

## ESTUDIO COMPARATIVO DE LA POLINIZACION NATURAL Y ARTIFICIAL DE LA MANZANA CULTIVAR ANA (*Malus sp.*) EN UNA REGION ALTA DE COSTA RICA

Héctor J. Zúñiga

Agencia de Extensión Agrícola de Aserri. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica

Marcia Baraona y Fabio A. Blanco

Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Agrarias. Heredia 3000, Costa Rica

### RESUMEN

En una región alta de Costa Rica (1.500 m.s.n.m.) se estudió el efecto de diferentes tipos de polinización sobre el manzano cultivar Ana (*Malus sp.*). Los tratamientos fueron: 1. polinización manual con polen importado, de la variedad Jonathan, 2. polinización manual con polen nacional, de la variedad Noyle o Quintanilla, 3. polinización natural, y 4. autopolinización. Los tratamientos de polinización manual superaron a los otros dos en el número de semillas por fruto, fructificación efectiva y rendimiento y produjeron 80 % de los frutos con forma normal, mientras que los otros produjeron sólo 10 % de frutos normales. El polen importado presentó un 53 % de germinación mientras que el polen nacional exhibió un 74 %. A esto se atribuye que con polen nacional se obtuviera mayor número de semillas, fructificación y rendimiento. Se encontró que al aumentar el número de semillas disminuyó la carga de frutos y la probabilidad de que éstos sean normales aumenta, pero no se estableció relación alguna entre número de semillas y peso medio del fruto.

### ABSTRACT

Comparative study of natural and artificial pollination in trees of the apple cultivar Anna (*Malus sp.*). Four pollination treatments were compared on three-year old apple trees of the Anna cultivar, in a high land (1.500 meters above sea level) of Costa Rica. The treatments were as

follows: 1. Hand pollination with pollen from Jonathan variety, brought from abroad. 2. Hand pollination with locally collected pollen from the Noyle variety (also known as Quintanilla). 3. Natural pollination. 4. Self pollination. The hand pollination treatments surpassed the others as to the number of seeds per fruit and in the effective fruiting rate and yield; moreover, 80 % of their fruits were normal in shape, whereas the other treatments showed only 10 % of their fruits with that characteristic. Germination tests indicated that 53 % of pollen grains from Jonathan variety germinated as compared to 74 % for local pollen, which was in accordance with the latter obtaining a higher number of seeds per fruit and a higher fruiting rate and yield.

### INTRODUCCION

Desde hace décadas se ha venido impulsando la siembra de manzanos en Costa Rica. Sin embargo, no es hasta la introducción del cultivar Ana que se da un salto cuantitativo y cualitativo en su producción (Markus *et al.*, 1984). De las 32.5 ha que existían en 1982 en Costa Rica, se pasó a 400 ha en 1988 (Miranda, 1988).

La producción de manzano, un frutal de clima templado, en zonas tropicales, es posible mediante el uso de cultivares de bajo requerimiento de frío (Ruck, 1975), tales como Ana. Se recomienda también el uso de algunas prácticas culturales

especiales como: defoliación, uso de compensadores de frío, agobio, poda, incisiones anulares de la corteza, entre otras (Petri y Pasqual, 1981; Markus *et al.*, 1984; Petri, 1989).

Rendimientos de 15 TM, reportados en Costa Rica, resultan muy bajos comparados con las 100 TM obtenidas en Israel, país de origen del cultivar Ana (Markus *et al.*, 1984). Uno de los factores relacionados con la baja producción es la deficiente polinización. Siendo la manzana Ana parcialmente autoestéril, es necesaria la polinización cruzada con otras variedades para que produzca más (Rojas *et al.*, 1987).

La polinización cruzada es factible mediante el uso de árboles polinizadores en la plantación. Si éstos no existen, se pueden realizar injertos de variedades polinizadoras sobre algunos árboles o ramas de la variedad principal; también pueden colocarse ramas florales de los polinizadores en la plantación como medida temporal. Otra práctica usual en otros países es la polinización artificial en plantaciones comerciales (Petri y Pasqual, 1981; EMPASC, 1986).

