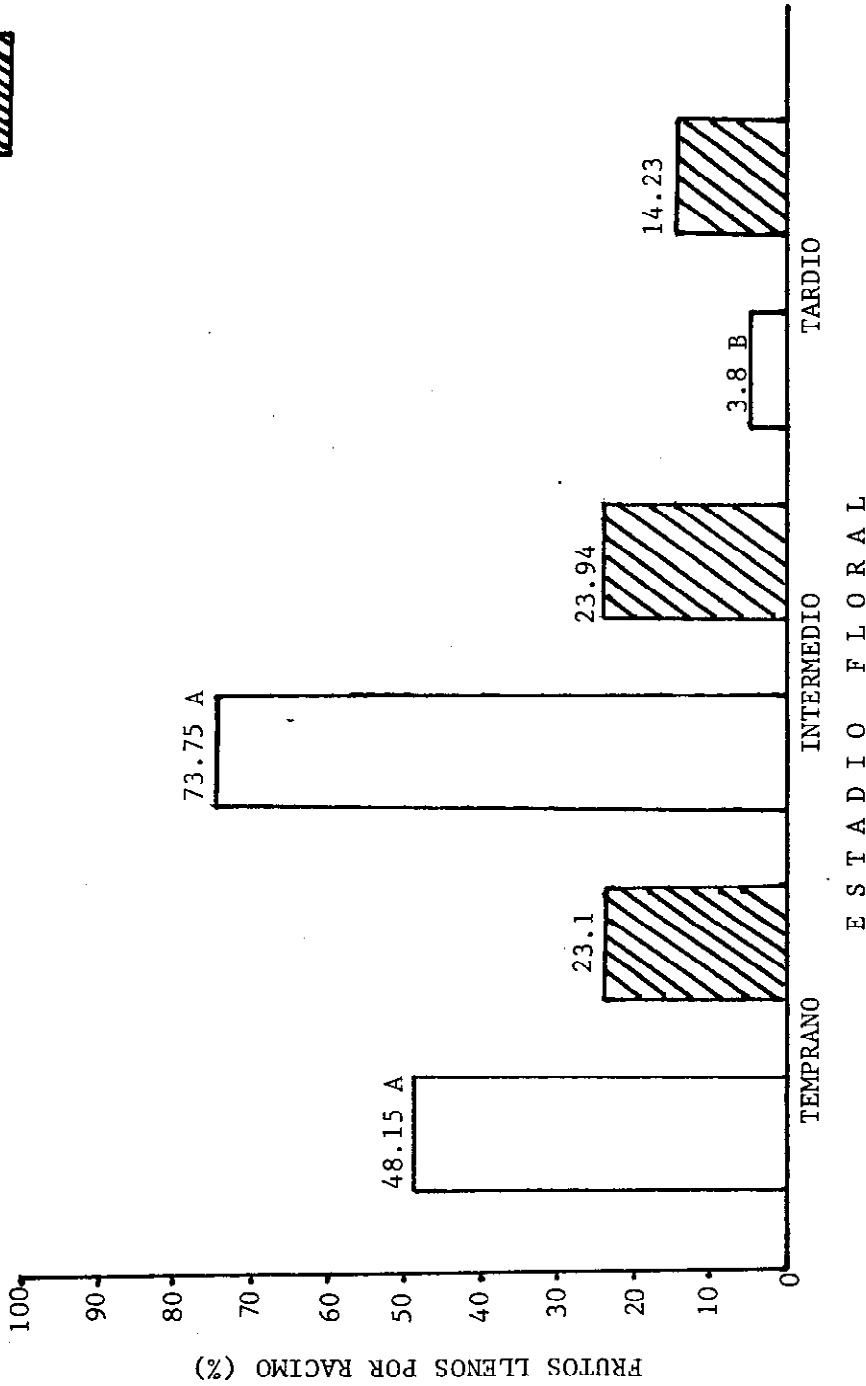
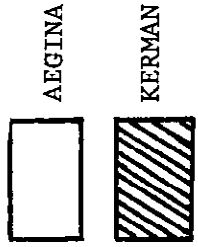


Figura 7. EFECTO DE LA POLINIZACION ARTIFICIAL Y EL ESTADIO DE DESARROLLO DE LA INFLORESCENCIA PISTILADA EN EL PORCENTAJE DE FRUTOS LLENOS POR RACIMO DEL PISTACHO CVS. AEGINA Y KERMAN. SEPARACION DE MEDIAS POR MEDIO DE UNA PRUEBA DE RANGO MULTIPLE DE DUNCAN, A P=0.05.

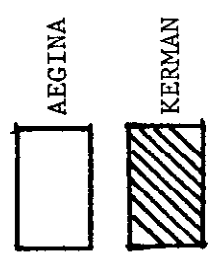


Figura 8. EFECTO DE LA POLINIZACION ARTIFICIAL Y EL ESTADIO DE DESARROLLO DE LA INFLORESCENCIA PISTILADA EN EL PORCENTAJE DE FRUTOS LLENOS DEHISCENTES POR RACIMO DE PISTACHO CVS. AEGINA Y KERMAN.

