

Manejo de la dormición de manzanos en el sur del Uruguay

Severino Vivian¹, Arbiza Héctor¹, Arias Mercedes¹, Manzi Matías¹, Gravina Alfredo¹

¹Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Garzón 780. CP12900. Sayago. Montevideo. Correo electrónico: vseverin@fagro.edu.uy

Recibido: 23/8/10 Aceptado: 20/9/12

Resumen

El uso de productos compensadores de frío en manzana (*Malus domestica*) es una técnica ampliamente difundida en Uruguay. Este trabajo evaluó la respuesta a la aplicación de compensadores en dos variedades (Red Chief y Granny Smith), en tres momentos de aplicación (MA) en 2005 y 2006. Los compensadores fueron evaluados en un experimento factorial con dos factores, producto y momento. Los productos aplicados fueron cianamida hidrogenada (H_2CN_2) al 2,5%, aceite mineral parafínico al 3%, aceite mineral parafínico refinado al 2%, y una combinación de H_2CN_2 al 0,75% + aceite mineral parafínico al 2%. La primera aplicación fue realizada cuando se alcanzaron 250 UF (modelo UTAH) (primera quincena agosto), las siguientes, la primera y tercera semana de setiembre. El inicio de salida de endodormancia se fijó cuando se alcanzó el 50% de la caída de hojas y su finalización fue definida cuando se alcanzó el 50% de yemas brotadas en brindillas en cámara de crecimiento controlado. Semanalmente se evaluó el porcentaje de brotación en condiciones de campo, se cuantificó el crecimiento de brotes vegetativos. En cosecha se evaluó firmeza de pulpa y contenido de sólidos solubles y almidón. Para la mayoría de las condiciones, los efectos 'MA x producto' y 'producto' sobre la brotación no fueron significativos, mostrando significancia el efecto 'MA'. Los tratamientos en el segundo y tercer momento mostraron un significativo incremento del porcentaje de yemas brotadas con respecto al control, mientras que los tratamientos aplicados en el primer momento presentaron un adelanto de la misma.

Palabras clave: aceite mineral, cianamida hidrogenada, endodormancia, *Malus domestica*, Unidades de Frío

Summary

Endodormancy in Apple: Management Techniques in Southern Uruguay

Chemical rest breaking agents to compensate chilling requirements in apple (*Malus domestica* Borkh) are widely used in Uruguay (34° 37' SL). This study evaluated the response to the application of rest breaking products in two varieties (Red Chief and Granny Smith), in three moments (AT), during 2005 and 2006. Treatments were evaluated in a factorial arrangement with two factors, product and moment. Products evaluated were: Hydrogen Cyanamide (2.5%), mineral paraffinic oil (3%), refined paraffinic mineral oil (2%) and a mixture of Hydrogen Cyanamide (0.75%) and paraffinic mineral oil (2%). The first application was performed at 250 CU (UTAH model) (during the first 15 days of August), and the following the first and third week of September. Beginning of the endodormancy release was determined when 50% of leaf fell, and completion was defined when 50% of one year old buds sprouted in a grow chamber. Budbreak percentage under field conditions was evaluated weekly, and new shoot length was quantified. At harvest, flesh firmness, soluble solids and starch content were measured. For most cases, 'AT x product' interaction and 'product' effect on budbreak percentage were not significant, while 'AT' effect was significant. Chemical products applied at the second and third AT significantly increased budbreak percentage with respect to control, while products applied first triggered earlier budbreak.

Key words: mineral oil, hydrogen cyanamide, endodormancy, *Malus domestica*, Refrigeration Units

Introducción

Los efectos de la falta de acumulación de frío invernal para el levantamiento de la endodormancia sobre la producción de diferentes especies frutales están ampliamente reportados (Arora *et al.*, 2003; Fennell, 1999; McPherson *et al.*, 1997). Erez (1987) detalla tres niveles de sintomatología asociados a dicha deficiencia: i) pocas yemas brotadas, poco desarrollo del follaje, floración espaciada, y frecuentemente flores anormales; ii) retraso en la foliación y floración; iii) poco cuajado de fruta y temprano cese del crecimiento.

Dado que los cultivos frutales permanecen muchos años en producción y que la influencia de las condiciones de producción de un año se manifiestan durante algunos ciclos productivos, la importancia de superar correctamente esta etapa es fundamental. Los cultivares del Grupo Delicious, que constituyen la mayor superficie plantada en la zona sur del Uruguay (35 °S) y aquellos que tienen las mayores áreas plantadas en los últimos años (grupo Gala y grupo Fuji) (DIEA, 2010) no siempre satisfacen sus requerimientos.

A pesar del acuerdo existente en que la transición por la endodormancia es dependiente de las bajas temperaturas y es afectada negativamente por las altas temperaturas (Labuschagné *et al.*, 2003), el requerimiento de frío invernal para salir de este estado es considerado como uno de los procesos más desconocidos de la ecofisiología de los frutales.

