

CUAJADO DE FRUTOS Y PARTENOCARPIA EN OLIVO 'MANZANILLO' CON POLINIZACIÓN CRUZADA¹

José A. Cristóbal Navarro-Ainza², Arturo López-Carvajal³

RESUMEN

Cuajado de frutos y partenocarpia en olivo Manzanillo con polinización cruzada. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el efecto de diferentes fuentes de polen sobre el cuajado y la producción de frutos partenocárpicos (FP) en árboles adultos de olivo Manzanillo mediante polinización cruzada. Durante dos ciclos (2004 y 2005) se evaluaron diferentes fuentes de polen (variedades) en ramas de árboles Manzanillo adultos bajo riego superficial; las ramas fueron cubiertas con bolsas de tela y el polen fue aplicado manualmente, cuando dichas ramas tenían entre 50-75% de flores abiertas. El cuajado de frutos se mejoró en ambos años con la aplicación de polen de las variedades Sevillano y Barouni, este último fue superior en el segundo año; los menores valores de cuajado se mostraron en Manzanillo autopolinizado (2004) y con polen de Misión (M) (2005). La polinización cruzada aumentó el cuajado de frutos. La cantidad de FP fue de nula a muy baja durante el ciclo 2004, y durante el 2005 esos valores variaron de 5 a 70%. El polen de Sevillano y Barouni redujeron los FP a porcentajes menores del 10%, por el contrario al utilizar polen de Misión se obtuvo 70% de FP.

Palabras clave: *Olea europaea* L., compatibilidad del polen, polen de olivo.

ABSTRACT

Fruit set and parthenocarpy in 'Manzanillo' olive under cross-pollination. The cross-pollination influence on the fruit set and parthenocarpy on twigs of 'Manzanillo' adult olive trees using different sources of pollen was studied. During two seasons (2004 and 2005) different sources of pollen (varieties) were applied to twigs of mature 'Manzanillo' olive trees, surface-irrigated and previously covered with cloth bags; pollen was hand-applied when previously tagged twigs showed 50-75% open flowers. On both years, fruit set was improved when 'Sevillano' (S) and 'Barouni' (B) pollen was applied, achieving higher values at the second season; lower fruit set values were obtained when using self-pollinated 'Manzanillo' (T) (2004) and 'Misión' (M) (2005) pollen sources. The cross-pollination increased the fruit set. The amount of FP ranged from zero to very low values during the 2004 season, whereas during the 2005 season values ranged from 5 to 70%. The benefits of using S and B pollen was observed by reducing the amount of FP fruits to lower than 10%, whereas using M pollen 70% of FP were obtained.

Keywords: *Olea europaea* L., pollen compatibility, olive pollen.



¹ Recibido: 23 de abril, 2013. Aceptado: 28 de octubre, 2013. Datos parciales del Proyecto "Tecnología de producción de olivo", financiado por Fundación Produce Sonora, A.C., del Estado de Sonora, México.

² Campo Experimental Todos Santos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 23070 La Paz, Baja California Sur, México. jacnamx@yahoo.com.mx

³ Sitio Experimental Caborca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 83600 Caborca, Sonora, México. lopezcarmx@yahoo.com.mx



INTRODUCCIÓN

El patrimonio oleícola mundial se estima en 960 millones de árboles, de los que el 98% se sitúan en los países de la cuenca mediterránea con una superficie de 9,4 millones de hectáreas (Civantos 2001). En México, el olivo se encuentra principalmente localizado en los estados de Baja California, Sonora y recientemente Tamaulipas con pequeñas superficies en otros estados, sumando una superficie total aproximada de 9500 ha. En Sonora, la principal zona productora de aceituna es Caborca, en la cual se cultivan aproximadamente 2100 ha (OEIDRUS 2009); de estas, más del 90% se destinan a la producción de aceituna de mesa (Navarro 1999). Esta región es desértica y el olivo muestra producciones erráticas debido a un bajo cuajado de frutos, especialmente ocurre en huertos monovarietales con una alta proporción de frutos partenocárpicos (FP). Lo anterior se debe a que la variedad 'Manzanillo' tiene problemas de autocompatibilidad, fenómeno que se incrementa bajo condiciones de altas temperaturas en el período de floración (Cuevas *et al.* 2001, Ayerza y Goates 2004, Pinillos y Cuevas 2009), situación frecuente en la región de Caborca. Las altas temperaturas (temperaturas > 28°C) promueven el fenómeno de autoincompatibilidad en 'Manzanillo', reflejándose esto en un menor porcentaje de frutos cuajados y por ende en una baja producción, además de un incremento en el número de FP.