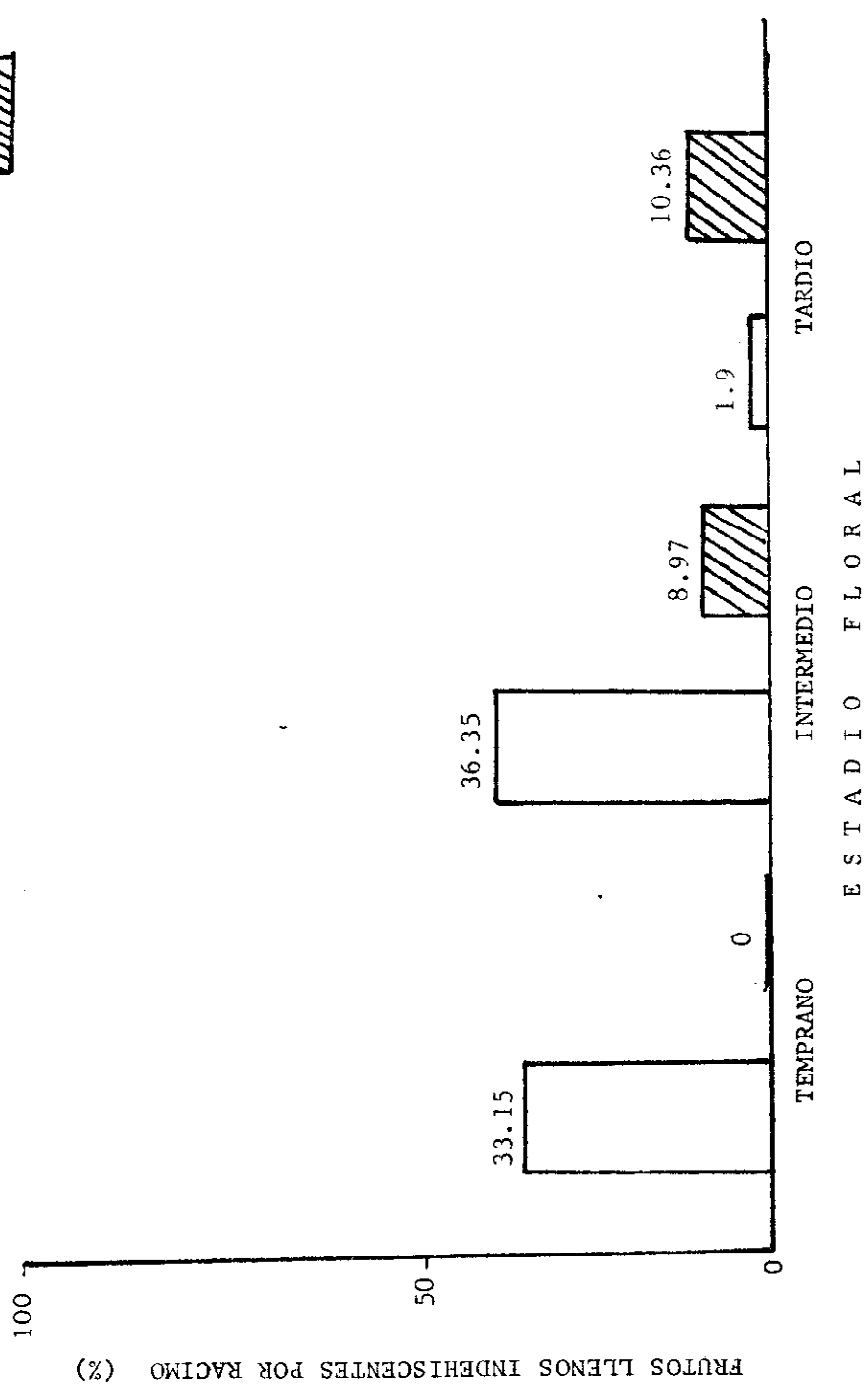
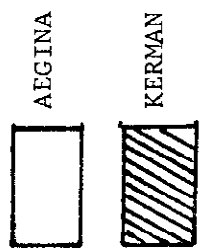


Figura 9. EFECTO DE LA POLINIZACION ARTIFICIAL Y EL ESTADIO DE DESARROLLO DE LA INFLORESCENCIA PISTILADA EN EL PORCENTAJE DE FRUTOS LLENOS INDEHISCENTES POR RACIMO DEL PISTACHO CVS. AEGINA Y KERMAN.