La práctica de la polinización con polen importado se está utilizando en algunas plantaciones comerciales de Costa Rica, sin embargo, hasta ahora no se ha evaluado su efectividad. El presente trabajo se efectuó con el objetivo de comparar la efectividad de la polinización artificial con la polinización natural y autopolinización y evaluar el uso de dos tipos de polen en la polinización artificial.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó entre enero y junio de 1988 en una finca ubicada en el cantón de Aserrí, provincia de San José, a una altitud de 1.500 m.s.n.m. La precipitación media anual en la estación meteorológica más cercana es de 1.956 mm; la temperatura media es de 18,4 °C; el brillo solar promedio de 5,4 horas diarias y la humedad relativa media anual de 84 %. El sitio de estudio se encuentra ubicado en la zona de vida definida por Tosi (1969) como Bosque muy Húmedo Premontano.

La plantación de manzana del cultivar Ana

está establecida en un terreno con pendiente de 60 %, sobre terrazas de banco. Los árboles tenían tres años de edad en el momento del ensayo y presentaban una formación «tipo palmeta» con postes cada 10 m y alambre cada 0.6 m. Entre cada dos árboles de Ana existe un árbol polinizador Ein Shemer Nº 27.

En la investigación se emplearon 16 árboles ubicados sobre una misma terraza y con características muy homogéneas. Cada árbol constituyó una unidad experimental. Se seleccionó un diseño completamente aleatorio con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes:

1. Polinización manual, con polen puro importado, de la variedad Jonathan.
2. Polinización manual con polen puro, recolectado en el país, de la variedad Noyle o Quintanilla.
3. Autopolinización.
4. Polinización natural (abierta o cruzada).

Para recolectar el polen de la variedad Noyle se eligieron flores en estado de botón (próximas a su apertura) o recién abiertas. Sus anteras fueron separadas manualmente, se secaron a la sombra sobre un plato durante 48 horas y luego se almacenó en un frasco de vidrio herméticamente cerrado, a temperatura inferior a 0 °C en el congelador de una refrigeradora. Cuando se iba a polinizar se sacaba del frasco la cantidad necesaria para un día.

Ambos tipos de polen fueron sometidos a una prueba de germinación para determinar su viabilidad. Se utilizó como sustrato una solución con 18 % de sacarosa, 50 ppm de  $H_3BO_3$ , 50 ppm de KCl, 50 ppm de  $Mg(NO_3)_2$ , 125 ppm de  $Ca(NO_3)_2$  (Sanabria, 1987). Se pusieron granos de polen en un portaobjetos, se adicionó el sustrato con un gotero y después de tres horas se observó la germinación al microscopio.

Los árboles que recibieron los tratamientos 1, 2 y 3 se cubrieron con jaulas de cedazo plástico fino (orificios de 1.5 X 1.5 mm), con el fin de impedir la polinización etomófila con polen prove-

**CUADRO 1. NUMERO DE RAMILLETES FLORALES Y FLORES UTILIZADAS EN LOS ARBOLES ASIGNADOS A CADA TRATAMIENTO DE POLINIZACION (CUATRO ARBOLES POR TRATAMIENTO).**

TRATAMIENTO	RAMILLETES	FLORES
1. Polinización manual	70	230
con polen importado	50	160
de la variedad	50	160
Jonathan	38	97
2. Polinización manual con	50	174
polen nacional de la va-	52	182
riedad Noyle o Quintani-	50	174
lla	60	188
3. Autopolinización	53	256
	67	297
	54	209
	71	354
4. Polinización natural	62	296
	50	231
	56	232
	61	287

niente de otros árboles. En todos los árboles incluidos en el estudio se marcaron los botones florales y las flores recién abiertas que iban a ser empleadas. El número de flores y racimos o ramilletes seleccionados por árbol fue variable (cuadro 1), debido a que la afloración no fue uniforme y, en algunos árboles, insuficiente. Las jaulas se colocaron entre el 18 y 22 de enero de 1988 y se retiraron 37 días después; la marcación y polinización de flores se llevó a cabo entre 10 y 18 días posteriores a la colocación de las jaulas. Las flores se polinizaron con un pincel de pelo de camello N° 0. En los tratamientos de autopolinización y polinización natural se dejó un máximo de cinco flores por ramillete floral, el resto fueron eliminadas; en los otros tratamientos se eliminaron de los ramilletes las flores no polinizadas.