El olivo se considera parcialmente autoincompatible, por lo que la polinización cruzada incrementa el rendimiento y la calidad de la aceituna (Pinillos y Cuevas 2009). Cuevas y Polito (1997), Ateyyeh *et al.* (2000) y Wu *et al.* (2002) han propuesto que la autoincompatibilidad en olivo es gametofítica; por otra parte, Lavee *et al.* (2002) sugieren que se debe al origen diverso del olivo domesticado, esto ha resultado en un sistema complejo que controla la autoincompatibilidad. Finalmente, indican que aún falta por entender el sistema genético que opera en olivo, incluyendo la identificación de los genes involucrados en ello. Por otro lado, Lavee y Datt (1978) reportaron que la polinización cruzada es esencial para 'Manzanillo', y que las mejores variedades fueron 'Sevillano' y 'Uovo de Piccione', sobresaliendo el último. Por otra parte, Cuevas y Polito (1997) indican un incremento en el porcentaje de cuajado de frutos de 'Manzanillo' después de la polinización cruzada con 'Sevillano'. La

aplicación de polen de 'Misión' o 'Ascolano' a flores de 'Manzanillo' no incrementó el cuajado de frutos en relación a 'Manzanillo' autopolinizado; igualmente observaron una gran cantidad de FP. El uso de cualquiera de estas dos fuentes de polen se relacionó con un menor crecimiento del tubo polínico y la no fecundación de las flores. En otro estudio, realizado en ambiente árido en ramas de 'Manzanillo', se reporta que estas que recibieron polen suplementario produjeron 21% más frutos que el testigo sin aplicación; además de 58% menos FP que las ramas testigo. Se lograron más frutos normales (FN) aplicando polen de 'Sevillano' y 'Arbequina' (Ayerza y Coates 2004).

La longevidad del óvulo y la polinización cruzada en olivo 'Picual' en árboles bajo temporal mostraron menor longevidad del óvulo que en árboles bajo riego; asimismo, bajo temporal la fertilización del óvulo ocurrió más tarde que en árboles bajo riego (Quero *et al.* 2002). De lo anterior, se sugiere que la falta de una mayor respuesta a la polinización cruzada en árboles bajo temporal puede estar relacionada con una menor longevidad del óvulo.

La polinización cruzada (artificial) en olivo o la polinización libre incrementaron los cuajados inicial y final en un huerto multivarietal (Cuevas *et al.* 2001). Lo anterior, pareció deberse a una fecundación más temprana y de mayor cuantía. El incremento en el cuajado de frutos no ocurrió al utilizar polen de 'Misión' o de 'Ascolana Tenera'. De lo anterior, se puede asumir que la asociación de 'Manzanilla de Sevilla' con 'Gordal Sevillana' fue mejor fuente de polen.

La partenocarpia es un proceso por el cual se producen frutos sin semilla, los cuales son llamados FP. Existen tres tipos de partenocarpia: vegetativa, estimulativa y estenospermocarpia. Cada tipo de partenocarpia se presenta en varias especies de frutales. Los FP, en ocasiones llamados frutos de munición, en olivo son pequeños, comúnmente sin semilla. Estos usualmente caen o bien llegan hasta cosecha, aunque no tienen valor comercial. En consecuencia, una elevada incidencia de estos frutos tiene un impacto negativo sobre el rendimiento de fruta y de aceite, afectando la utilidad de los huertos de olivo. La formación de este tipo de frutos parece que es provocada por una serie de factores del medio ambiente; así, se ha reportado una mayor cantidad de FP en olivos cultivados en áreas donde la temperatura del aire alcanza los 41°C en el período de antesis (Ayerza y Coates 2004). Por