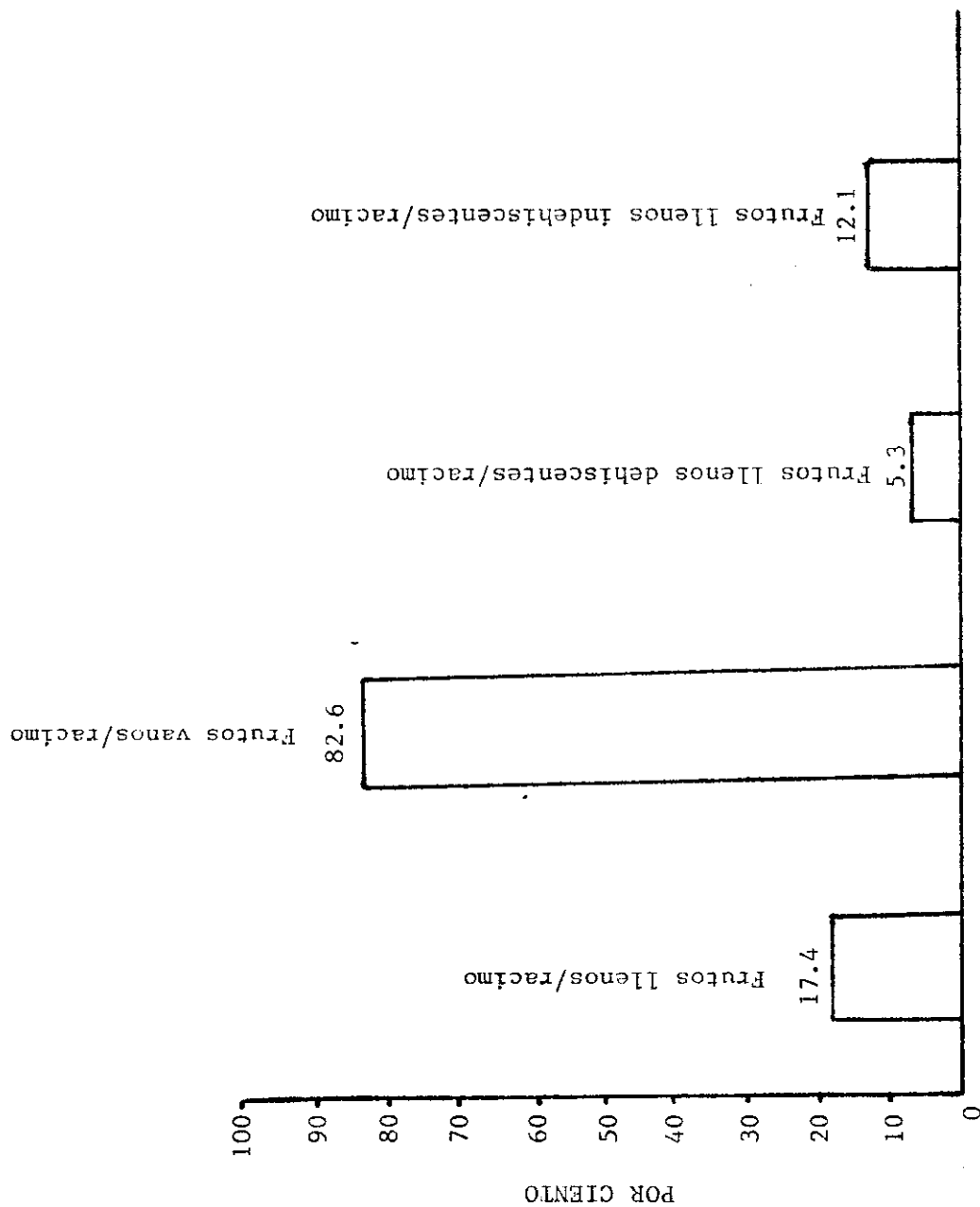
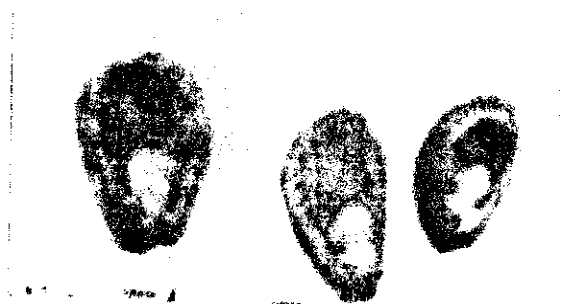


Figura 10. POLINIZACION ARTIFICIAL EN EL PISTACHO CV. KERMAN (ESTADIO FLORAL INTERMEDIO) CON POLLEN DEL CV. CHICO ALMACENADO POR 15 DIAS A 0°C, Y SU EFECTO EN EL PORCENTAJE DE NUECES LLENAS, VANAS, DEHISCENTES E INDEHISCENTES POR RACIMO.



31-III 5-IV Sin polinizar

FECHAS DE POLINIZACION
(Foto tomada el 26-V-84)

- A. Los frutos polinizados y no polinizados presentan un desarrollo avanzado del epicarpio y mesocarpio, encerrando al funículo que soporta al embrión aún sin desarrollarse.



31-III 5-IV Sin polinizar

FECHAS DE POLINIZACION
(Foto tomada el 26-VI-84)

- B. En los frutos polinizados se ve el funículo elongado soportando al embrión en expansión.



31-III 5-IV Sin polinizar

FECHAS DE POLINIZACION
(Foto tomada el 26-VII-84)

- C. En los frutos polinizados la semilla ha llenado totalmente la cavidad del fruto, viéndose el endocarpio totalmente lignificado, mientras que el fruto sin polinizar o partenocarpio muestra solamente al funículo.

Figura 11. Desarrollo de frutos del pistache (*var. Aegina*) producidos en regiones polinizadas.