El rompimiento de la dormancia se encuentra relacionado a diferentes compuestos entre los cuales pueden destacarse: ácido abscísico (ABA), putrescina, etileno, ácido 1-aminociclopropano -1-carbónico (ACC), todos ellos relacionados a metabolismos en respuesta al estrés (Faust, 1989). Estos compuestos son afectados por los productos utilizados como compensadores de frío, algunos de los cuales se encuentran actualmente prohibidos por su efecto sobre el ambiente o la salud humana (ej. DNOC) y otros como la thiourea que han presentado problemas de fitotoxicidad (Erez y Couvillon, 1987). Los aceites minerales, la cianamida cálcica o cianamida hidrogenada y reguladores de crecimiento como giberelinas y citoquininas también son reportados como capaces de romper la dormancia (Erez y Couvillon, 1987). Los reguladores de crecimiento presentan limitantes de costos en su utilización, y existe un cuestionamiento a la cianamida hidrogenada con relación a los daños sobre la salud humana (Settimi *et al.*, 2005) que ha estimulado la búsqueda de nuevos productos (Botelho y Müller, 2007). A pesar de ello, los aceites minerales y la cianamida hidrogenada, solos o en combinación, son los que actualmente se muestran más adecuados.

El efecto de los productos compensadores sobre el desarrollo de la brotación depende del grado de avance del proceso de endodormancia en el que se encuentra el vegetal, pudiendo presentarse desde ausencia de efecto hasta efectos fitotóxicos. En el extremo de la ausencia total de frío no existe producto químico capaz de quebrar la dormancia de las yemas, incluso en aquellos cultivares con bajos requerimientos (Erez, 1987). Las aplicaciones tardías o las altas concentraciones pueden incrementar el riesgo de fitotoxicidad (Gemma, 1995). Dada esta dependencia del estado de endodormancia, la predicción del avance del proceso en función de la cuantificación del frío ocurrido, es un insumo fundamental para ajustar la técnica de aplicación de productos químicos con efecto compensador.

Los antecedentes de investigación nacional al respecto son escasos y fueron conducidos en la década de 1970 bajo condiciones de cultivo algo distintas a las actuales, con menores exigencias de calidad de fruta, diferente distribución varietal, diferencias en la relación de costos, baja superficie de cultivos regados, diferente disponibilidad de productos, etc. Los resultados de estos ensayos marcaron que la aplicación de aceite Dormant (típico aceite de invierno de la época, no utilizado actualmente) entre finales de julio y principio de agosto, a la dosis del 4% permitió lograr una adecuada uniformidad en la floración así como también un adelanto de una semana en la brotación (Carbonell *et al.*, 1977).

Los efectos del frío sobre las yemas de los frutales en el período de endodormición están relacionados a mecanismos de estrés que pueden ser aumentados o profundizados por aplicaciones de compuestos químicos. La eficiencia de aplicación de los compensadores, evaluada en las características de la brotación y su efecto sobre las características de la fruta en cosecha, varía en función a la satisfacción de los requerimientos de frío alcanzados al momento de la aplicación.

El presente trabajo propone contribuir a la toma de decisiones en relación con las aplicaciones de compensadores de frío en las condiciones de cultivo del sur del Uruguay, mediante el análisis de la respuesta de los cultivares de manzano Red Chief y Granny Smith a diferentes combinaciones de producto y momentos de aplicación.

Materiales y métodos

El ensayo fue conducido durante las temporadas 2005-2006 y 2006-2007 en un cuadro en producción de manzanos del cultivar Red Chief, con Granny Smith como polinizadora, ubicado en la localidad de Juanicó, Canelones (34° 37' S, 56° 11' W, 40 m sobre el nivel del mar).

El diseño correspondió a bloques completos al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, y unidades experimentales de dos árboles.

El experimento correspondió a un diseño factorial de dos factores: producto y momento de aplicación (MA). Para ambos cultivares los productos aplicados fueron: aceite mineral parafínico (AMP) al 3% (Frutelf I, residuos no sulfonables no menor a 92%), aceite mineral parafínico refinado (AMPR) al 2% (Elf P-C Spray oil 15 E, residuos no sulfonables 99%) y cianamida hidrogenada (CH) al 1,25% (Dormex®, H₂CN₂ 50%). En el cultivar Red Chief se adicionó un tratamiento que combina CH al 0,75% + AMP al 2%. Las aplicaciones fueron realizadas a punto de goteo con un gasto aproximado de 700L/ha y los momentos de aplicación se determinaron en función del progreso del estado de endormancia, cuantificado según el modelo Utah (Richardson *et al.*, 1974) con datos provenientes de estación meteorológica y la fecha de brotación estimada. El primer momento de aplicación fue realizado una vez alcanzadas 250 UF, correspondiendo a la primera quincena de agosto en ambos ciclos productivos. La segunda y tercera aplicación fueron realizadas la primera y tercera decena de setiembre respectivamente. Las unidades de frío contabilizadas para dichas aplicaciones fueron: 395 y 347 para la segunda aplicación de los años 2005 y 2006 respectivamente; y 525 y 368 para las aplicaciones realizadas en iguales años en la tercera fecha.