otro lado, Koubouris *et al.* (2010) sugieren que la incidencia de FP es influenciada por factores genéticos y varía entre variedades. Se ha propuesto que la baja viabilidad del polen (Lavee *et al.* 2002), la autopolinización (Sibbett *et al.* 1992) o una pobre polinización (Ayerza y Coates 2004, Cuevas *et al.* 2001, Martin *et al.* 2005) son factores que promueven la formación de FP en olivo.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el efecto de diferentes fuentes de polen sobre el cuajado de frutos y en la producción de FP en árboles adultos de olivo 'Manzanillo' mediante polinización cruzada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo durante los años 2004-2005 en dos huertos de olivo 'Manzanillo' que no cuentan con variedades polinizadoras (huertos monovarietales): el primer año se trabajó en un lote experimental con suelo de textura migajón arenosa, de catorce años de edad establecido a 8x8 m (156 árboles/ha) con antecedentes de baja producción; ubicado en terrenos del Sitio Experimental Caborca (SECAB), a 20 km al oeste de la ciudad de Caborca, Sonora y a 80 km del mar; coordenadas 30°42'55" LN y 112°21'28" LO, a 200 msnm.

En el segundo año, el experimento se estableció en un lote comercial denominado SPR 'Gilberto Méndez' de once años de edad, con distancias de 10x8 m (125 árboles/ha), localizado a 2 km de la playa (30°43'35" LN y 112°58'42" LO), a 12 msnm con suelo de textura arena-migajosa, que de acuerdo con datos históricos, el antecedente de producción se considera en un rango normal (5 t/ha). El clima de la región es BMhw(x')(e''), muy seco o desértico, con inviernos frescos según la clasificación de Köppen, con temperatura media anual de 22°C, temperaturas extremas de -6°C a más de 45°C. La precipitación anual es de 160 mm y se presenta principalmente en el verano de julio a septiembre. El tipo de suelo dominante en la región de estudio es entisol, con topografía plana, profundo, muy pobre en materia orgánica (< 0,5%), pH alcalino, niveles moderados de Ca y Mg, pobre en N y de baja salinidad (INEGI 2000). En ambos lotes se utilizó riego por gravedad cada 25 días aproximadamente en el SECAB y cada 20 con la SPR 'Gilberto Méndez'.

Se utilizaron cuatro variedades como fuentes de polen: Sevillano, Misión, Barouni, Ascolano, testigo

(Manzanillo autopolinizado), el polen se aplicó sobre las ramas de olivo 'Manzanillo'. Estas se cubrieron con "bolsas" de tela (antes del inicio de floración) para evitar polinizaciones indeseables, de manera que la polinización respondiera exclusivamente al polen aplicado artificialmente y previamente designado a cada una de las ramas marcadas.

El polen de 'Sevillano' fue recolectado aproximadamente un año antes de huertos con esta variedad en California, USA. "Campanas del Desierto, S.A. de C.V." filial de "Bell Company" de California, E.U.A. y se los vende a los productores; se utilizó este polen debido a que utilizar este de un año de edad, almacenado en frío, es la práctica común entre los productores. Se reprodujo esta práctica de polinización común de olivo de la región que también es común en el Estado de California, Estados Unidos. El polen de los otros cultivares fue obtenido el año de la aplicación (2004 o 2005), de árboles de cada uno de estos materiales localizados en el SECAB.

Con relación a la viabilidad del polen, Cuevas y Polito (1997) reportan valores de 81,2%, 60,9-78,2% (dos años), 79,2-88,6% (dos años) y 67,6% en 'Manzanillo', 'Sevillano', 'Misión' y 'Ascolano' en California, E.U.A., mientras que para polen almacenado por un año, Pinney y Polito (1990) reportan una viabilidad de 35% en este de 'Manzanillo' almacenado por doce meses a -20°C, sin control de la humedad ambiental; para 'Ascolano' y 'Misión' reportan valores mayores y menores a 'Manzanillo', respectivamente.

Los tratamientos fueron aplicados entre el 16-18 de abril del 2004 y después en 2005 el 10 de abril, lo cual coincidió con el 50-75% de flores abiertas que se encontraban en las ramas tratadas. La polinización manual se hizo mediante un pincel fino para distribuir el polen en las flores de la rama seleccionada. Los tratamientos consistieron en la aplicación de polen de todas las variedades indicadas anteriormente. Este se aplicó durante los dos años, con excepción de 'Ascolano' que solo se utilizó al segundo año, debido a que no se pudo conseguir de esta variedad en el primer año de estudio.

