

INDUCCIÓN Y DIFERENCIACIÓN FLORAL DE CUATRO CULTIVARES DE MANZANO EN CHILE

Flower induction and differentiation of four apple cultivars in Chile

Gustavo Adolfo Lobos¹ y José Antonio Yuri¹ *

ABSTRACT

The present study was conducted in San Clemente, Chile (35°33' S lat; 71°24' W long), during the 1996-1997 and 1997-1998 growing seasons, and was aimed to determine the approximate induction and flower differentiation dates on apples (*Malus domestica* Borkh.) cvs. Royal Gala, Fuji, Red Chief and Braeburn. Induction date was determined by applying gibberellin GA₄₊₇ (100 mg kg⁻¹) and weekly manual thinning, from full bloom up to 70 days after full bloom (DDPF). Flower differentiation was evaluated by collection and tissue dissection of floral buds, between December 1996 and June 1997. The period of maximum sensitivity of flower induction could only be determined by gibberellin application, which was found between 7 and 21 DDPF for R. Gala, R. Chief and Braeburn. Trials related with flower induction had high variation coefficients (22 to 57%), probably due to the rootstock (seedling), low G₄₊₇ concentration or inefficient thinning, and mainly due to high tree vigor, as shown by shoot length, 50 cm on average, which is almost twice of that recommended in other foreign literature. Nevertheless, data suggest that this event occurred about 14 and to 21 DDPF for GA₄₊₇ experiments, and around 35 days DDPF for thinning experiments. Flower differentiation was determined on January 6, 1997 (100 DDPF) in cv. Fuji, R. Chief and Braeburn, and January 20 (114 DDPF) in cv. R. Gala.

Key words: *Malus domestica*, gibberellin, manual thinning.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la zona de San Clemente, Chile (35°33' lat. Sur; 71°24' long. Oeste), durante las temporadas 1996-1997 y 1997-1998, con el fin de determinar las fechas aproximadas de inducción y diferenciación floral del manzano (*Malus domestica* Borkh.) cvs. Fuji, Royal Gala, Red Chief y Braeburn. La época de inducción se determinó mediante aplicaciones de giberelina GA₄₊₇ (100 mg kg⁻¹) y raleos manuales semanales, desde plena flor hasta 70 días después de plena flor (DDPF). La diferenciación floral se evaluó mediante la recolección y posterior disección histológica de yemas florales, entre diciembre de 1996 y junio de 1997. El periodo de máxima sensibilidad de inducción floral sólo se pudo determinar mediante la aplicación de giberelina, y en los cvs. R. Gala, R. Chief y Braeburn ocurrió entre 7 y 21 DDPF. Los ensayos de inducción floral presentaron un alto coeficiente de variación (22 a 57%), probablemente debido al portainjerto (franco), baja concentración de GA₄₊₇ o raleo deficiente, y principalmente, por un excesivo vigor de las plantas, representado por una longitud promedio de brotes de 50 cm, casi el doble de lo indicado por la literatura extranjera. A pesar de ello, existe evidencia para situarla hacia los 14 a 21 DDPF en los ensayos con G₄₊₇, y alrededor de 35 DDPF en los de raleo manual. La diferenciación floral se constató a partir del 6 de enero de 1997 (100 DDPF) para los cvs. Fuji, R. Chief y Braeburn, y el 20 de enero (114 DDPF) para el cv. R. Gala.

Palabras clave: *Malus domestica*, giberelina, raleo manual.

¹ Universidad de Talca, Centro de Pomáceas, Casilla 747, Talca, Chile. E-mail: ayuri@utalca.cl *Autor para correspondencia. Recibido: 9 de noviembre de 2004. Aceptado: 14 de abril de 2005.

INTRODUCCIÓN

El cambio fisiológico que se produce en las primeras semanas después de la floración y que condiciona la evolución de una yema vegetativa a floral se denomina inducción floral (Buban y Faust, 1982; Faust, 1989). Tras un corto período, este cambio fisiológico es seguido por otro morfológico, que conduce a la aparición de primordios florales, recibiendo el nombre de diferenciación floral (Gil-Albert, 1991).

En manzanos (*Malus domestica* Borkh.), la formación de flores coincide temporalmente con la formación de brotes y frutos. Esto implica que la fructificación influya sobre el metabolismo de las yemas jóvenes, llegando incluso a inhibir la floración de la próxima temporada (Li *et al.*, 1995).

Las giberelinas (GAs), producidas y liberadas por las semillas, son hormonas altamente inhibitorias de la inducción floral en numerosos frutales de hoja caduca. Mientras mayor es la cantidad de frutos en un árbol, mayor será la cantidad de GA liberada y, por ende, mayor la inhibición de la inducción floral para la siguiente temporada (Li *et al.*, 1995). Esto origina la tendencia natural a tener una producción alternada, que se caracteriza por la obtención de cosechas fluctuantes en el tiempo (año con alta carga frutal: año "on", seguido de año con baja carga: año "off"). Clásico es el trabajo de Chan y Cain (1967), quienes demostraron que los frutos partenocárpicos del cv. Spencer Seedless no inhibían la formación de flores, pero ésta sí ocurría cuando los frutos contenían semillas hasta tres semanas después de floración. Así, las GAs producidas por la semilla y transportadas a la yema, serían las causantes de esta inhibición o alternancia en la producción.