El cómputo de frutos caídos se inició 24 días después de la última polinización manual y se

prolongó hasta los 94 días. Se contó el número de semillas a todos los frutos caídos (75) y a una muestra aleatoria de 208 frutos cosechados, que incluyó frutos de todos los árboles. También se determinó el rendimiento por árbol, el peso individual, el porcentaje de superficie de color rojo y la forma de cada fruto cosechado. La fructificación efectiva se calculó como porcentaje de frutos cosechados, de dos formas: respecto del número de flores y del número de racimos o ramilletes florales marcados.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Caída de frutos y fructificación

Con polinización artificial, independientemente de la procedencia del polen usado, hubo menor caída de frutos y mayor fructificación ( $P < 0.01$ ) que con autopolinización o polinización natural (cuadro 2). Estos dos últimos tratamientos se comportaron en forma semejante en todas las variables medidas, debido a que el cultivar polinizador Ein Shemer N° 27 no produjo flores en el período de estudio, por lo que la «polinización natural» fue en esencia igual que la autopolinización. Los porcentajes de frutos caídos fueron similares en los dos tratamientos de polinización artificial, pero la fructificación efectiva, cuando se empleó polen nacional, fue cerca del doble de la obtenida con el polen importado (cuadro 2).

### Rendimiento

El peso medio de los frutos fluctuó entre 92 y 101 g y no estuvo influido por los tratamientos ( $P > 0.05$ ); el rendimiento por árbol fue, por tanto, determinado por la caída de frutos y la fructificación efectiva. Los rendimientos mayores se obtuvieron polinizando manualmente (cuadro 2), sobre todo con polen nacional, con el cual se produjo 86 % más que con el polen importado.

### Número de semillas por fruto

En todos los tratamientos se encontró que los frutos caídos tenían un menor número de semillas que los que permanecieron adheridos a los árboles hasta la madurez. Este fenómeno está asociado con la producción de sustancias hormonales

**CUADRO 2. RESULTADOS OBTENIDOS CON CUATRO TRATAMIENTOS DE POLINIZACIÓN EN MANZANO CULTIVAR ANA (*MALUS SP.*).**

Tratamiento	Frutos <sup>1</sup> caídos (%)	Fruct. efectiva con base en		Rendi- miento por árbol (g)	Núm. semillas en frutos		Partenocarpia en frutos		Superficie roja del fruto (%)
		flores (%)	racimos (%)		cosech. (%)	caídos (%)	cosech. (%)	caídos (%)	
Polinización manual, polen importado	12,6 b	15,0 b	46,6 b	2648,2 b	5,6 b	3,1 b	0,0 b	4,6 b	78,4a
Polinización manual, polen local	11,4 b	29,2 a	99,1 a	4925,2 a	7,0 a	5,4 a	0,0 b	0,0 c	78,1a
Autopolini- zación	30,6 a	2,2 c	10,2 c	684,0 c	1,0 c	0,2 c	62,9 a	68,4a	76,4a
Polinización natural	47,9 a	2,4 c	10,9 c	626,2 c	0,5 c	0,1 c	75,5 a	79,2 a	73,2a

1) Medias de una misma columna con letras iguales no difieren significativamente según prueba de T ( $P = 0.05$ ).

por los embriones de las semillas, las cuales evitan la caída de los frutos (Petri y Pasqual, 1981; Westwood, 1982; EMPASC, 1986). Así se explica también que ocurriera mayor porcentaje de frutos caídos en los tratamientos de autopolinización y polinización natural, donde el promedio de semillas por fruto fue cercano a cero y el porcentaje de frutos sin semillas fue muy alto (cuadro 2). Según Howlett (1954), citado por Pasqual *et al.* (1982), para asegurar una buena fructificación son necesarias de cuatro a seis semillas por fruto.

Cuando se polinizó con polen nacional, el número de semillas por fruto fue mayor que con polen importado, lo cual se debió posiblemente a que la viabilidad de aquel era mayor, pues se le determinó 74 % de germinación mientras que al importado, 53 %. A esto se atribuye también las diferencias de fructificación y rendimiento mencionadas anteriormente. Resultados similares obtuvo William (1966).

La relación entre el número de semillas y el

peso del fruto de manzana ha sido mencionada por otros autores (Childers, 1976, citado por Pasqual *et al.*, 1981; Díaz *et al.*, 1986). Ellos indican que cuanto mayor es el número de semillas, tanto más grandes y pesados son los frutos, ya que la presencia de semillas estimula el desarrollo del tejido adyacente al ovario; si no hay semillas los frutos son alargados y de menor peso. No obstante, en este experimento no se pudo establecer relación alguna entre ambas variables, a pesar de que el 19 % de los frutos de la muestra analizada con ese fin ( $n = 208$ ) no tenía semillas. Además, distribuyendo los frutos en categorías de acuerdo con el número de semillas (0 a 11 semillas), se encontró que el peso medio por fruto osciló aleatoriamente entre 80 y 117 g en las categorías de 0 a 10 semillas, y descendió a 48 g en la categoría de 11 semillas. La ausencia de esa relación puede atribuirse a que los tratamientos de autopolinización y polinización natural dieron lugar a la formación de muy pocos frutos, los cuales tuvieron plenitud de nutrientes disponibles para su crecimiento; por el contrario, cuando se efectuó polinización, se formaron numerosos frutos y no

hubo raleo posterior, por lo que la competencia entre frutos pudo haber sido más determinante para su desarrollo que el número de semillas.