La brotación fue evaluada a intervalos semanales en una rama por árbol desde mediados de setiembre (fecha en la que comenzaron a registrarse yemas brotadas), hasta que se alcanzó la brotación final, resultando un período de seis semanas. En cada rama evaluada, constituida por madera de hasta tres años y con la relación de estructuras propia de cada variedad, se evaluaron entre 50 y 200 yemas, resultando en un número de yemas evaluadas que varió entre 2883 y 4753 yemas para cada variedad y año. En dicha evaluación se determinó el porcentaje de brotación, registrándose para cada yema, la ubicación (lateral o apical) y el estado de brotación según la siguiente adaptación de la escala de Chapman y Catlin (1976). Estado 1: estados 1 y 2 de la escala original (yema dormida y punta plateada); estado 2: estados 3 y 4 de la escala original, punta verde; estado 3: estados 5, 6 y 7 de la escala original (de pimpollo a flor abierta); estado 4, estados 8 y 9 de la escala original (caída de pétalos y fruto cuajado). Previo a la realización de la poda de verano se registró el largo de brotes y el diámetro ecuatorial de fruto en 15 frutos por árbol. La cosecha se realizó según el criterio comercial de la

quinta, determinándose el estado de madurez en una muestra de 15 frutos por árbol a los que se evaluó firmeza de pulpa en tres puntos de la zona ecuatorial, contenido de sólidos solubles e índice de almidón mediante la utilización de los siguientes instrumentos y escalas: penetrómetro Mc Cormick puntero 11 mm, refractómetro Atago ATC-1E y escala de yodo (CTIFL, 2002).

El análisis estadístico varió en función del tipo de variable analizada. Los porcentajes de brotación se evaluaron según el test de razón de verosimilitud, con el modelo lineal generalizado (McCullagh y Nelder, 1989), asumiendo distribución binomial y utilizándose la función logit del procedimiento genmod. El porcentaje de brotación fue determinado para cada condición (cultivar, tratamiento, fecha de evaluación) por medio de la construcción de un intervalo de confianza con $\alpha=0,05$. La fecha de inicio de brotación se determinó cuando el intervalo estimado para el porcentaje alcanza el valor 50. Las variables continuas (largo de brote, presión de pulpa y sólidos solubles) fueron analizadas mediante un modelo lineal mixto, asumiendo distribución normal, considerando los bloques como aleatorios y varianzas homogéneas dentro de tratamiento. La diferencia de medias se analizó mediante el test de Tukey.

En función del carácter ordinal de las variables índice de almidón y estado de brotación, las mismas se analizaron mediante un análisis ponderado de mínimos cuadrados mediante el procedimiento catmod, utilizando como función de respuesta los niveles de respuesta de la variable.

El nivel de significancia (α) utilizado en las comparaciones fue 0,05 para todas las variables.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa SAS© 2008.

Resultados

En las Figuras 1 y 2 se presenta el efecto principal momento de aplicación (MA), sobre los porcentajes de brotación por fecha de evaluación, correspondientes al cultivar Red Chief en las temporadas 2005 y 2006 respectivamente, y en las Figuras 7 y 8 se presenta la información correspondiente al cultivar Granny Smith. Los porcentajes de brotación según tratamiento y fecha de evaluación, se presentan en las Figuras 3 a 6 para las condiciones Red Chief 05, Red Chief 06, Granny Smith 05 y Granny Smith 06 respectivamente. En Red Chief, la brotación de los árboles con tratamientos aplicados en los MA 1 y 2 en ambos ciclos (a excepción de AMP 1 en el ciclo 06, AMPR2 y CH+AMP2 en el ciclo 05) mostraron adelantos de una semana con

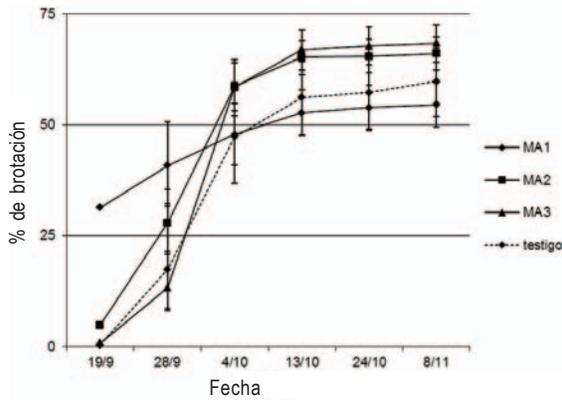


Figura 1. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación (MA), cultivar Red Chief, temporada 2005 (MA1, primer quincena de agosto (250 UF); MA2 y MA3 primera y tercera decena de setiembre respectivamente).