La inducción floral consta de dos fases fundamentales: una reversible, durante la cual la interrupción de los factores inductores anula la programación reproductiva de las yemas, y otra irreversible, en la cual la evolución endógena no podría ser alterada, aunque, eventualmente, sucesivos cambios de los mecanismos fisiológicos que controlan el proceso podrían modificarla, sobre todo en lo referido a la expresión de la sexualidad (Faust, 1989; Gil, 1992; Pessarakli, 2001). La inducción se hace irreversible unas cuatro a cinco semanas antes de iniciarse el cambio morfológico o diferenciación floral. El primer síntoma corresponde a un aplanamiento del ápice meristemático, al cual le sigue una fase caracterizada por la aparición de los primordios de sépalo, período en el cual el ápice adquiere una característica cóncava. Las etapas posteriores del proceso morfogénico consisten en la diferenciación de los últimos primordios de pétalo, estambre y, por último, del carpelo (Buban y Faust, 1982; Bernier *et al.*, 1981; Faust, 1989).

Aun cuando en Chile el manzano constituye la segunda especie frutal en superficie plantada, con cerca de 37.000 ha, no existen antecedentes sobre los períodos de formación de flores bajo las condiciones chilenas. Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo determinar la época de inducción y diferenciación floral de cuatro cultivares de manzanos en la zona central de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de campo se realizaron entre septiembre de 1996 y octubre de 1997, en un huerto ubicado en la comuna de San Clemente (35°33' lat. Sur; 71°24' long. Oeste; 357 m.s.n.m.), Región del Maule, Chile, considerando los cvs. Fuji, Royal Gala, Red Chief y Braeburn (Cuadro 1). El trabajo de

Cuadro 1. Resumen de las características de las plantas de manzano usadas en el ensayo.

Table 1. Summary of the characteristics of the apple plants used in the trial.

Cultivar	Polinizante	Distancia de plantación (m)	Año de plantación ^b	Diámetro promedio de tronco ^c (cm)	Fecha de plena flor (año 1996)
Fuji	Royal Gala	4 x 2	1990	31,2 ± 3,6	27/09
Royal Gala	Fuji	4 x 2	1990	28,3 ± 5,1	01/10
Red Chief	Hilliery ^a y Manchurian ^a	4 x 3	1992	15,8 ± 2,3	27/09
Braeburn	Hilliery ^a y Manchurian ^a	4 x 3	1992	18,3 ± 3,4	29/09

^a Polinizantes supernumerarios; ^b Plantado de ojo dormido sobre patrón franco; ^c Al 15 de septiembre de 1996.

laboratorio se desarrolló en el Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, entre julio de 1997 y octubre de 1998.

Determinación de la época de inducción floral

Para determinar la época de inducción floral se plantearon dos ensayos: 1) Aplicaciones de GAs (método de inhibición de la inducción floral), y 2) Raleo manual (método de estimulación de la inducción floral). Para el ensayo 1 se utilizaron los cuatro cultivares indicados anteriormente, mientras que para el ensayo 2, sólo los cvs. Fuji, Royal Gala y Red Chief.

El diseño utilizado fue completamente al azar, con 12 tratamientos por cultivar: aplicación de GA o raleo manual desde plena flor (Cuadro 1) hasta 70 días después de plena flor (DDPF), más un control con manejo de huerto. Se consideró ocho repeticiones por tratamiento (1 árbol = 1 repetición). La selección de los árboles se llevó a cabo en plena flor, teniendo en cuenta un nivel de floración representativo del huerto y un diámetro de tronco similar (Cuadro 1).

Ensayo 1: Determinación de la época de inducción floral mediante aplicaciones de GA. La GA utilizada correspondió a GA₄₊₇ (Provide, Abbott Laboratories, North Chicago, Illinois, EE.UU.), al 2% de ingrediente activo (i.a.), que ha demostrado ser más eficiente que GA₃ por varios autores (Tromp, 1982; Meador y Taylor, 1987; Unrath y Whitworth, 1991; Looney *et al.*, 1992b). La solución aplicada consideró una concentración de 100 mg kg⁻¹ de i.a., valor recomendado por Li *et al.* (1995). Esta solución se asperjó a todo el árbol hasta punto de goteo.

Ensayo 2: Determinación de la época de inducción floral mediante raleo manual. El raleo manual de flores o frutos se realizó en la totalidad del árbol, dejando sólo una flor (reina) o fruto por ramillete, resultando en una carga final de 400 a 500 flores o frutos por árbol. El testigo, por su parte, se dejó con la totalidad de la carga.

En la primavera siguiente (1997) se midió el retorno floral en ambos ensayos. La evaluación se hizo en cuatro ramas completas por árbol, con características fenológicas similares (número de nudos, diámetro y largo). En éstas se contaron los dardos florales y vegetativos y se calculó el porcentaje de aquellos florales.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para evaluar el retorno floral, y cuando fue necesario, una separación de medias con la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$). En los casos donde no se encontraron diferencias significativas, se contrastó cada media con el testigo.

Determinación de la fecha de diferenciación floral

Para los cuatro cultivares en estudio se recolectaron yemas de dardos. Las muestras, provenientes de sectores sin tratamiento GA₄₊₇ o raleo, se tomaron desde una altura aproximada desde el suelo de 1,0 a 1,5 m, considerando características similares en cuanto a forma y tamaño. Esta recolección fue semanal desde diciembre de 1996 hasta febrero de 1997, quincenalmente durante marzo, y finalizó en forma mensual en los meses de abril, mayo y junio. Para cada fecha y cultivar se analizaron 15 yemas provenientes de 15 plantas diferentes.