El polen se mantuvo congelado antes de utilizarse, y se transportó en frío en una hielera al campo, con el fin de mantenerse en buenas condiciones, y no afectar su viabilidad (Pinney y Polito 1990). Previo a la aplicación del polen se seleccionaron brotes florales de 15-30 cm de longitud con suficientes inflorescencias localizadas en la parte media de los árboles y en la periferia de los mismos. Las ramas seleccionadas se

marcaron con cinta de plástico, se cuantificó el número de inflorescencias, la longitud de los brotes y número de botones y/o flores. Las bolsas que cubrieron las ramas tratadas fueron retiradas diez días después de terminada la floración en ambos años. Durante dos días se procedió a contar el número de FN con el fin de determinar el cuajado inicial. Posteriormente, 40 días después de plena floración se procedió al conteo de los FN presentes en el brote, para determinar al cuajado final de frutos. Este se obtiene por porcentaje, de acuerdo al número total de flores iniciales y de frutos "cuajados" por brote.

Los huertos donde se realizó el estudio se fertilizaron en dos momentos: antes de la brotación (enero) y durante el crecimiento del fruto (mayo); se utilizó una dosis aproximada de 120 y 40 kg N y P/ha, respectivamente. Como fuente de los nutrimentos se utilizaron urea y la fórmula comercial (NPK) 18-52-0. El riego se aplicó desde antes de brotación (diez días antes) hasta noviembre; estas aplicaciones en invierno-primavera fueron cada mes, mientras que en verano se aplicaron cada tres semanas. Se empleó sifones de aluminio de dos pulgadas de diámetro. No se presentaron problemas de plagas ni de enfermedades, por lo que no se hicieron aplicaciones de plaguicidas; la maleza se controló por medio de rastreos y deshierbes manuales.

La cosecha se realizó manualmente cuando la mayoría de los frutos, en las ramas tratadas, mostraron los síntomas característicos de madurez en verde para aceituna de mesa (cambio de color verde oscuro a color verde paja en la epidermis de la aceituna).

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con seis repeticiones. Los tratamientos fueron aplicados a ramas distribuidas aleatoriamente alrededor de cada árbol con el fin de asociar la alta variabilidad en el cuajado de frutos a los árboles (Martin *et al.* 1993); las repeticiones o bloques se compusieron de seis árboles completos que mostraban una condición de desarrollo similar. Las variables evaluadas fueron el cuajado inicial y final de frutos, eficacia de la polinización cruzada, densidad floral, conteo de FP y FN y la relación FP/FN. Para determinar el porcentaje de cuajado inicial se realizó un conteo de botones florales antes de la floración y diez días después de la misma se contabilizó el número de frutillas presentes. El cuajado final se basó en el mismo número de botones florales y de frutos presentes a los 40 días después del conteo inicial. La eficacia de la polinización cruzada es una

medida de la efectividad cuando se compara con la autopolinización y es una relación entre el cuajado final logrado con polinización cruzada y el cuajado final logrado con autopolinización; los valores deben ser mayores a 1,0. La densidad floral es una medida del número de flores por cm de longitud del brote, la cual varía cada año por el crecimiento de este; se obtiene al dividir el total de botones florales en el brote entre la longitud del mismo. Finalmente, el conteo de FP y FN se obtiene al determinar el porcentaje de cada tipo de frutos en relación al total de estos contabilizados, y la relación entre FP y FN es un índice del número de FP por cada FN encontrado. A las variables analizadas se les realizó un análisis de varianza utilizando para ello el paquete estadístico SAS (SAS Institute 1996), y, en su caso, la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los ciclos 2004 y 2005 no se encontró diferencia estadística ($P < 0,05$) en ninguna de las siguientes variables: cantidad de inflorescencias, número de flores por inflorescencia y la densidad floral (número de flores por centímetro de longitud del brote) en árboles de 'Manzanillo'. En el año 2005 se detectó un mayor número de inflorescencias y un menor número de flores por inflorescencia, mientras que en el año 2004 fue a la inversa. La densidad floral fue mayor en el primer año que en el segundo.

Los resultados de cuajado inicial y final de frutos, así como la eficacia de la polinización cruzada del año 2005 se muestran en el Cuadro 1. Los valores tanto del cuajado inicial como del final, fueron mayores durante el ciclo 2005. Sólo se encontró diferencia estadística en el ciclo 2005. Sobresale la utilización de polen de las variedades Sevillano y Barouni, que fueron estadísticamente iguales ($P < 0,05$). Los valores más bajos de cuajado final de frutos fueron para el testigo en el primer ciclo (datos no mostrados) y para 'Misión' en el segundo ciclo. Lo anterior coincide con lo reportado por Cuevas y Polito (1997) quienes al utilizar polen de 'Misión' o 'Ascolano' obtuvieron menos cuajado de frutos incluso que 'Manzanillo' autopolinizado, así como una gran cantidad de FP; esta situación la atribuyen a un menor crecimiento del tubo polínico y la no fecundación de las flores de

Cuadro 1. Cuajado de frutos inicial y final y eficacia de la polinización cruzada en olivo ‘Manzanillo’ bajo polinización cruzada con diferentes fuentes de polen, en el año 2005. Caborca, Sonora, México.