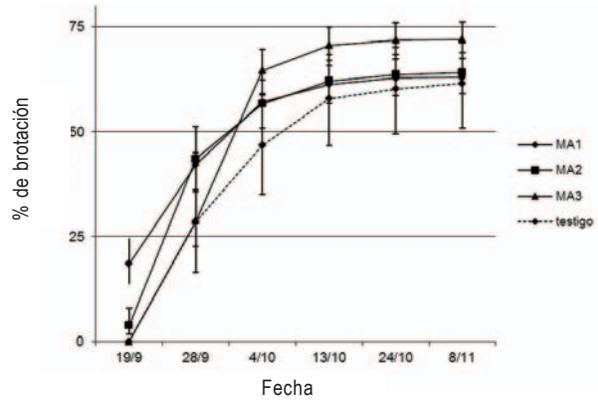


Figura 2. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación (MA), cultivar Red Chief, temporada 2006 (MA1, primera quincena de agosto (250 UF); MA2 y MA3 primera y tercera decena de setiembre respectivamente).

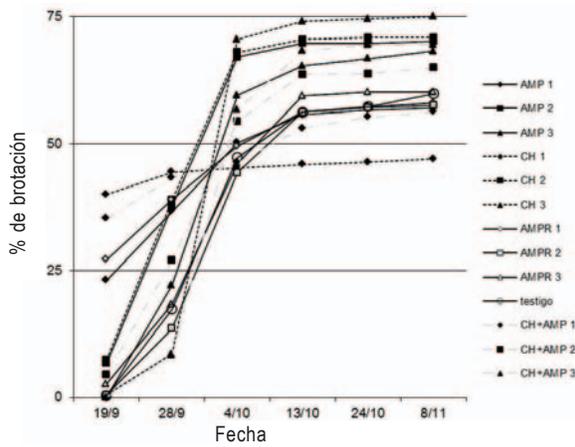


Figura 3. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y tratamiento, cultivar Red Chief, temporada 2005.

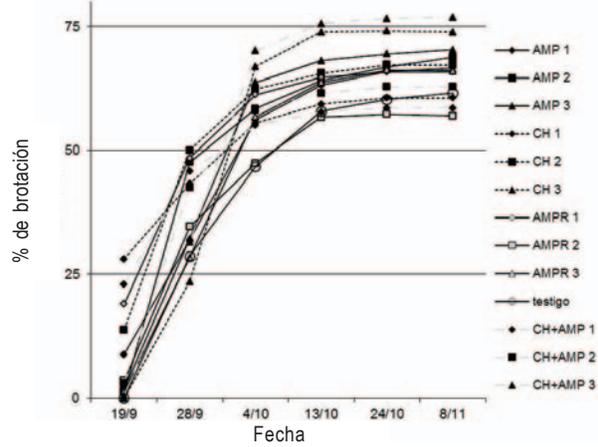


Figura 4. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y tratamiento, cultivar Red Chief, temporada 2006.

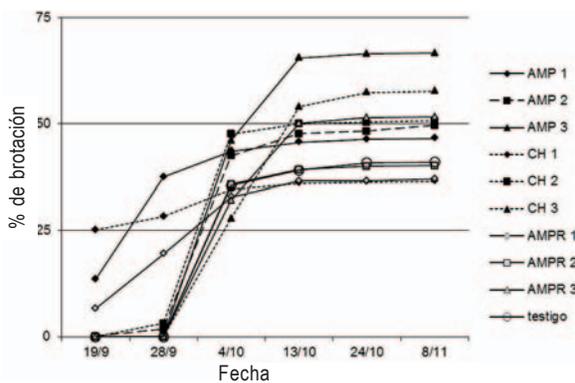


Figura 5. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y tratamiento, cultivar Granny Smith, temporada 2005.

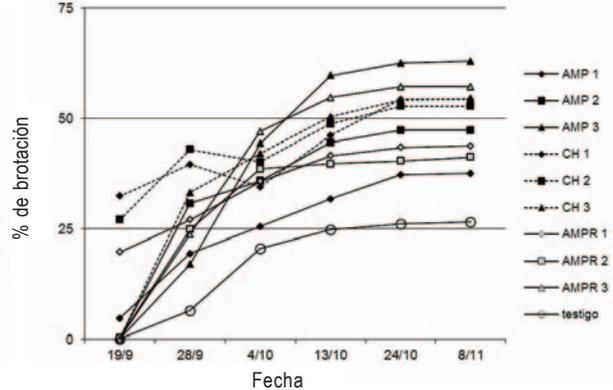


Figura 6. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y tratamiento, cultivar Granny Smith, temporada 2006.