Para determinar la fecha de diferenciación floral, se fotografiaron cortes histológicos con la ayuda de un microscopio óptico (Zeiss Standard 25, Zeiss, Oberkochen, Alemania). Una vez fotografiados los cortes, se estableció el estado de diferenciación característico para cada cultivar, al comparar el desarrollo en cada fecha y eligiendo el más frecuentemente observado.

Histología de yemas

Se eliminaron las brácteas de las yemas recolectadas. Luego se siguió el procedimiento para la infiltración y preparación de tejidos para histología descrito por Jensen (1962). Las yemas se fijaron en una solución de FAA (5% de formaldehído, 5% de ácido acético y 90% de etanol 95%) y luego se deshidrataron en una serie creciente de etanol (70, 80 y 95%), con una duración de 60 min por etapa.

Para la inclusión en resina plástica de hidroxietil metacrilato (Leica Historesin Embedding Kit, Leica Instruments GmbH, Wetzlar, Alemania), se preparó una solución de infiltración (SI), disolviendo 0,5 g de peróxido de benzolil (Leica) en 50 mL de resina básica (Leica). Se realizó una preinfiltración en una solución compuesta de 50% de SI y 50% de etanol 95%, durante 60 min. Luego se infiltraron los tejidos en SI pura, hasta que éstos se tornaron translúcidos y precipitaron. Ambos pasos se realizaron bajo condiciones de vacío leve por 30 min de acuerdo a las instrucciones del fabricante (Leica Instruments GmbH).

Posteriormente se preparó una nueva solución con SI y endurecedor (Leica Historesin Embedding Kit, Leica Instruments GmbH, Wetzlar, Alemania), en una relación de 15:1, con la cual se llenaron las cápsulas plásticas (0,5 mL c/u), donde se depositaron los tejidos. Luego, los cubos plásticos se adhirieron a un soporte de madera y se seccionó el explante (grosor de 15 μ m) utilizando un micrótopo de deslizamiento horizontal (Microm HM 400 R, Microm International GmbH, Walldorf, Alemania). Los cortes se recolectaron en agua destilada y se tiñeron con una solución acuosa de azul de toluidina (0,1%), durante 20 s. Posteriormente se lavaron con agua destilada, se dejaron secar sobre un portaobjeto, se fijaron y sellaron con una mezcla (preparada) de xileno más alquilar acrilato (Entellan, Merck, Darmstadt, Alemania).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inducción floral

Ensayos con giberelina

Respecto de los ensayos con giberelina, los menores valores de retorno floral indicaron el efecto inhibitorio de la aplicación hormonal sobre la inducción floral (Figuras 1, 2 y 3), lo que se originaría por una acumulación directa de GA o su transporte a la yema del dardo subordinado (Buban y Faust, 1982; Li *et al.*, 1995).

Para el cv. Fuji no fue posible detectar diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$), probablemente debido al alto coeficiente de variación (CV) observado (57%). La gran media del retorno floral fue de 40,7%, y sus rangos variaron entre 23% (14 DDPF) y 52% (70 DDPF). Al contrastar el testigo con cada tratamiento en forma individual, se encontró que la aplicación correspondiente a los 14 DDPF fue la única que mostró diferencias significativas. Esto implicaría que si la variabilidad del ensayo hubiese sido menor, las fechas más cercanas a este tratamiento evidenciarían el momento más sensible de la inducción floral, respuesta que sería similar a lo observado para los otros cultivares.

Para el cv. Royal Gala (Figura 1), los tratamientos con menor retorno floral se ubicaron entre los 7 y 21 DDPF. Según estos resultados, a partir de los 28 DDPF no existiría respuesta en cuanto a la inducción floral. Los cvs. Red Chief (Figura 2) y Braeburn (Figura 3), tienen un comportamiento similar a Royal Gala, por lo que en todos estos cultivares la inducción floral habría concluido a los 21 DDPF.

Lo anterior es concordante con lo obtenido por Tromp (1982) para el cv. Cox's Orange Pippin. En contraposición, McArtney y Li (1998) señalan que para el cv. Braeburn este período se encuentra entre los 63 y 84 DDPF. A su vez, Li *et al.* (1995)