### Forma y color del fruto

Se clasificaron las frutas en tres categorías de forma: normal, parcialmente normal y deforme. Los frutos característicos de la variedad, un poco alargados, con cinco puntas más o menos marcadas, con un ensanchamiento visible en la parte donde se ubican las semillas (Miller y Baker, 1982; Markus *et al.*, 1984; Díaz *et al.*, 1986), se asignaron a la categoría normal. El 90 % de los frutos cosechados se consideró normal. Mediante una prueba de Chi-cuadrada, se encontró dependencia ( $P < 0.01$ ) entre la forma del fruto y el tipo de polinización. En el caso del tratamiento de polinización natural, se esperaba mayor cantidad de frutos normales, pero por comportarse como autopolinización, esto no

sucedió. También se encontró dependencia entre la forma y el número de semillas ( $P < 0.01$ ); el fruto tendió a la normalidad conforme aumentó el número de semillas.

Los frutos se clasificaron también en cinco categorías, de acuerdo con la prominencia de las puntas de la parte calixinal, la cual no se encontró relacionada con variable alguna. El 91 % de los frutos presentó cinco puntas y el 63 % de ellos tenía las cinco puntas bien marcadas.

El porcentaje de superficie roja en los frutos no fue afectado por los tratamientos. Otros factores como el grado de madurez, altitud del cultivo, exposición de los frutos a la luz solar, posiblemente influyeron en la coloración. En los frutos cosechados los promedios de superficie roja oscilaron entre 73 y 79 %. Miller y Baker (1982) afirman que el color rojo de los frutos del cultivar Ana cubre el 50 % o más de la superficie de éstos.

### LITERATURA CITADA

- DIÁZ, M.D., J. MARTINEZ y W. SHERMAN. 1986. Apple and peach production in warm climates of North West, México. *Fruit Varieties Journal (México)* 40(4): 121-125.
- EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMPASC). 1986. Manual da cultura da macieira. Florianópolis, Brasil. 512 pp.
- MARKUS, Z., G. ROJAS y A. SOLÍS. 1984. Manzana «Ana». Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín Técnico Nº 81. 19 pp.
- MILLER, E. y L. BAKER. 1982. An evaluation of apple cultivars for Central and North Florida. *Proc. Florida State Horticultural Society* 95: 88-90.
- MIRANDA, E. 1988. El cultivo de la manzana en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín Acción del MAG Nº 6: 5-6.
- PASQUAL, M., J.L. PETRI y A.J. PEREIRA. 1981. Polinización en manzana. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 16(3): 431-437.
- PASQUAL, M., J.L. PETRI y C.S. MATTOS. 1982. Polinización de manzana. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 17(10): 1.477-1.481.
- PETRI, J.L. 1989. Interrupción de la dormancia o reposo invernal en manzanas. BASF. Reportes Agrícolas (RFA) Nº 2: 17-20.
- PETRI, J.L. y M. PASQUAL. 1981. Polinização da macieira no Alto Rio do Peixe. Brasil. Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuaria. Boletín Técnico Nº 1. 34 pp.
- ROJAS, G., F. ALPIZAR y R. CASTRO. 1987. El cultivo del manzano. Día de demostración. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Heredia, Costa Rica. 6 pp.
- RUCK, H.C. 1975. Deciduous fruit tree cultivars for tropical and subtropical regions. London. C.A.B. 91 pp.
- SANABRIA, E. 1987. Manual de Laboratorio de Fisiología Vegetal. Heredia, Costa Rica. Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. 47 pp.
- TOSTI, J.A. 1969. Mapa ecológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical.
- WESTWOOD, M. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Trad. L. Rallo. Madrid. Mundi Prensa. 460 pp.
- WILLIAM, R. 1966. A pollinator system for the single variety Cok's Orange Pippin orchard. In: *Pollination studies in fruit trees. Report. Long Ashton Research Station. University of Bristol. England.* Pp. 112-114.