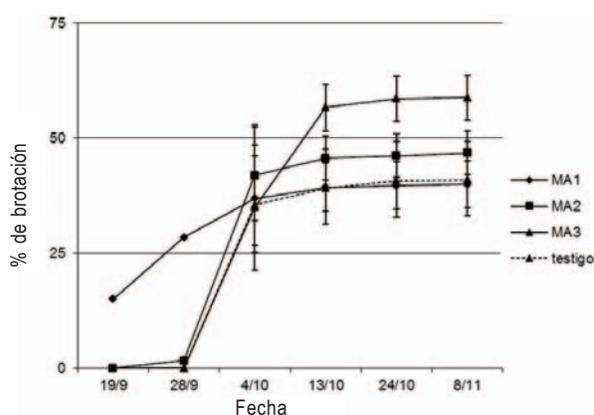


Figura 7. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Granny Smith, temporada 2005.

respecto a los restantes tratamientos (incluido el testigo) que alcanzaron brotaciones del 50% el 4 de octubre (Figuras 3 y 4). Estos resultados muestran en el análisis por efecto principal momento de aplicación, adelantos significativos en relación al testigo para el MA 1 en ambos ciclos y para el MA 2 del ciclo 2006 (Figuras 1 y 2). El cultivar Granny Smith mostró un comportamiento diferente al presentado por Red Chief, inclusive con notorias variaciones entre años. En el ciclo 05, Granny Smith presentó una fuerte homogeneidad de brotación, en la fecha 4 de octubre todos los tratamientos a excepción de CH3 alcanzaron el valor 50% en las estimaciones y el efecto de adelantamiento solo fue presentado por el tratamiento AMP 1 (Figura 5). En la temporada 06 el testigo nunca alcanzó el 50%, presentando valores de brotación máxima de 26%. Se determinan entonces dos grados de adelantamiento, aquellos tratamientos que alcanzan estimaciones del 50% en la fecha 28 de setiembre (CH 1 y 2) y aquellos con adelantamiento moderado, 50% de brotación el 4 de octubre, integrado por los tratamientos aplicados en el tercer momento (MA3). Cuando el análisis es realizado en relación al testigo, en la fecha 4 de octubre todos los tratamientos a excepción del AMP 1 muestran brotaciones mayores al testigo, diferencia que se mantiene hasta el fin de la brotación (Figura 6). En las situaciones Granny Smith/05, Red Chief/05 y Red Chief/06, las diferencias de brotación final con respecto al testigo se presentan de manera consistente, solo para las aplicaciones que contienen CH y que fueron realizadas en el tercer momento (Figuras 3 a 5).

Las diferencias entre años, mostradas en el análisis por efecto principal MA sobre el porcentaje de brotación en Granny

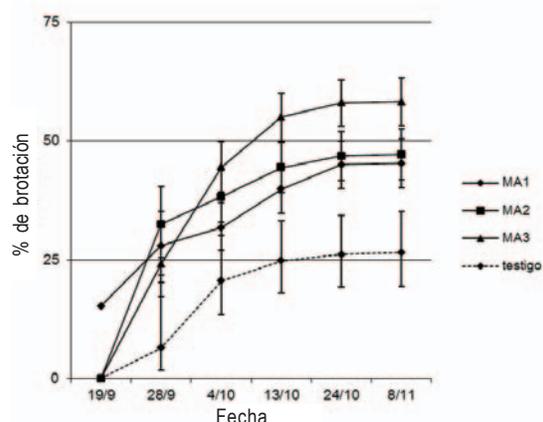


Figura 8. Porcentaje de brotación según fecha de evaluación y efecto principal momento de aplicación, cultivar Granny Smith, temporada 2006.

Smith, se muestran en la Figuras 7 y 8, en donde se observa una diferencia tanto en el comportamiento del tratamiento testigo como en los momentos de aplicación de productos. En el ciclo 2005, el testigo muestra un comportamiento similar al presentado por el cultivar Red Chief, lo cual puede observarse también en el análisis del efecto principal MA. Granny Smith en 2006 presentó un comportamiento diferente a las restantes situaciones (Granny Smith/05, Red Chief/05 y 06), tanto en relación al tratamiento testigo, que no supera el 50% de brotación en ninguna fecha de evaluación, como al efecto principal MA, para el cual no se presentan diferencias hasta la evaluación del 24 de octubre, a partir de la cual MA3 presenta porcentajes de brotación mayores que los restantes MA y que el tratamiento testigo.

El análisis de efectos principales e interacción entre factores sobre el porcentaje de brotación para ambos cultivares y ciclos se presenta en el Cuadro 1. En él se muestran las significancias correspondientes a las fechas de inicio de brotación (28/9), fin de brotación (8/11) y fecha en la que la mayoría de los tratamientos alcanzan el 50% de brotación (13/10).

En el Cuadro 2 se presenta el porcentaje final de brotación alcanzado por cada cultivar en función del momento de aplicación (MA).

Conjuntamente con el aumento del porcentaje de yemas brotadas en la fecha 28 de setiembre, resultante de las aplicaciones en los primeros momentos, puede observarse en estas estructuras un mayor grado de desarrollo. Para todas las condiciones cultivar año, las aplicaciones del MA 1 presentan mayores avances en la brotación para esta fecha (Cuadro 3). El MA 2, si bien no es siempre diferente

Cuadro 1. Significancia de efectos principales de los factores (producto, momento) e interacción sobre el porcentaje de brotación según cultivar y año.