V DISCUSION

A. Desarrollo fenológico

1. Brotación de cultivares estaminados y pistilados

Cultivares estaminados

En los cultivares evaluados se observó un comportamiento normal en cuanto al desarrollo floral y vegetativo; sin embargo, el cultivar "Peters" presentó deficiencias de frío, ya que el desarrollo vegetativo se realizó lentamente y un porcentaje significativo de yemas de inflorescencias no brotaron. Según Calderón (1983), las deficiencias de frío se manifiestan mediante el desprendimiento de yemas florales y vegetativas, así como por la apertura de muchas de ellas en una forma retrasada e irregular.

El cultivar "Chico" presentó una mejor adaptación al tipo de clima prevaleciente en la Comarca Lagunera, ya que presentó una floración más precoz y algo prolongada, mostrando una brotación aceptables de las yemas.

Ambos cultivares iniciaron la brotación primero que las hembras, coincidiendo con lo reportado por Ayfer (1967)

en que la mayoría de los cultivares estaminados por lo general florecen antes que los pistilados.

Cultivares pistilados

El cultivar "Aegina" presentó una mejor adaptación a las condiciones climáticas de la Comarca Lagunera, ya que la brotación vegetativa y floral se presentó temprano y con una velocidad normal, además de que la fructificación que presentó fue satisfactoria. Según Lagarda y González (1975), el cultivar "Aegina" es cultivado en zonas donde se presentan alrededor de 400 horas frío y ellos reportan que para la zona de la Comarca Lagunera, se tienen alrededor de 550 horas frío, por lo que este cultivar parece ser el más interesante y prometedor.

Analizando al cultivar "Kerman", es un árbol que bajo las condiciones de la Comarca Lagunera, presenta serios problemas de adaptación, ya que la brotación y la floración son muy tardías y lentas y el follaje es desarrollado incompleta y anormalmente, pues un gran porcentaje de hojas compuestas presentaron de 2 a 4 folíolos, siendo lo normal para este cultivar 5 folíolos por hoja compuesta. Además, presentó un tipo de fructificación en los ápices de las ramas, comportamiento no usual en esta especie y que según Crane y Takeda (1979), es un resultado de inviernos benignos o con pocas horas frío. Estos mismos autores reportan también que es necesario que se acumulen por lo menos 1000 horas

abajo de 7°C, para que el cultivar "Kerman" presente una fructificación y un desarrollo vegetativo normal. Sin embargo, Lagarda y González (1975) reportan que la aplicación de compensadores de frío como tiourea combinado con aceite mineral mejora favorablemente la brotación. Igualmente, Spiegel-Roy et al. (1972) reporta que la aspersion de éstos compuestos produce una brotación más precoz y el desarrollo del follaje se presenta más uniforme y denso.

2. Traslape de floración

Ayfer (1967) sugiere que los polinizadores deben ser seleccionados de tal manera que ellos liberen su polen cuando las variedades femeninas son receptoras y que polinizadores de un solo cultivar no son suficientes. Así pues, el cultivar "Aegina" resultó ser favorecido por los cultivares macho "Chico" y "Peters" ya que su período de receptividad se vio cubierto por los períodos de liberación de polen de éstos (Cuadro 1).

El cultivar "Kerman" no se vio favorecido, ya que presentó un retraso considerable en la brotación, coincidiendo con el cultivar "Chico" por un solo día y con "Peters" por 13 días, quedando 9 días sin coincidir con estos cultivares estaminados (Cuadro 1). Una solución a este problema podría ser adelantar la brotación de este cultivar pistilado por medio de la aspersion de compensadores

de frío, ya que Lagarda (1977) reporta que en este cultivar se adelantó la brotación en 10 días aproximadamente mediante la aspersión de una mezcla de 2% de Tiurea + 2.5% de Citrolina emulsificada aplicada aproximadamente 3 semanas antes de la brotación natural. Según Spiegel-Roy et al. (1972), este tipo de tratamiento puede ser utilizado para obtener una mejor concordancia de floración entre cultivares estaminados y pistilados, así como para lograr un período de floración más concentrado.

3. Fructificación

El cultivar "Aegina" resultó ser más precoz en su maduración de fruto que el cultivar "Kerman" casi por un mes de diferencia (Cuadro 2). Esto es una característica hasta cierto punto favorable, ya que escapa en parte al período de lluvias que se presenta en los meses de Agosto y Septiembre (Castro y Cárdenas, 1971), aunque en este ciclo no se presentó ninguna lluvia importante que hubiera podido afectar los frutos al tiempo de la cosecha.

El cultivar "Kerman" resultó con una fructificación muy pobre, ya que el porcentaje de frutos vanos fue muy elevado. Este comportamiento anormal parece ser debido principalmente a las condiciones ambientales de la Comarca Lagunera, principalmente a la diferencia de horas frío, pues de acuerdo a Crane y Takeda (1979), la presencia de un invierno

benigno ocasiona varias anormalidades, entre ellas un elevado porcentaje de frutos vanos, y lesiones de tamaño variable. Esto también es reportado por Spiegel-Roy et al.

(1972) que trabajando con el cultivar "Kerman" encontraron rendimientos bajos (a causa de un gran porcentaje de frutos vanos), por las condiciones ambientales desfavorables donde es desarrollado este cultivar.

Calderón (1983) reporta que variedades de algunas especies frutícolas de buen comportamiento productivo en una región, son malas productoras o mediocres, o actúan como estériles en otras regiones, debiéndose esto sin lugar a dudas a la influencia que el medio ecológico ejerce sobre su fisiología.