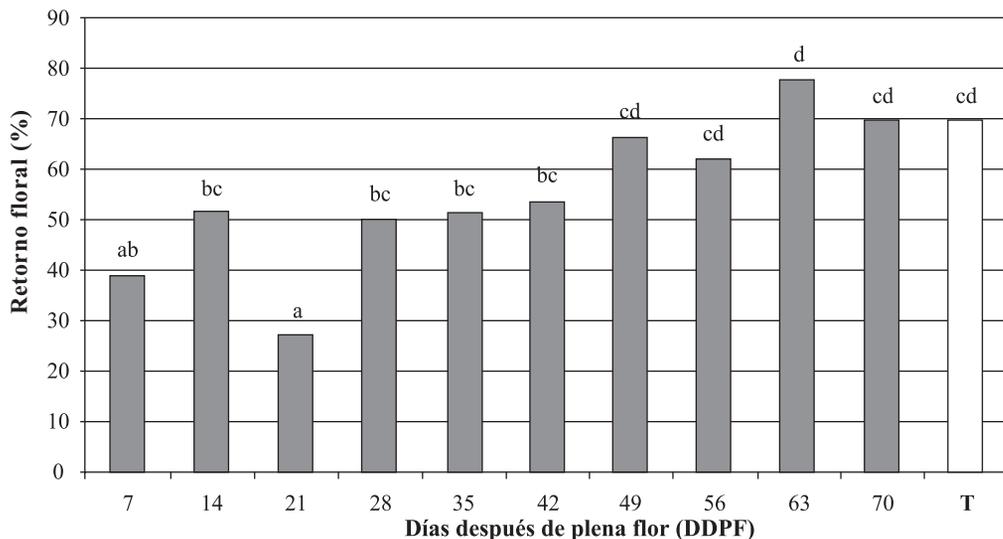


Figura 1. Porcentaje de retorno floral como efecto de tratamientos con giberelina GA_{4+7} en manzano cv. Royal Gala.

Figure 1. Flower return percentage as affected by gibberellin GA_{4+7} treatments on apple trees cv. Royal Gala.

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P \leq 0,05$); T = Testigo.

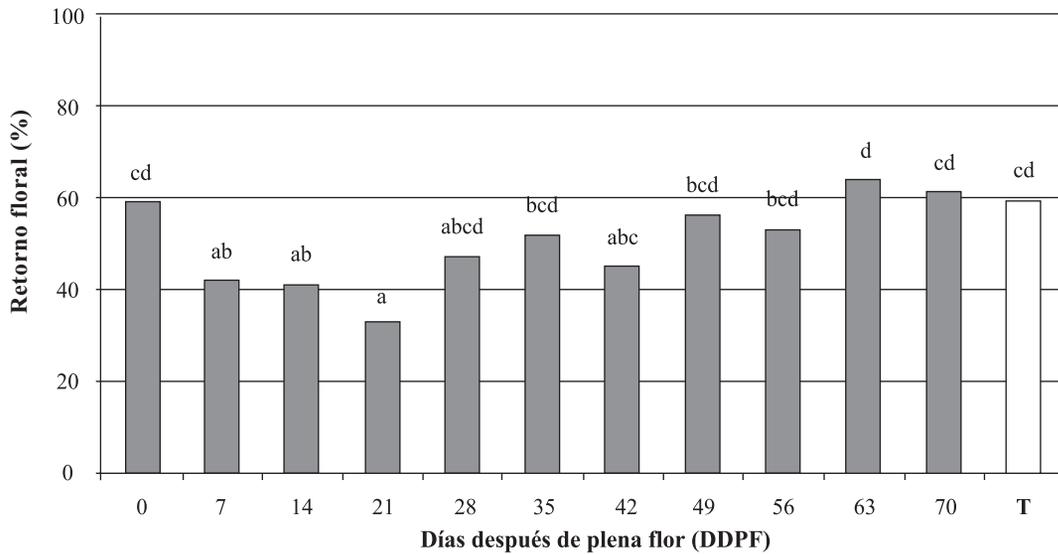


Figura 2. Porcentaje de retorno floral como efecto de tratamientos con giberelina GA_{4+7} en manzano cv. Red Chief.
Figure 2. Flower return percentage as affected by gibberellin GA_{4+7} treatments on apple trees cv. Red Chief.

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P \leq 0,05$); T = Testigo.

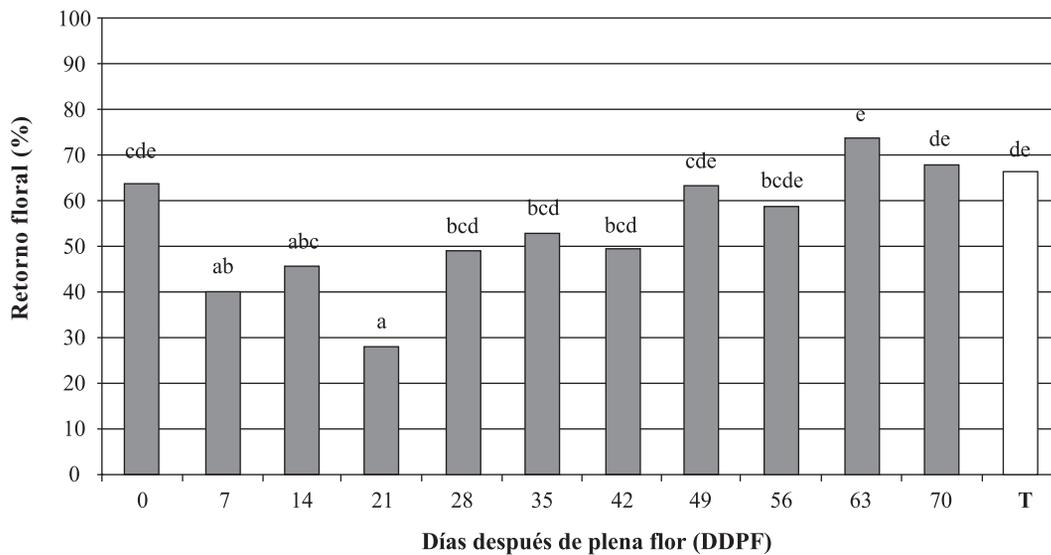


Figura 3. Porcentaje de retorno floral como efecto de tratamientos con giberelina GA_{4+7} en manzano cv. Braeburn.
Figure 3. Flower return percentage as affected by gibberellin GA_{4+7} treatments on apple trees cv. Braeburn.