Cultivar	Efecto	28/9	13/10	08/11
R. Chief 05	producto	ns	0,0185	ns
	momento	<0,0001	0,0320	<0,0001
	prod*mom	ns	ns	ns
R. Chief 06	producto	ns	ns	ns
	momento	0,0141	0,0263	0,0255
	prod*mom	ns	ns	ns
Granny 05	producto	ns	0,0288	0,0079
	momento	<0,0001	0,0008	<0,0001
	prod*mom	ns	ns	ns
Granny 06	producto	0,0100	ns	ns
	momento	ns	0,0019	0,0050
	prod*mom	ns	ns	ns

ns = no significativo, Tuckey $\alpha < 0,05$.**Cuadro 2.** Porcentaje final de brotación según cultivar, año y momento de aplicación.

Momento	Red Chief '05	Red Chief '06	G. Smith '05	G. Smith '06
3	68,2 a	71,8 a	58,7 a	58,2 a
2	65,9 a	63,9 b	46,8 b	47,1 b
1	54,5 b	62,9 b	40,0 b	45,2 b

Valores dentro de la misma columna, seguidos por letras diferentes, difieren significativamente de acuerdo al test de Tuckey $\alpha < 0,05$.**Cuadro 3.** Estado de desarrollo de estructuras según cultivar, año (Estado 1: yema dormida y punta plateada, estado 2: punta verde; estado 3: pimpollo a flor abierta; estado 4: caída de pétalos y fruto cuajado).

		28/9	13/10	8/11
Granny smith 05	MA1		3,1 a	3,9 a
	MA2		2,8 b	4,0 a
	MA3		2,4 d	4,0 a
	testigo		2,5 c	3,9 a
Granny smith 06	MA1	2,1 a	2,8 a	3,7 b
	MA2	1,6 b	2,7 a	3,9 a
	MA3	1,6 b	2,3 b	3,9 a
	testigo	1,1 c	2,2 b	3,8 ab
Red chief 05	MA1	2,2 a	3,2 a	3,9 b
	MA2	1,5 b	2,8 b	3,9 ab
	MA3	1,4 c	2,6 c	3,9 a
	testigo	1,5 c	2,6 c	3,8 c
Red chief 06	MA1	2,2 a	3,2 a	3,9 b
	MA2	1,9 b	3,2 a	3,9 b
	MA3	1,7 c	3,0 b	4,0 a
	testigo	1,5 d	2,7 c	4,0 ab

Valores dentro de la misma columna, seguidos por letras diferentes, difieren significativamente de acuerdo al test de Tuckey $\alpha < 0,05$.

Cuadro 4. Porcentaje de brotación según la ubicación de la yema en la brindilla y momento de aplicación de productos para cada condición cultivar-año.

Momento	Posición	G. Smith '05	R. Chief '05	G. Smith '06	R. Chief '06
1	apical	100,0	96,8	94,7	97,1
2	apical	100,0	96,8	93,3	97,7
3	apical	100,0	98,2	100,0	98,0
3	1 ¹	62,0	68,5	44,0	64,6
2	1	48,5	66,1	24,4	41,9
1	1	43,1	41,9	43,9	48,5
3	2 ²	68,5	68,5	53,8	66,4
2	2	53,8	71,6	25,7	36,3
1	2	53,7	51,2	39,4	56,8

¹ Primera, segunda y tercer yema debajo de la apical.

² Cuarta, quinta y sexta yema debajo de la apical.

Valores dentro de la misma columna, seguidos por letras diferentes, difieren significativamente de acuerdo al test de Tuckey $\alpha < 0,05$.

del MA 3, alcanza en todas las condiciones un desarrollo mayor que el tratamiento testigo. Las diferencias en el desarrollo disminuyen en la medida en que avanza la estación y la brotación se ve determinada.

Los resultados de ubicación de la yema brotada en la brindilla en función del momento de aplicación de los productos, se presenta en el Cuadro 4, en donde la posición 1 corresponde a las 1^a, 2^a y 3^a yema debajo de la apical y la posición 2 corresponde a la 4^a, 5^a y 6^a yema por debajo de la apical.

Los resultados de largo de brotes y tamaño de fruto (evaluado en diciembre-enero) no presentaron diferencias entre tratamientos (datos no mostrados). Las variables relacionadas a la madurez de fruto en cosecha, mostraron comportamientos distintos para ambos cultivares. Para el cultivar de mayor período de crecimiento (Granny Smith) los

tratamientos aplicados no modificaron significativamente el estado de madurez de los frutos en el momento de la cosecha, mientras que para Red Chief se alcanzaron diferencias estadísticas en estas variables (Cuadros 5 y 6).

Discusión

En el análisis factorial realizado puede observarse la alta significancia presentada por el factor momento de aplicación (MA) sobre el porcentaje de brotación en todas las fechas de evaluación y la falta de significancia del efecto de la interacción entre los factores (Cuadro 1). Estos resultados confirman lo reportado por diferentes autores (Díaz *et al.*, 1987; Arora *et al.*, 2003; Subhadrabandhu, 1995; Finetto, 1997) con relación a las diferencias en el efecto de los tratamientos compensadores de frío, de acuerdo al mo-

Cuadro 5. Indicadores de madurez según tratamiento en el cultivar Granny Smith.