Fuente de polen	Cuajado de frutos (%)		Eficacia de la polinización cruzada*
	inicial	final	
Sevillano	4,44a**	4,22a	3,8
Misión	1,10b	0,73c	0,7
Ascolano	1,48b	1,48bc	1,3
Barouni	2,93a	2,70b	2,4
Manzanillo***	1,52a	1,12bc	1,0

*Eficacia= Cuajado final con polinización cruzada/cuajado final con autopolinización.

**Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0,05$.

***Manzanillo autopolinizado.

‘Manzanillo’. Resultados similares reportan Ayerza y Coates (2004). En este caso, se realizó el estudio por dos años con el fin de incluir la variación de la alternancia en olivo (aspecto natural en este frutal) y mostrar resultados más confiables al cuantificar la respuesta a la aplicación de polen de diferentes fuentes (cultivares).

El uso de diferentes fuentes de polen permitió que el cuajado inicial de frutos fuera superior al final, con excepción del uso de polen de ‘Ascolano’, el cual fue evaluado sólo durante el segundo ciclo, donde el cuajado de frutos no se modificó con el tiempo. En esta variedad, el cuajado final de frutos fue aproximadamente un 30% superior al testigo y más del 100% superior al uso de ‘Misión’, ubicándose en la parte intermedia como mejorador del cuajado de frutos de ‘Manzanillo’. Por el contrario, el uso de polen de ‘Misión’ en ‘Manzanillo’ arrojó valores menores al testigo, esto ocurrió en el segundo ciclo de evaluación (Cuadro 1). Lo anterior coincide con lo reportado por Lavee y Datt (1978), Cuevas y Polito (1997), Cuevas *et al.* (2001), Lavee *et al.* (2002) y Martín *et al.* (2005) en el sentido de que la polinización cruzada mejora sustancialmente el cuajado de frutos. Así, se reporta que variedades como ‘Sevillano’ también conocida como ‘Gordal Sevillana’ resultaron ser mejores polinizadores de ‘Manzanillo’. También se reporta a ‘Uovo

de Piccione’ como un buen polinizador de ‘Manzanillo’ (Lavee y Datt 1978). De acuerdo a estos autores parte del mejoramiento del cuajado de frutos en ‘Manzanillo’ se debe a que la velocidad de crecimiento del tubo polínico es mayor bajo la polinización cruzada que con la autopolinización; otro aspecto citado es que al parecer la polinización cruzada o la libre en un huerto multivarietal mejora el cuajado de frutos debido a una fecundación más temprana y en mayor cuantía (Cuevas *et al.* 2001). Otros autores informan que en huertos bajo riego hay mayor longevidad del óvulo, condición que favorece la fecundación cruzada (Quero *et al.* 2002); esta situación se presentó en este estudio para todos los tratamientos evaluados, por lo que las diferencias observadas no se deben a este factor de riego. Asimismo, se indica que la combinación del uso de polen de ‘Sevillano’ aplicado en condiciones frescas mejoran el cuajado de frutos de ‘Manzanillo’; mientras que temperaturas superiores a 27°C incrementan reacciones de incompatibilidad (Cuevas *et al.* 2001).

El bajo cuajado de frutos logrado con la utilización de ‘Misión’ ha sido citado por Cuevas y Polito (1997) y Cuevas *et al.* (2001), quienes indican que existe incompatibilidad entre ‘Misión’ y ‘Ascolano’ con ‘Manzanillo’, resultando en bajo cuajado de frutos (Navarro y López 2003, Navarro *et al.* 2003). Otros autores afirman que existe interincompatibilidad entre ‘Misión’ y ‘Manzanillo’ (Cuevas y Polito 1997; Martín *et al.* 2005). En este estudio el uso de polen de ‘Misión’ en ‘Manzanillo’ mostró los más bajos porcentajes de cuajado de frutos en ambos años, lo cual es un reflejo de lo indicado por los anteriores autores. Aunque solo se presentó información de un año, no se ha encontrado una incompatibilidad entre ‘Ascolano’ y ‘Manzanillo’, ya que el cuajado de frutos logrado en ‘Manzanillo’ polinizado con ‘Ascolano’ fue 30% superior al testigo y más del 100% cuando se utilizó a ‘Misión’ como fuente de polen. Por lo tanto, se cataloga a ‘Ascolano’ como polinizador regular de ‘Manzanillo’.