Resulta conveniente mencionar que hay una gran variabilidad en cuanto a los requerimientos de frío en pistacho, reportándose en Israel variedades de bajos requerimientos de frío (Spiegel-Roy et al., 1972). Así pues, es importante establecer en diversas regiones del país colecciones de cultivares con diversos requerimientos de frío para determinar cuáles serían las más adaptables a esa zona en particular.

B. Germinación del polen

La técnica utilizada para determinar la capacidad de germinación del polen después del almacenamiento resultó

no ser adecuada ya que los porcentajes de germinación fueron bajos aún con polen de 0 días (o sea de un día después de colectado), pero aún así se observó que la germinación del polen de ambos cultivares declinó gradualmente con el almacenamiento de 0°C (Figura 5 y 6), asumiendo con esto que en los cultivares "Chico" y "Peters" no hay diferencias en las tasas de germinación de sus respectivos granos de polen almacenados y cultivados bajo las mismas condiciones.

Es necesario mencionar que la germinación del polen es muy variable, ya que en muestras duplicadas de un mismo polen almacenados bajo las mismas condiciones presentaron diferencias en los por cientos de germinación. También se observó que en pruebas de germinación de una misma muestra se presentaron porcentajes bajos de germinación a los 7 días y al sembrarlo a los 9 días este mismo polen presentó un mayor porcentaje de germinación (Figura 6). Este tipo de comportamiento conflictivo coincide con lo reportado por Crane et al. (1974) en que existe variación en el porcentaje de germinación entre muestras duplicadas del mismo polen, y que en algunos casos la germinación del polen almacenado por unos cuantos días es mejor que la del polen fresco; y en otros casos, las muestras de polen pueden fallar completamente en pruebas consecutivas y luego germinar bien en una prueba posterior.

Por lo anterior, es necesario un estudio más complejo sobre técnicas de almacenamiento y conservación del grano

de polen del pistacho, ya que son muchos los factores que están directamente relacionados con la capacidad germinativa del polen como lo son la humedad relativa, las temperaturas, etc. (Crane et al., 1974; Wright, 1977). Además, será importante determinar qué componentes deberá tener el medio de cultivo para la óptima germinación del polen del pistacho en particular.

C. Polinización artificial

Crane e Iwakiri (1982) consideran que debido a que casi no hay cambio en la apariencia de las inflorescencias pistiladas de no ser en el tamaño de éstas durante el período de floración, es necesario establecer un parámetro para determinar el tiempo de cuando debe realizarse la polinización que resulte en la más grande producción de nueces.

Los resultados obtenidos en este trabajo nos indican que el tamaño de la inflorescencia es un buen parámetro y el cual determina el porcentaje de llenado de frutos por racimo.

Así pues, el mejor tratamiento resultó ser el estado "intermedio" (tamaño aproximado de 2-4 cm), ya que produjo el mayor llenado de frutos en ambos cultivares.

Esto puede ser el resultado del número de flores receptivas por racimo presentes en las diferentes inflorescencias. En el estadio "temprano" las flores están inmaduras y por lo tanto poco receptivas, mientras que en el estadio "tardío" muchas flores ya pasaron por su período receptivo. El estadio "intermedio" tiene el mayor número de flores en su estado receptivo y por lo tanto se tiene un mayor llenado de flores.

El bajo llenado de frutos en el cultivar "Kerman" comparado con el observado en el "Aegina" puede ser debido a que en el "Kerman" existió una gran variabilidad en el número de flores receptivas en los racimos independientemente de su estado floral, esto como una consecuencia tal vez de la falta de acumulación de horas frío como ya se mencionó. Además, se ha mostrado que la producción de nueces vanas resulta de la absorción de la semilla (Bradley y Crane, 1975), así como también de una tendencia a la partenocarpia (Crane, 1973; Crane *et al.*, 1983). Por otro lado se dice que el grado en el cual este fenómeno ocurre está asociado con el portainjerto (Crane, 1975). El mecanismo real por el cual esto ocurre aún no ha sido explicado. El cultivar "Kerman" aparentemente tiene una mayor tendencia a presentar la absorción del embrión que el cultivar "Aegina". Sin embargo, no podemos comparar a los cultivares entre sí, ya que cada uno fue polinizado con polen de diferentes cultivares y esto pudo tener cierta influencia en el

En el cultivar "Aegina" la producción de frutos dehiscentes fue proporcionalmente más bajo que en el cultivar "Kerman" en todos los estadios, excepto en el estadio "tardío". Esto nos indica que el "Kerman" es un mejor cultivar que el "Aegina" en esta característica deseable. Los datos obtenidos de frutos llenos dehiscentes e indehiscentes mostraron gran variabilidad de racimo a racimo en un solo árbol, presentándose más marcadamente en el cultivar "Aegina" que en el "Kerman". Todo esto coincide con lo reportado por Crane e Iwakiri (1981b) en que hay variación en la apertura de la cáscara entre frutos individuales de un solo árbol, igualmente entre aquellos de diferentes árboles de la misma variedad y que también existe variación de un año a otro. Estos mismos autores reportan que la variación de la apertura de la cáscara puede ser un efecto del portainjerto y que estos efectos aparentes del portainjerto pueden deberse a un mecanismo nutricional y hormonal. Así mismo, mencionan que la apertura de la cáscara no es un fenómeno físico, sino que es el resultado de una reacción bioquímica cercanamente asociada con el crecimiento y desarrollo de la semilla, afirmando que la apertura de la cáscara y separación del ruezno de la cáscara, son dependientes del desarrollo de la semilla y que esto no ocurre en frutos sin semilla.