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P \leq 0,05$); T = Testigo.

empleando GA_3 en dos temporadas, obtuvieron el mayor efecto entre 45 a 65 DDPF con el cv. Red Fuji, y entre 34 y 70 DDPF para el cv. Ralls Janet.

Ensayos con raleo manual

En estos ensayos, el valor de floración más alto estaría indicando que el raleo fue oportuno en bajar la carga de GA natural (semillas del fruto) y la

competencia por nutrientes de las yemas contiguas a la fruta, lo que favorecería el retorno floral.

A pesar de la existencia de diferencias estadísticamente significativas y a que el raleo manual mostró menos variabilidad que el ensayo con GA_{4+7} (de los cultivares ensayados, nuevamente Fuji presentó el CV más alto: 39,6%), el efecto de los tratamientos

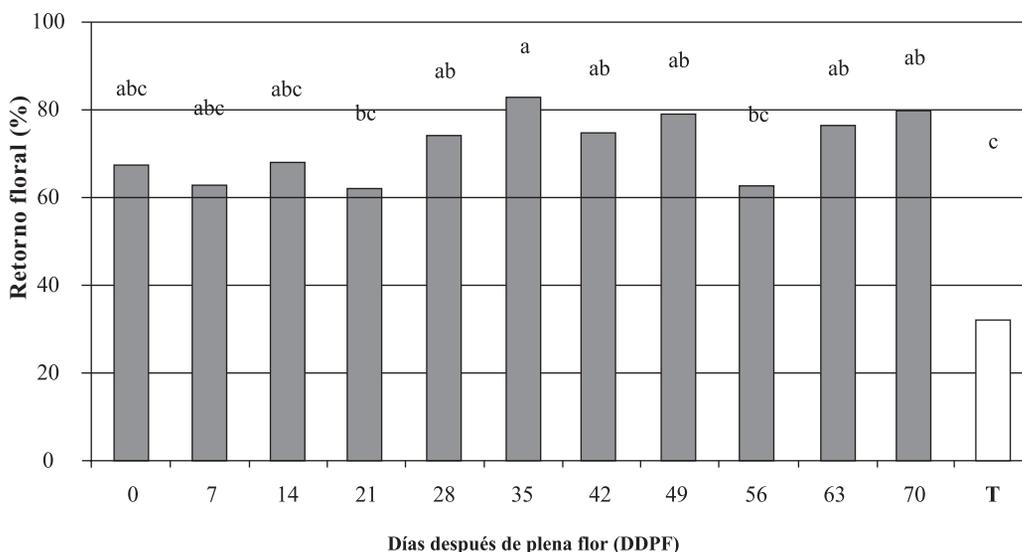


Figura 4. Porcentaje de retorno floral como efecto de tratamientos con raleo manual, en manzano cv. Fuji.
Figure 4. Flower return percentage as affected by manual thinning treatments on apple trees cv. Fuji.

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P \leq 0,05$); T = Testigo.

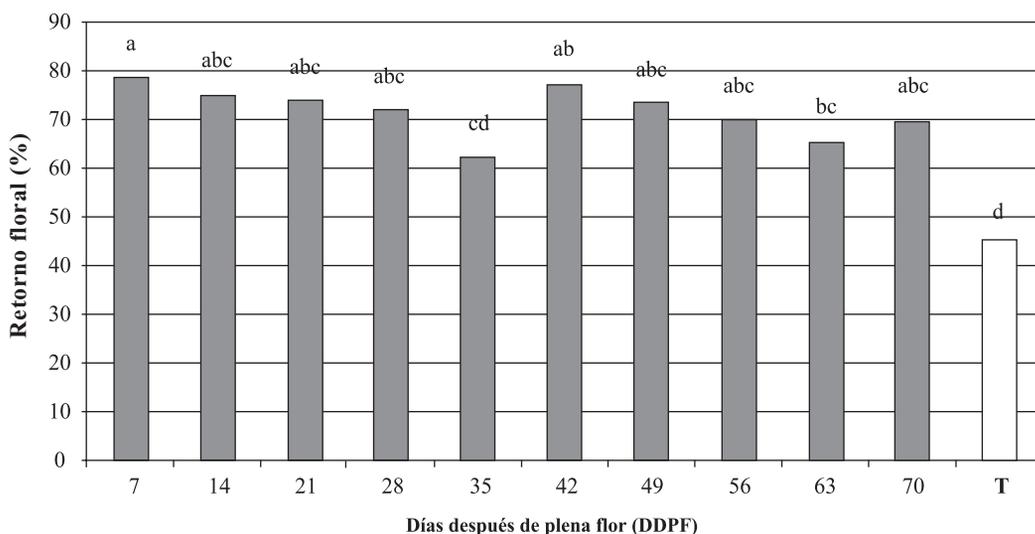


Figura 5. Porcentaje de retorno floral como efecto de tratamientos con raleo manual, en manzano cv. Royal Gala.
Figure 5. Flower return percentage as affected by manual thinning treatments on apple trees cv. Royal Gala.