Producto	Momento	Sólidos solubles (°Brix)	Presión de pulpa (kg)
AMP	1	12,0	7,9
AMP	2	12,4	8,3
AMP	3	12,5	8,1
CH	1	12,9	7,9
CH	2	12,6	8,2
CH	3	12,6	8,0
AMPR	1	12,1	7,6
AMPR	2	12,2	7,8
AMPR	3	12,0	7,8
Testigo		120	8,0
Significancia	$\alpha = 0,05$	ns	ns

Cuadro 6. Contenido de sólidos solubles (°Brix) y presión de pulpa (kg/cm²) según tratamiento en el cultivar Red Chief.

Producto	Momento	sólidos solubles (°Brix)	Presión de pulpa(kg)
CH	1	13,5	7,50
CH+AMP	1	13,4	7,53
AMP	1	12,6	7,59
AMP	3	12,2	7,28
CH+AMP	3	12,2	7,56
CH	3	12,1	7,62
AMP	2	12,1	7,37
CH	2	12,0	7,74
CH+AMP	2	12,0	7,38
AMPR	3	11,9	7,43
Testigo		11,9	7,37
AMPR	1	11,9	7,35
AMPR	2	11,8	7,39

Valores dentro de la misma columna, seguidos por letras diferentes, difieren significativamente de acuerdo al test de Tuckey $\alpha < 0,05$.

mento de aplicación, y permiten analizar la evolución de la brotación y sus porcentajes finales en función del momento de aplicación. Las aplicaciones realizadas en las primeras fechas, determinaron un significativo adelanto de la brotación (Figuras 1 a 8). La diferencia de comportamiento presentada por el cultivar Granny Smith podría estar relacionada con el bajo porcentaje final de brotación que obtuvo el testigo. Este adelantamiento en la brotación se ve acompañado de una variación en la ubicación de las yemas brotadas en la rama (Cuadro 4) y una modificación en el grado de desarrollo de las estructuras (Cuadro 3). Los porcentajes de yemas laterales brotadas (Cuadro 4) se ven disminuidos en la mayoría de las situaciones para los tratamientos aplicados en primera y segunda fecha, en relación con los aplicados en la tercera fecha, lo que podría estar relacionado con un aumento en la dominancia apical de acuerdo a lo planteado por Mahhou *et al.* (2003) y Cook (2010).

La mayor brotación de yemas laterales alcanzada por los tratamientos aplicados en la última fecha determina un mayor porcentaje de brotación final, efecto que se vuelve más destacado en aquellos tratamientos que incluyen cianamida hidrogenada (Figuras 3 a 6). Esta respuesta, que incluye mayores porcentajes de brotación y menores tiempos entre el inicio y finalización de la brotación, es citada por Saure (1985) como efecto normalizador de las aplicaciones realizadas con un mayor requerimiento de frío ya cubierto.

Los efectos sobre la dominancia apical y la anticipación en la fecha de brotación, no mostraron modificaciones del

largo promedio de brote, lo que puede relacionarse en mayor medida con la metodología de evaluación, que con una falta real de efecto, dado que el número de brindillas muestreado resultó muy variable entre las unidades experimentales.

Los indicadores de madurez no presentan diferencias significativas en el cultivar Granny Smith y las diferencias detectadas en el cultivar Red Chief no muestran una tendencia clara desde el punto de vista agronómico (Cuadros 5 y 6). El largo período de crecimiento de fruto de estos cultivares, reduce el efecto que tienen las modificaciones en la brotación sobre la madurez del fruto, comportamiento que también fue observado para el cultivar Fuji (datos no mostrados). Por otra parte, la falta de respuesta observada en el crecimiento vegetativo y los primeros estados de desarrollo del fruto, así como la contemporaneidad de los manejos realizados sobre el cultivo, podrían haber contribuido a la falta de respuesta observada en los indicadores de madurez.

En cultivares de menor período de crecimiento de fruto, como Royal Gala (datos no mostrados) se obtuvieron adelantos de fecha de cosecha superiores a los 13 días, fundamentalmente en las aplicaciones tempranas de cianamida hidrogenada. Similares resultados son citados en otras regiones por Petri y Stuker (1995), Hasseb y Elezaby (1995), Mahhou *et al.* (2003) y Mizobutsi *et al.* (2003).