Crane et al. (1974), sugiere que el polen producido tempranamente por algunos machos sea colectado y almacenado

para usarlo posteriormente como un suplemento a la polinización natural.

Las polinizaciones artificiales hechas con polen almacenado durante 15 días dieron buenos resultados en comparación a aquellas en donde se utilizó polen fresco, lo cual es importante, ya que se polinizó en un período en el cual el cultivar "Kerman" no tuvo coincidencia o traslape con algún otro cultivar macho.

Aunque estos resultados son preliminares, estos nos revelan que es factible implementar una técnica donde el polen sea colectado y almacenado (no necesariamente de los árboles macho de la misma huerta), para después ser utilizado como suplemento de la polinización natural, en el caso de que el período de floración del cultivar pistilado sea tardío y no sea cubierto por los cultivares estaminados.

D. Desarrollo del fruto

El crecimiento de la nuez de pistacho se presentó en eventos separados, ya que después de la polinización, el epicarpio y mesocarpio se desarrollaron rápidamente y posteriormente se observó la lignificación del endocarpio. Después de esto, el desarrollo del embrión se hizo visible y casi cuando alcanzó su máximo desarrollo se observó la dehiscencia de la cáscara. Todos estos eventos han sido reportados por Crane e Iwakiri (1981a). Crane (1976) y

Maggs (1982), difiriendo un poco en época y duración, ya que las condiciones ambientales no son las mismas y a que algunos autores trabajaron con otros cultivares. Por ejemplo, Bradley y Crane (1975) reportan que el desarrollo del embrión empezó 5 semanas después de la floración en contraste con las 10 a 12 semanas reportadas por Grundwag y Fahn, citados por ellos mismos. En este estudio el desarrollo del embrión se inició alrededor de 8 - 9 semanas después de la polinización.

De cualquier modo, los resultados indican que el desarrollo de los frutos fue normal y que la calidad de la nuez no se ve afectada por la polinización artificial.

VI CONCLUSIONES

Basándose en las condiciones en que se realizó este trabajo y de acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

1. Es posible obtener fructificación en el pistacho, bajo las condiciones ecológicas de la Comarca Lagunera, con polinización artificial.
2. De acuerdo a las pruebas de germinación del polen almacenado de los cultivares "Chico" y "Peters" se establece que no hay diferencias entre las tasas de germinación de éstos.
3. Con la técnica empleada en el cultivo del polen la más alta germinación se observó con polen de cero días de almacenamiento (24 horas después de colectado) y la germinación disminuyó hasta cerca de 1% a los 25 días de almacenado.
4. Es necesario realizar un estudio más completo sobre técnicas de almacenamiento del grano de polen y determinar cuál es el medio de cultivo óptimo para su germinación.

5. El mejor estadio de desarrollo de la inflorescencia femenina para llevar a cabo la polinización artificial es el estadio intermedio con un tamaño de 2-4 cm, ya que se presentó el mayor llenado de fruto por racimo en ambos cultivares.
6. El cultivar pistilado "Kerman", presentó una alta producción de frutos vanos bajo las condiciones ecológicas de la Comarca Lagunera, así como deficiencias de acumulación de horas frío al igual que el cultivar "Peters" aunque éste en menor grado.
7. La polinización artificial llevada a cabo en el cultivar "Kerman" con polen de 15 días de almacenamiento dió resultados semejantes a aquellos en donde se utilizó polen fresco, vislumbrándose así la factibilidad de implementar una técnica de polinización artificial con polen almacenado en condiciones favorables.
8. El desarrollo del fruto o nuez de pistacho fue normal después de las polinizaciones artificiales, con una duración de 143 días para el cultivar "Aegina" y de 161 días para "Kerman".

VII LITERATURA CITADA

Aguirre, M.B. 1972. El pistache. México. SAG CONAFRUT. Folleto No. 9 V. 1 y 2.

Aleksandrovski, E.S. 1978. Studies on the quality and viability of pistachio pollen. Hort. Abstr. 48: 6-340.

Ayfer, M. 1967. La culture du pistachier en Turquie. (Universite d'Ankara). Fruits, Vol. 22, No. 8 p. 351-367.

Bradley, M.V. and J.C. Crane. 1975. Abnormalities in seed development in Pistacia vera. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100(5):461-464.

Calderón, A.E. 1983. Fruticultura general. El esfuerzo del hombre. Editorial LIMUSA. Segunda edición. p. 140.

Castro, M.J. y R. Cárdenas. 1971. Comparación del clima de la Comarca Lagunera con el de algunas regiones productoras de pistacho en el mundo. CIAN-INIA-SAG. Campo Agrícola Experimental "Laguna".