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P \leq 0,05$); T = Testigo.

fue menos marcado y no permitió observar un período acotado de máxima sensibilidad (Figuras 4, 5 y 6), por lo que al momento de definir la probable fecha de inducción floral mediante eliminación de frutos, sólo se podría hablar de una tendencia hacia los 35 DDPF.

Cronológicamente, estos resultados son muy similares a los observados por Li *et al.* (1995), quienes

determinaron un notorio aumento de la proporción del retorno floral, cuando la remoción de flores/frutos (en árboles jóvenes) se realizó hasta los 35 DDPF. A su vez, Gil (1992) define el período crítico para un raleo en 30 DDPF, siendo prácticamente inútil después de los 70 DDPF, resultados que se asemejan a los obtenidos por Chan y Cain (1967). Por su parte, Ryugo (1986) concluyó que la eliminación periódica de flores y frutos en dardos de

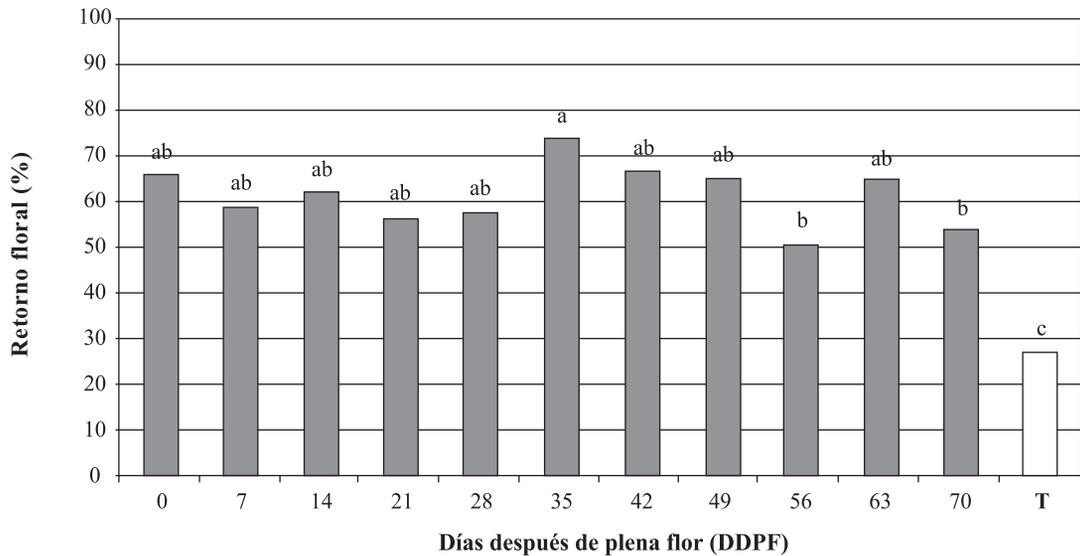


Figura 6. Porcentaje de retorno floral como efecto de tratamientos con raleo manual, en manzano cv. Red Chief.
Figure 6. Flower return percentage as affected by manual thinning treatments on apple trees cv. Red Chief.

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba de Duncan ($P \leq 0,05$); T = Testigo.

manzanos, perales (*Pyrus communis* L.) y ciruelos (*Prunus domestica* L.), indican que la inducción floral tiene lugar entre los 42 y 63 DDPF. Lo anterior es concordante con lo investigado por Chan y Cain (1967), quienes encontraron que el contenido de GA en semillas y los dardos de manzano que sostienen la fruta, logra su máximo nivel entre los 42 a 70 DDPF.

Factores asociados a los resultados de la inducción floral

Existen algunas razones que podrían explicar la variabilidad de los resultados obtenidos en la determinación del período de inducción floral: la heterogeneidad del portainjerto (franco) y el exceso de

vigor de todos los cultivares en el huerto, expresado en un crecimiento promedio de ramillas de 50 cm, valor superior al rango sugerido como adecuado para estos cultivares (British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1993).

También existiría una variabilidad originada por el ciclo productivo del huerto (año “on” - año “off”), lo que originaría diferencias en cuanto a la amplitud del período de sensibilidad de la inducción floral. Esto ha sido respaldado por las investigaciones de Fulford (1973), citado por Li *et al.* (1995), quienes encontraron que el período de sensibilidad para un año “off” es más corto que para uno “on”. Por otro lado, Marino y Greene (1981) mostraron que para el

Cuadro 2. Evolución de la diferenciación floral para los cuatro cultivares de manzano en estudio (flor terminal en días después de plena flor-DDPF).

Table 2. Evolution of floral differentiation for the four apple cultivars under study (terminal bud flower in days after full bloom-DDPF).

Cultivar	Inicio		Sépalo		Pétalo		Estambre I ^b		Estambre II ^c		Carpelo	
	DDPF	GDA ^a	DDPF	GDA ^a	DDPF	GDA ^a	DDPF	GDA ^a	DDPF	GDA ^a	DDPF	GDA ^a
Royal Gala	114	1.320	156	1.923	173	2.166	184	2.309	214	2.660	242	2.870
Fuji	100	1.052	135	1.579	153	1.848	156	1.890	184	2.285	214	2.650
Red Chief	100	1.052	121	1.392	127	1.473	134	1.566	169	2.083	188	2.335
Braeburn	100	1.058	111	1.252	116	1.334	126	1.473	150	1.821	183	2.286

^a Grados día acumulado, base 7°C, desde plena flor; ^b Primeras visualizaciones; ^c Desarrollo evidente de los estambres.

cv. Early McIntosh, la presencia de alta carga frutal inhibe antes la formación de yemas florales, comparado con una carga baja.