En relación con la eficacia de la polinización cruzada en el cuajado final de frutos, los mayores valores correspondieron a las variedades que más incrementaron el cuajado de frutos (‘Sevillano’ y ‘Barouni’), y ello es un indicador de lo efectivo que puede ser la utilización de polen de algunas de las variedades como las evaluadas en este estudio. Al tener un mayor valor en el numerador (cuajado final con la polinización cruzada) y un valor más bajo en el denominador (cuajado

final con autopolinización) se obtiene un valor más elevado (eficacia de la polinización cruzada). Por otra parte, al mejorarse el cuajado final de frutos durante el segundo ciclo con la autopolinización, los valores de eficacia de la polinización cruzada resultaron menores a los encontrados durante el ciclo anterior. Lavee *et al.* (2002) indican que la eficacia de la polinización cruzada depende del clima que se presente en cada año, aunque también indica que existe una respuesta independiente en cada combinación polinizador/receptor de polen.

En el presente estudio se observó esta situación de dependencia del ciclo (temperatura), tal y como lo reporta Polito (2011) y la respuesta independiente en la eficacia al utilizar diferentes fuentes de polen en 'Manzanillo'. Esto es, el factor temperatura (umbral de 28°C) influye marcadamente en el cuajado de frutos y por lo tanto, en la obtención de diferentes valores en la eficacia de la polinización cruzada, en este trabajo, este factor fue crítico ya que la presencia de temperaturas $\geq 28^\circ\text{C}$ es común durante el período de floración. Por esa razón, bajo estas condiciones climáticas extremas, además del cambio climático, es muy necesario la aplicación de polen de otras variedades o bien establecer árboles polinizadores y que sean compatibles con 'Manzanillo'.

El porcentaje de FN y FP con las diferentes fuentes de polen, así como la relación FP/FN, muestran que durante el primer ciclo, sólo se tuvieron FP en ramas del testigo, con un 87,5% de FN; en el resto de los tratamientos sólo hubo FN; mientras que, durante el segundo ciclo, el porcentaje de FN fue variable para los diferentes tratamientos, sobresaliendo 'Sevillano', 'Barouni' y 'Ascolano' con 93,8, 87,5 y 68,3% de FN, respectivamente. Lo anterior coincide con lo reportado por Griggs *et al.* (1975) y posteriormente por otros autores (Cuevas y Polito 1997, Sibbett *et al.* 1992); de hecho Cuevas y Polito (1997) indican que la reducción del cuajado de frutos y abundancia de FP en 'Manzanillo' al utilizar pólenes de 'Misión' o 'Ascolano' se debe a una disminución en el crecimiento del tubo polínico y en la fertilización. Además, Polito (2011) menciona que la autoincompatibilidad en olivo es dependiente de la temperatura. Los porcentajes más bajos de FN se obtuvieron al utilizar polen de 'Misión' y autopolinización con 28,2 y 38,5%, respectivamente. Lo anterior muestra que al utilizar polen de 'Misión' el porcentaje de FN es menor aún que en árboles autopolinizados, lo

cual puede ser un reflejo de la incompatibilidad entre estas dos variedades, como lo indican diversos autores (Cuevas y Polito 1997, Cuevas *et al.* 2001, Navarro y López 2003, Navarro *et al.* 2003). Información similar para 'Manzanillo' reporta Ayerza y Coates (2004) al utilizar polen de 'Sevillano' y 'Arbequina'.

Al evaluar la aplicación artificial de polen en 'Manzanillo', Sibbett *et al.* (1992) encontraron que en 'Sevillano' no sólo mejoró el cuajado de FN, sino que redujo la presencia de FP; esta situación indeseable de frutos se incrementa al aumentar la distancia entre el punto de aplicación y los árboles de 'Manzanillo' receptores del polen.