En forma general, los resultados de este trabajo muestran que el efecto de los compensadores de frío en los cultivares Red Chief y Granny Smith en las condiciones del

sur del Uruguay, se relacionó más al momento de aplicación que a las características del producto aplicado, determinando modificaciones en el momento y la magnitud de la brotación. La falta de ajuste del modelo Utah (Richardson *et al.* 1974) y la simultaneidad de este ensayo con la puesta a punto de otros modelos de cálculo, no permite realizar apreciaciones acerca del estado de endormancia en el que fueron realizadas las aplicaciones. Puede destacarse que las aplicaciones tempranas determinaron un adelantamiento de la brotación y no su aumento, lo que podría estar relacionado a la mayor dominancia apical presentada. Las aplicaciones tardías, y fundamentalmente aquellas que incluyeron en su formulación a la cianamida hidrogenada, presentaron aumentos en los porcentajes de brotación final y un período de brotación más concentrado, con respecto al testigo y a las aplicaciones tempranas, en ambos años y cultivares.

Agradecimientos

Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República.

Bibliografía

- Arora R, Rowland LJ, Tanino K. 2003. Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *HortScience*, 38(5): 911 - 921.
- Botelho RV, Müller MML. 2007. Evaluation of garlic extract on bud dormancy release of 'Royal Gala' apple trees. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47: 738 - 741.
- Carbonell JJ, Briozzo S, Garcia C, Moscardi R, Talice A, Formento R, Menéndez. 1977. Guía de control sanitario y de tratamientos especiales en frutales. Montevideo : MAP, CIAAB. 31p.
- Chapman P, Catlin A. 1976. Growth stages in fruit trees-from dormant to fruit set. *Plant Sciences Entomology (Geneva)*, 11: 10p.
- Cook NC. 2010. Apple production under conditions of sub-optimal winter chilling in South Africa. *Acta Horticulturae*, 872: 199 - 204.
- CTIFL. 2002. Pomme : Code amidon. [En línea]. Paris. Consultado 7 julio 2008. Disponible en: http://fruitsens.com/downloads/code_amidon.pdf.
- Díaz DH, Alvarez A, Sandoval J. 1987. Cultural and chemical practices to induce uniform bud break of peach and apple under warm climates in Mexico. *Acta Horticulturae*, 199: 129 - 133.
- DIEA. 2010. Encuesta frutícola de hoja caduca : Zafra 2009/10. Montevideo : MGAP. 28p. (Serie Encuestas ; 294).
- Erez A. 1987. Chemical Control of Budbreak. *HortScience*, 22(6):1240 - 1243.
- Erez A, Couvillon GA. 1987. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(4): 677 - 680.
- Faust M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. New York : John Wiley and Sons. 338p.
- Fennell A. 1999. Systems and approaches to studying dormancy : Introduction to the Workshop. *HortScience*, 34(7): 1172 - 1173.
- Finetto GA. 1997. Effect of hydrogen cyanamide treatment after various periods of chilling on breaking endodormancy in apple buds. *Acta Horticulturae*, 441: 191 - 200.
- Gemma H. 1995. Dormancy breaking in Japanese Pears grown in a heated greenhouse. *Acta Horticulturae*, 395: 57 - 68.
- Hasseb G, Elezaby A. 1995. Timing of hydrogen cyanamide application and full-bloom, fruit maturity and yield of two apple cultivars. *Acta Horticulturae*, 409: 185 - 189.
- Labuschagné F, Louw JH, Schmid K, Sadie A. 2003. Budbreak number in apple seedlings as selection criterion for improved adaptability to mild winter climates. *HortScience*, 38(6): 1186 - 1190.
- Mahhou A, Alahoui H, Jadari R. 2003. Effets de la cyanamide hydrogène et de l'acide gibbérellique sur la levée de dormance du pommier «Dorsett Golden» au sud du Maroc. *Fruits*, 58(4): 229 - 238.
- McCullagh P, Nelder JA. 1989. Generalized linear models. London : Chapman and Hall. 511p.
- McPherson HG, Snelgar WP, Manson PJ, Snowball AM. 1997. Bud respirations and dormancy of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Annals of Botany*, 80: 411 - 418.
- Mizobutsi G, Horst Bruckner C, Chamhum L, Ribeiro R, Ferreira Da Motta W. 2003. Aplicação de cianamida hidrogenada e de óleo mineral em caqui. *Revista Brasileira de Fruticultura (Jaboticabal)*, 25(1): 89 - 92.
- Petri JL, Stuker H. 1995. Effecto of mineral oil and hydrogen cyanamide concentrations on Apple Dormancy, cv. Gala. *Acta Horticulturae*, 395: 161 - 167.
- Richardson EA, Seeley SD, Walter DR. 1974. A model for estimating the completion of rest for «Redhaven» and «Elberta» Peach trees. *HortScience*, 9(4): 331 - 332.
- Saure M. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. *Horticultural Reviews*, 7: 239 - 300.
- Settimi L, Marcello I, Davanzo F, Faraoni L, Miceli G, Richmond D, Calvert GM. 2005. Update : hydrogen cyanamide-related illnesses - Italy, 2002-2004. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 54(16): 405 - 408.
- Subhadrabandhu S. 1995. Induction of budbreak in apple trees that received insufficient chilling by hydrogen cyanamide. *Acta Horticulturae*, 409: 171 - 178.