Debido a la carencia de frío invernal suficiente para una adecuada salida del receso, fue necesaria la aplicación de cianamida hidrogenada estabilizada (Dormex, SKW Trostberg AG, Trostberg, Alemania) en el invierno de 1997, previo a la medición del retorno floral; ello, sin embargo, no debió afectar la floración en el ensayo, considerando que las yemas se encontraban total e irreversiblemente diferenciadas.

Probablemente el alto vigor, expresado en largo de ramilla, tuvo un efecto de dilución de la GA. Lo anterior podría verse reflejado en la utilización de un tipo de GA (Li *et al.*, 1994; Callejas *et al.*, 1998) y dosis no adecuadas para las condiciones del huerto. Tromp (1982) no logró diferenciar el efecto de distintas giberelinas (500 mg kg^{-1}) sobre el crecimiento anual de ramillas. Este resultado se contrapone al obtenido por Taylor (1975), quien detectó diferencias al usar GA_{4+7} (en las concentraciones de este ensayo) y Callejas *et al.* (1998) al usar GA_3 , GA_4 y GA_7 (250 mg L^{-1}). Para mejorar el efecto de la hormona podría ser necesario un aumento en la concentración de ésta, junto al uso de agentes humectantes o adherentes (Meador y Taylor, 1987; Looney *et al.*, 1992a y 1992b).

En los ensayos con raleo manual los resultados no mostraron una tendencia definida, debido probablemente a una insuficiente remoción de frutos. El testigo, a pesar de tener presente toda la carga giberélica (semillas), no logró diferenciarse del resto de los tratamientos en los cvs. Fuji y Royal Gala. Esta situación pudo ser superada en el cv. Red Chief, posiblemente por su condición dardífera, que concentra sus centros de producción (menor dilución de los efectos). Al respecto, Chan y Cain (1967) y luego Taylor y Knight (1986), encontraron que la cantidad de frutos producidos por dardos no tiene mayor influencia en la respuesta de la floración, debido a la poca movilidad de la GA.

Diferenciación floral

Los cvs. Fuji, Braeburn y Red Chief comenzaron la diferenciación floral de sépalos, en promedio, 100 DDPF (Cuadro 2); en cambio el cv. Royal Gala, lo hizo a los 114 DDPF. Esto avalaría lo investigado por Ghasemi y Grigorian (2000), quienes observaron que en el cv. Golden Delicious la iniciación

floral comienza a mediados de julio, lo que en el Hemisferio Sur correspondería a mediados de enero.

Faust (1989) señala que se requieren de 8 a 14 días desde que comienza la diferenciación hasta la aparición de los primeros primordios florales; por esta razón, el verdadero comienzo de la diferenciación ocurriría algo antes de los cambios detectados histológicamente. Buban y Faust (1982) indican que la diferenciación comenzaría entre 62 a 90 DDPF, dependiendo del cultivar, portainjerto, sistema de conducción y carga frutal, dato que es similar a lo expresado por Gil (1992). Pratt (1988), en cambio, señala que comenzaría 21 a 42 DDPF.

La aparición de los sépalos se registró a los 156, 135, 121 y 111 DDPF para los cvs. Royal Gala, Fuji, Red Chief y Braeburn, respectivamente; para los pétalos, este período fue de 173, 153, 127 y 116 DDPF; los primordios de estambres se observaron a los 184, 156, 134 y 126 DDPF, haciéndose evidente su presencia a los 214, 184, 169 y 150 DDPF; la diferenciación del carpelo se detectó a los 242, 214, 188 y 183 DDPF (Cuadro 2).

Existen claras diferencias entre cultivares en el largo del proceso de diferenciación de la flor terminal o reina (desde su inicio hasta aparición del carpelo); mientras para el cv. Royal Gala el proceso toma 128 días, para el cv. Braeburn éste es de 83 días (Cuadro 2). Al analizar los datos desde la perspectiva de los grados día acumulados (GDA, Cuadro 2), dichas diferencias son menores.

Debido a la precisión que requieren los cortes histológicos, en el sentido de hacerlos coincidir con el punto exacto de diferenciación, fue más difícil detectar con claridad la diferenciación en las flores laterales del ramillete; aún así, los primordios de dichas flores se hicieron evidentes con la aparición de los sépalos en los mismos cortes histológicos en donde se registró la formación de los primeros estambres de la flor principal; es decir, 184, 156, 134 y 126 DDPF, para los cvs. Royal Gala, Fuji, Red Chief y Braeburn, respectivamente (Cuadro 2). Por su parte, la detección de los pétalos de la flor lateral, coincidió con el desarrollo evidente de estambres de la flor reina. A su vez, la visualización de los estambres en la flor lateral ocurrió a los 260, 238, 239, 242 DDPF. Finalmente, la diferenciación del carpelo en flores laterales se registró entre los

260 y 280 DDPF. Este desfase es mencionado por Buban y Faust (1982) como normal, y continuaría hasta el momento de la anthesis, explicando la apertura más tardía en comparación a la flor central.