La relación FP/FN en el 2004 tuvo un valor de 1,67 en el testigo; en el resto de los tratamientos no se observaron FP. En cambio, durante el 2005 la utilización de polen de 'Sevillano' y 'Barouni' tuvieron los valores más bajos en esta relación; por otro lado, al utilizar polen de 'Misión' y con autopolinización las relaciones fueron mayores, llegando hasta 5,54 FP por cada FN (Cuadro 2). Las relaciones anteriores se modificaron durante el desarrollo del fruto, debido a que en este período (≈ 30 días después de plena floración) aún se tenía caída de frutos, tanto normales como partenocárpicas; la situación anterior es normal en olivo, asumiendo que no hay alguna otra limitación al cultivo en este período inicial de desarrollo de frutos.

En general, las reducciones en las relaciones anteriores variaron entre 15% y 100% en las variedades 'Misión' y 'Barouni', respectivamente. Las diferencias en la reducción de las relaciones FP/FN se debieron a que en el caso del uso de polen de 'Misión' al tener menos presencia de frutos normales hubo menos caída de frutos en el período indicado, mientras que al utilizar polen de 'Barouni' se tuvo una mayor caída de frutos, tanto normales como partenocárpicas, cambiando la relación FP/FN en gran medida. La presencia de una mayor o menor cantidad de FP es resultado de la integración de aspectos como la condición de los árboles, el medio ambiente (especialmente temperaturas altas $\geq 28^\circ\text{C}$) y la disponibilidad de polen compatible alterno a la variedad de interés. Por otro lado, Rapoport y Rallo (1991) indican que en la ausencia o menor presencia de FN, la abscisión de FP es retrasada, debido a una menor competencia por derivados fotosintéticos en el desarrollo inicial de los FN. Este estudio explica parcialmente los cambios anteriores en las relaciones FP/FN.

Cuadro 2. Porcentaje de frutos normales y relación de frutos partenocárpicos y normales en ‘Manzanillo’ bajo polinización cruzada con diferentes fuentes de polen, en los años 2004-2005. Caborca, Sonora, México.

Fuente de polen	2004			2005		
	FN %	FP	Relación FP/FN*	FN %	FP	Relación FP/FN
Sevillano	100	0	----	93,8±15,1**	6,2	0,08
Misión	100	0	----	28,2±40,3	71,8	3,53
Ascolano	----	----	----	68,3±49,2	31,7	0,83
Barouni	100	0	----	87,5±30,6	12,5	0,10
Manzanillo***	87,5±33,5	12,5	1,67	38,5±48,0	61,5	5,54

* Relación de frutos normales (FN) y frutos partenocárpicos (FP).