- Crane, J.C. 1973. Partenocarpy. A factor contributing to the production of blank pistachios. *Hortscience*. 8(5):388-390.
- Crane, J.C. 1974. Hermaphroditism in Pistacia. Calif. Agric. 29(2):3-4.
- Crane, J.C. 1975. The role of seed abortion and partenocarpy in the production of blank pistachio nut as affected by rootstock. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100(3):267-270.
- Crane, J.C. 1976. Growth and development of the kerman pistachio nut. *The Pistachio Assoc. Ann. Rept.* p. 53-55.
- Crane, J.C. 1978. When should pistachios be harvested? *The Pistachio Assoc. Ann. Rept.* p. 53-55.
- Crane, J.C., and I. Al-Shalan. 1974. Physical and chemical changes associated with growth of the pistachio nut. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:87-89.
- Crane, J.C., M.V. Bradley, and M.M. Nelson. 1971. Growth of seeded and seedless pistachio nuts. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96:78-80.
- Crane, J.C., H.I. Forde, and C. Daniel. 1974. Pollen longevity in Pistacia. Calif. Agric.

- Crane, J.C., and F. Takeda. 1979. The unique response of the pistachio tree to inadequate winter chilling. *Hortscience*. 14(2):135-137.
- Crane, J.C., and B.T. Iwakiri. 1980. Xenia and metaxenia in pistachio. *Hortscience*. 15(2):184-185.
- Crane, J.C., and B.T. Iwakiri. 1981a. Morphology and reproduction to pistachio. *Horticultural Reviews* 3:376-393.
- Crane, J.C., and B.T. Iwakiri. 1981b. Factors associated with shell splitting in pistachio. *The Pistachio Assoc. Ann. Rept.* p. 18-20.
- Crane, J.C., and B.T. Iwakiri. 1982. Effect of time of pollination on nut production in Kerman Pistachio. *The Pistachio Assoc. Ann. Rept.* p. 52-54.
- Crane, J.C., L. Joley, and R. Spiegel-Roy. 1983. Production of blank nut. *The Pistachio Assoc. Ann. Rept.* p. 49.
- Crane, J.C., B.T. Iwakiri, and J.A. Wolpert. 1984. Flowering and fruiting in "Kerman" Pistachio. *The Pistachio Assoc. Ann. Rept.* p. 52-54.
- Fahn, A. 1974. *Anatomía vegetal*. H. Blume Ediciones Rosario. 17 Madrid-5. p. 516, 519, 536 y 539.

- Fiddymment, D. 1977. Artificial pollination. The Pistachio Assoc. Ann. Rept. p. 11-12.
- Grundwag, M., and A. Fahn. 1969. The relation of embriology to the low seed set in Pistacia vera (Anacardiaceae). Phytomorphology. 19:225-235.
- Janick, J., and D.A. Eggert. 1968. Factors affecting fruit size in the strawberry. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93:311-316.
- Joley, L.E. 1979. Pistachios. In: R.A. Jaynes (ed.) Nut. Tree Cultivars in North America. The Northern Nut Growers Association. Hamden, Lt. p. 163-174.
- Lagarda, M.A. 1977. Métodos para mejorar la brotación del pistacho bajo las condiciones de la Comarca Lagunera. SARH, INIA, CIAN. Campo Agrícola Experimental "La Laguna".
- Lagarda, M.A. y V. González. 1975. Estudio preliminar sobre el efecto de compensadores de frío en Pistacho (Pistacia vera) bajo condiciones ecológicas de la Comarca Lagunera. SARH, INIA, CIAN. Campo Agrícola Experimental "La Laguna".
- Leopold, A.C., and P.E. Kriedeman. 1975. Plant growth and development. 2th. ed. New York. Mc Graw Hill. p.

- Maggs, D.H. 1982. An introduction to pistachio growing in Australia. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia.
- Maximov, A.N. 1946. Fisiología vegetal. ACME AGENCY. Soc. Resp. LTDA. Buenos Aires, p. 396-400.
- Pontikis, K.A. 1977. Contribution to studies on the effect of pollen of different species and cultivars of the genus Pistacia on nut development and quality. A notate Geoponike Shole Athhenon. 1975. Hort. Abstr. 47:10270.
- Robbins, W.W., E.T. Weier, and C.R. Stocking. 1974. Botánica. Editorial Limusa. México. Segunda impresión. p. 250-252.
- Rojas, G.M. 1976. Fisiología vegetal aplicada. Mc Graw Hill. p. 209.
- Saenz, C. 1978. Polen y esporas. Introducción a la Palinología y vocabulario palinológico. H. BLUME. Ediciones Rosario 17-Madrid-5. Primera edición.
- Spiegel-Roy, P., R-Assaf et. I. Garmi. 1972. Essais d'aclimatation et de culture du pistachier (Pistacia vera, L.) en Israel. Fruits, Vol. 27, No. 9 p. 619-625.