CONCLUSIONES

A pesar del alto coeficiente de variación observado, el período de máxima sensibilidad para la inducción floral mediante las aplicaciones semanales de GA_{4+7} se estableció entre los 7 y 21 días después de plena flor, para los cvs. Royal Gala, Red Chief y Braeburn. Dicho período no se pudo determinar con certeza para el cv. Fuji.

A pesar de la existencia de diferencias estadísticamente significativas en los ensayos con raleo ma-

nual, el efecto de los tratamientos fue menos marcado y sólo permiten plantear una mayor probabilidad hacia los 35 DDPF.

Bajo las condiciones del presente estudio (patrón franco, huerto ubicado en San Clemente), la diferenciación floral, observada histológicamente, comenzaría alrededor del 6 de enero para los cvs. Fuji, Red Chief y Braeburn, y el 20 de enero para el cv. Royal Gala.

La evolución de la diferenciación floral, claramente depende de cada cultivar. Así, en el cv. Braeburn toma 83 días o 1.228 GDA (desde el inicio de la diferenciación hasta la aparición del carpelo en la flor reina), Red Chief 88 días (1.283 GDA), Fuji 114 días (1.598 GDA) y Royal Gala 128 días (1.550 GDA).

LITERATURA CITADA

- Bernier, G., J. Kinet, and R. Sachs. 1981. The physiology of flowering. Vol I. The initiation of flowers. 274 p. CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA.
- British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 1993. Tree fruit production guide for commercial growers: interior districts. 135 p. British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Victoria, British Columbia, Canada.
- Buban, T., and M. Faust. 1982. Flower bud induction in apple trees: Internal control and differentiation. *Hortic. Rev.* 4:174-202.
- Callejas, R., F. Bangerth, J. Guardiola, J. Garcia-Martinez, and J. Quinlan. 1998. Is auxin export of apple fruit an alternative signal for inhibition of flower bud induction? Proc. Int. Symp. on Plant Bioregulators in Fruit Production 8th, Valencia, Spain. 1-4 April, 1997. *Acta Hortic.* 463:271-277.
- Chan, B., and J. Cain. 1967. The effect of seed formation on subsequent flowering in apple. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 91:63-68.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. 388 p. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Ghasemi, A., and V. Grigorian. 2000. Study of organogenesis in golden delicious apple trees. *Seed Plant* 16:313-326.
- Gil, G. 1992. El raleo químico de manzanos. *Revista Frutícola* 13:57-66.
- Gil-Albert, F. 1991. Tratado de arboricultura frutal. Vol N° 1: Morfología y fisiología del árbol frutal. 104 p. 4^a ed. Ministerio de Agricultura y Alimentación. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Jensen, W. 1962. Botanical histochemistry: principles and practice. 408 p. W.H. Freeman and Co, San Francisco, California, USA.
- Li, S., Z. Meng, T. Li, H. Liu, and Y. Tu. 1994. New methods to research the critical period of flower bud induction in apple trees. *Adv. Hortic.* 1:338-341.
- Li, S., Z. Meng, T. Liu, and Y. Tu. 1995. Critical period of flower bud induction in Red Fuji and Ralls Janet apple trees. *Gartenbauwissenschaft* 60:240-245.
- Looney, N., R. Granger, C. Chu, L. Mander, and R. Pharis. 1992a. Influences of gibberellins A_4 , A_{4+7} , and A_4 +iso- A_7 on apple fruit quality and tree productivity. II. Other effects on fruit quality and importance of fruit position within the tree canopy. *J. Hortic. Sci.* 67:841-847.
- Looney, N., R. Granger, C. Chu, S. McCartney, L. Mander, and R. Pharis. 1992b. Influences of gibberellins A_4 , A_{4+7} , and A_4 +iso- A_7 on apple fruit quality and tree productivity. I. Effects on fruit russet and tree yield components. *J. Hortic. Sci.* 67:613-618.
- Marino, F., and W. Greene. 1981. Involvement of gibberellins in biennial bearing of Early McIntosh apples. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 106:593-596.

- McArtney, S., and S. Li. 1998. Selective inhibition of flowering on Braeburn apple trees with gibberellins. *HortScience* 33:699-700.
- Meador, D., and B. Taylor. 1987. Effect of early season foliar sprays of GA₄₊₇ on russetting and return bloom of Golden Delicious apple. *HortScience* 22:412-415.
- Pessarakli, M. 2001. Handbook of plant and crop physiology. 1000 p. 2nd ed. Marcel Decker Inc., New York, USA.
- Pratt, C. 1988. Apple flower and fruit: morphology and anatomy. *Hortic. Rev.* 10:273-308.
- Ryugo, K. 1986. Flower induction in apples, manipulation and hormones, a review. *Acta Hortic.* 179:301-307.
- Taylor, B. 1975. Reduction of apple skin russetting by gibberellin A₄₊₇. *J. Hortic. Sci.* 50:169-172.
- Taylor, D., and J. Knight. 1986. Russetting and cracking of apple and their control with plant growth regulators. *Acta Hortic.* 179:819-820.
- Tromp, J. 1982. Flower-bud formation in apple as affected by various gibberellins. *J. Hortic. Sci.* 57:277-282.
- Unrath, C.R., and J. Whitworth. 1991. Suppression of apple bloom with gibberellin sprays. *J. Hortic. Sci.* 66:155-157.