** Media ± desviación estándar.

*** Manzanillo autopolinizado.

En este trabajo, durante el ciclo 2004 no se presentaron FP, con excepción del testigo que registró 12,5%. Por otra parte, en el ciclo 2005 se tuvieron FP en todos los tratamientos, aunque en diferente proporción, sobresaliendo los tratados con polen de ‘Sevillano’ y ‘Barouni’, mostrando la menor cantidad de este tipo de frutos. En este sentido, se considera que al haber una buena cantidad de flores (situación que se presentó en este ciclo 2004), lograr del 2 al 3% de cuajado de frutos asegura una buena producción en los árboles de olivo (Lavee y Datt 1978). En este estudio, los datos sobre FN muestran que los árboles polinizados con ‘Barouni’ y ‘Sevillano’ arrojaron producciones aceptables, aunque fue mejor el último polinizador.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sr. Rodolfo García Quintanar por su valiosa ayuda en el trabajo de campo, así como a los señores. Eduardo Méndez y Bernardo Murrieta por permitirnos realizar el estudio en su huerto. Finalmente, se agradece a la Fundación Produce Sonora A.C. por el apoyo económico para la realización del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Ateyyeh, AF; Stosser, R; Qrunfleh, M. 2000. Reproductive biology of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar ‘Nabali Baladi’. *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik* 74:255-270.
- Ayerza, R; Coates, W. 2004. Supplemental pollination: Increasing olive (*Olea europaea* L.) yields in hot, arid environments. *Experimental Agriculture* 40(4): 481-491.
- Civantos, L. 2001. La olivicultura en el mundo y en España (Capítulo 1). *In* Barranco, D; Fernández-Escobar, R; Rallo, L. eds. *El cultivo del olivo*. 4 ed. Coedición Ediciones Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. Madrid, España. p. 17-34.
- Cuevas, J; Polito, VS. 1997. Compatibility relationships in ‘Manzanillo’ olive. *HortScience* 32:1056-1058.
- Cuevas, J; Díaz-Hermoso, AJ; Galián, D; Hueso, JJ; Pinillos, V; Prieto, M; Sola, D; Polito, VS. 2001. Respuesta a la polinización cruzada y elección de polinizadores en los cultivares de olivo (*Olea europaea* L.) ‘Manzanilla de Sevilla’, ‘Hojiblanca’ y ‘Picual’. *Olivae* 85:26-32.
- Griggs, WH; Hartmann, HT; Bradley, MV; Iwakiri, BT; Whisler, JE. 1975. Olive pollination in California. California. Agricultural Experimental Station. Bulletin 869.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 2000. Síntesis geográfica del Estado de Sonora. Marco geoestadístico. Aguascalientes, México. 254 p.
- Koubouris, GC; Metzidakis, IT; Vasilakakakis, MD. 2010. Influence of cross-pollination on the development of parthenocarpic olive (*Olea europaea* L.) fruits (shotberries). *Experimental Agriculture* 46:67-76.
- Lavee, S; Datt, Z. 1978. The necessity of cross-pollination for fruit set of Manzanillo olives. *Journal of Horticultural Science* 53:261-266.
- Lavee, S; Taryan, J; Levin, J; Haskal, A. 2002. Importancia de la polinización cruzada en distintas variedades de olivo cultivadas en olivares intensivos de regadío. *Olivae* 91:25-36.
- Martin, GC; Nishijima, C; Early, JD. 1993. Sources of variation in olive flower and fruit populations. *HortScience* 28:697-698.
- Martin, GC; Ferguson, L; Sibbett, GS. 2005. Flowering, pollination, fruiting, alternate bearing and abscission. In Sibbett, GS; Ferguson, L. eds. *Olive production manual*. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 2 ed. Oakland, CA, USA. Publication 3353. p. 49-54.
- Navarro, AC. 1999. Situación del olivo en la región de Caborca, Sonora. Seminario Internacional El cultivo del olivo en el norte de México. Memoria técnica No. 1. Caborca, Sonora, INIFAP-CECAB. 48 p.
- Navarro, AC; López, CA; Grijalva, CL. 2003. Manzanillo olive fruit set as influenced by the source of pollen in a desertic condition. *HortScience* 38:813.
- Navarro, AC; López, CA. 2003. Influencia del uso de diferentes polinizadores en el cuajado de frutos de olivo (*Olea europaea* L.) 'Manzanillo' bajo condiciones desérticas. In *Memorias del VI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Mexicali, B.C., México. 5 p. CD-ROM.
- OEIDRUS (Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable). 2009. Serie histórica del cultivo del olivo. SAGARPA-Gobierno del Estado de Sonora, Sonora, México (en línea). Consultado 20 sep. 2011. Disponible en <http://www.oeidrus-sonora.gob.mx>.
- Pinney, K; Polito, VS. 1990. Olive pollen storage and *in vitro* germination. *Acta Horticulturae* 286:207-210.
- Pinillos, V; Cuevas, J. 2009. Open-pollination provides sufficient levels of cross-pollen in spanish monovarietal olive orchards. *HortScience* 44:499-502.
- Polito, VS. 2011. Pollination and fruit set. Sacramento Valley Olive Day, April 12, 2011. University of California-Davis, Department of Plant Sciences, UC Davis Olive Center. p. 25-26.
- Quero, A; Pinillos, V; Cuevas, J. 2002. Reduced ovule longevity increases cross-pollination response in olive. *Acta Horticulturae* 586:469-473.
- Rapoport, HF; Rallo, L. 1991. Fruit set and enlargement in fertilized and unfertilized olive ovaries. *HortScience* 26:896-898.
- SAS (SAS Institute Inc, US). 1996. SAS/STAT user's guide. Release 6.12. 4 ed. Vol. 1 and 2. Cary, N.C.
- Sibbett, GS; Freeman, M; Ferguson, L; Polito, VS. 1992. Effect of topically applied 'Sevillano' pollen on normal-seeded and parthenocarpic "shotberry" fruit set of 'Manzanillo' olive. *HortTechnology* 2:228-230.
- Wu, SB; Collins, G; Sedgley, M. 2002. Sexual compatibility within and between olive cultivars. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 77:665-673.