- Stone, C.L., L.E. Jones, and W.E. Whitehouse. 1943. Longevity of pistache pollen under various conditions of storage. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 42:305-314.
- Takeda, F., J. Lin, and J.C. Crane. 1977. Flower bud development in Pistachio. The Pistachio Assoc. Ann. Rept. p. 35-37.
- Takeda, F., V. Polito, and J.C. Crane. 1979. Bisexual flower in Pistacia. The Pistachio Assoc. Ann. Rept. p. 39-40.
- Velázquez, V.M.A. 1983. Influencia del grano de polen de Pistacia mexicana H.B.K. en el desarrollo del fruto de Pistacia vera, L. Cultivar Kerman. Tesis UAAAN.
- Westwood, N.M. 1978. Temperate-zone pomology. W.H. Freeman and Company. San Francisco. p. 60-65.
- Whitehouse, W.E. 1957. The pistachio nut a new crop for Western United States. Econ. Bot. 11:281-321.
- Whitehouse, W.E., and C. Stone. 1941. Some aspects of dichogamy and pollination in Pistacia. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 39:95-100.

- Whitehouse, W.E., E.J. Koch, L.E. Jones, J.C. Long, and C.L. Stone. 1964. Influence of pollens from diverse Pistacia species on development of pistachio nuts. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84.
- Woodroff, J.G. 1979. Tree nuts: Production, processing, and products. 2nd. Edition. Avi. Pub. Co.
- Wright, D. 1977. Pollen storage and compatibility studies. The Pistachio Assoc. Ann. Rept. p. 43-44.
- Zohary, M.A. 1952. A monographical study of the genus Pistacia. Palestine Journal of Botany. Jerusalem Series V: 187-228.

APENDICE 1

Cuadro de Medias para Frutos llenos por Racimo de las Polinizaciones Artificiales hechas en diferentes tamaños del Racimo Floral para el CV. Aegina (Prueba de Duncan con $p = .05$).

	\bar{X}
Temprano	48.15% A
Intermedio	73.75% A
Tardío	3.8% B

Análisis de Varianza para Frutos Llenos por Racimo en las Polinizaciones Artificiales hechas en diferentes tamaños del Racimo Floral para el CV. Aegina.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.L. .05	F.L. .01
Tratamientos	2	2539.272	1269.636	11.0144**	3.63	6.23
E.Experimental	16	1844.327	115.270			
Total	18	4383.599				

C.V. = 28.032%

APENDICE 2

Cuadro de Medias para Frutos Vanos por Racimo en las Polinizaciones Artificiales hechas en diferentes tamaños del Racimo Floral para el CV. Aegina (Prueba de Duncan $p = .05$).

	\bar{X}	
Temprano	51.85%	A
Intermedio	26.225%	A
Tardío	96.1%	B

Análisis de Varianza para Frutos Vanos por Racimo en las Polinizaciones Artificiales hechas en diferentes tamaños del Racimo Floral para el CV. Aegina.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.L.	
					.05	.01
Tratamientos	2	2525.767	1262.884	10.962**	3.63	6.23
E.Experimental	16	1843.191	115.199			
Total	18	4368.953				

C.V. = 20.78%

APENDICE 3

Análisis de Varianza para Frutos llenos Dehiscentes por Racimo en las Polinizaciones Artificiales hechas en diferentes tamaños del Racimo Floral para el CF. Aegina.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	.05	F.L.	.01
Tratamientos	2	1331.53	665.765	3.592	NS	3.63	6.23
E.Experimental	16	2965.779	185.361				
Total	18	4297.309					

C.V. = 67.22%

APENDICE 4

Análisis de Varianza para Frutos llenos Indehiscentes por Racimo en las Polinizaciones Artificiales hechas en diferentes tamaños del Racimo Floral para el CV. Aegina.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.L.	
					.05	.01
Tratamientos	2	756.202	378.101	2.833 ^{NS}	3.63	6.23
E.Experimental	16	3300.352	206.272			
Total	18	4056.553				

C.V. = 54.45%

APENDICE 5

Análisis de Varianza para Frutos llenos por Racimo en las Polinizaciones Artificiales en diferentes tamaños del Racimo Floral para el CV. Kerman.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.L.	
					.05	.01
Tratamientos	2	74.598	37.299	0.21507 ^{NS}	3.59	6.11
E.Experimental	17	2948.175	173.422			
Total	19	3022.773				

C.V. = 28.032%

APENDICE 6

Análisis de Varianza para Frutos Vanos por Racimo en las Polinizaciones Artificiales en diferentes tamaños de Racimo Floral para el C.V. Kerman.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.L. .05	F.L. .01
Tratamientos	2	80.584	40.292	.232261 ^{NS}	3.59	6.11
E.Experimental	17	2949.083	173.475			
Total	19	3029.667				

C.V. 20.56%

APENDICE 7

Análisis de Varianza para Frutos Llenos Dehiscentes por Racimo en las Polinizaciones Artificiales en diferentes tamaños del Racimo Floral para el CV. Kerman.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	.05	F.L.	.01
Tratamientos	2	545.359	272.679	1.5289 ^{NS}	3.59	6.11	
E.Experimental	17	3031.802	178.341				
Total	19	3577.161					

C.V. = 72.92%

APENDICE 8

Análisis de Varianza para Frutos Llenos Indehiscentes por Racimo en las Polinizaciones Artificiales en diferentes tamaños del Racimo Floral para el cultivar Kerman.

P.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.L.	
					.05	.01
Tratamientos	2	252.176	125.088	1.235 ^{NS}	3.59	6.11
E.Experimental	17	1735.929	102.1136			
Total	19	1988.105				

C.V. = 29.78%