

EFECTO DE THIDIAZURON Y CLORURO DE COLINA COMO BIORREGULADORES SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL FRUTO EN TRES VARIEDADES DE MANZANO (*Malus domestica* Borkh.)

Effect of thidiazuron and choline chloride bioregulators on yield and fruit quality of three apple (*Malus domestica* Borkh.) varieties

Mauricio Benincore¹, Víctor Raúl Barbosa¹ y Gerhard Fischer²

RESUMEN

Con el fin de mejorar rendimiento y calidad del fruto de la manzana nacional, se evaluaron los biorreguladores Thidiazuron (TDZ) y Cloruro de Colina (CC) como supuestos estimuladores del crecimiento y desarrollo del fruto en las variedades 'Princesa', 'Golden Delicious' y 'Gala' en la zona de «La Calera» (2650 msnm). Para tal fin, se aplicaron 50, 100 y 150 mg·L⁻¹ de TDZ entre los 30 y 45 días después de floración (ddf) y 500, 1000 y 1500 mg·L⁻¹ de CC 118 ddf, bajo diseño completamente aleatorizado para 'Princesa' y 'Golden Delicious' y bloque completos al azar para 'Gala'. Thidiazuron actuó como agente químico raleante y como citoquinina, disminuyendo en 'Golden Delicious' el número de frutos cosechados y la acidez, pero aumentando el peso promedio del fruto. En 'Gala', TDZ aumentó el número de frutos por árbol, a 150 mg·L⁻¹ aumentó la coloración mientras que disminuyó la concentración de sólidos solubles (SS). En la variedad 'Princesa', TDZ solamente incrementó el contenido de sólidos solubles. Por otra parte, en 'Gala', CC disminuyó el número de frutos por árbol, aumentando el peso, el volumen y el contenido de SS de los mismos, especialmente a 500 mg·L⁻¹; igualmente, en 'Golden Delicious' produjo frutos más alargados con mayores contenidos de SS y una menor consistencia.

Palabras claves: Fitohormonas, maduración, citoquininas, poscosecha, fisiología vegetal.

SUMMARY

In order to improve yield and quality of Colombian apple fruits, Thidiazuron (TDZ) and Choline Chloride (CC) bioregulators were evaluated as supposed stimulants of growth and development of 'Princesa', 'Golden Delicious' and 'Gala' varieties in the «La Calera» zone (2650 masl). 50, 100 and 150 mg·L⁻¹ of TDZ were sprayed between 30 and 45 days after blooming (dab) and 500, 1000 and 1500 mg·L⁻¹ of CC 118 dab, using a completely randomized design for 'Princesa' and 'Golden Delicious' and a completely randomized block design for 'Gala'. TDZ showed chemical thinning and cytokinin activity, decreasing the number and acidity of harvested fruits, but increased mean fruit weight. In 'Gala', TDZ increased the harvested fruit number per tree; with 150 mg·L⁻¹ fruit color increased while soluble solids (SS) concentration declined. On the

other side, in 'Gala' apples, CC applications decreased fruit number per tree and showed higher mean weights, volume and SS content of fruits, especially with 500 mg·L⁻¹. In 'Golden Delicious' CC produced oblong fruits with higher SS content and lower flesh firmness.

Key words: Phytohormones, ripening, cytokinins, postharvest, plant physiology.

INTRODUCCION

El cultivo del manzano en Colombia lleva varios años establecido, pero, a pesar de las ventajas geográficas y un gran número de microclimas que ofrece el país, aún, no se ha logrado consolidar una producción continua de altos rendimientos con buena calidad, debido a la falta de tecnologías adecuadas que contribuyan a mejorar los niveles de producción y calidad actuales. Como consecuencia, se obtienen cosechas con altos porcentajes de fruta de baja calidad, siendo éste uno de los problemas más limitantes, lo cual se ve, ampliamente, reflejado en los altos niveles de importación de fruta de otros países, como Chile, Estados Unidos y algunos de Europa.

Se ha observado que el reducido tamaño, así como otros aspectos negativos en cuanto a palatabilidad y presentación de la fruta nacional, hacen que los precios del mercado no incentiven su cultivo y, además, su exportación se hace imposible por no cumplir los requisitos internacionales de calidad.

Los frutos de las variedades 'Princesa', 'Golden Delicious' y 'Gala' poseen excelentes cualidades palativas, pero, en Colombia, debido a la falta de calidad en algunas de sus propiedades físicas y químicas, tales como el reducido tamaño del fruto que se presenta en un alto porcentaje de la cosecha y la desuniformidad en color, se dificultan su comercialización, por la menor aceptación en el mercado, en comparación con la fruta importada.

Estudios realizados en Brasil, Japón e Italia han mostrado que, con el uso de Thidiazuron (TDZ) y Cloruro de Colina (CC), como agentes bioestimuladores del crecimiento, se pueden obtener frutos de mayor tamaño y peso y con una mejor palatabilidad.

El TDZ (N-Phenyl-N'-1,2,3,-thidiazol-5-ylurea) es un compuesto nitrogenado, que pertenece al grupo de las fenilúreas sustituidas, al igual que otros compuestos, como las citoquininas (Yang *et al.*,

¹ Ingenieros Agrónomos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá

² Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. E-mail: gerfis@impsat.net.co

1992; Greene, 1995; Reynolds *et al.*, 1992; Itai *et al.*, 1995). En kiwi (*Actinidia deliciosa*), aplicando TDZ 20 días después de la floración, se encontró que el peso de los frutos aumentó entre un 50 y un 60 %, a su vez, TDZ mostró efectos en la maduración del fruto, lo cual se refleja en una menor consistencia de la pulpa y acidez titulable y un mayor contenido de sólidos solubles (Famiani *et al.*, 1990).

Resultados obtenidos en Brasil (Anónimo, s.f.) en manzano, variedades 'Gala' y 'Golden Delicious', aplicando el TDZ en concentraciones a partir de 50 mg·L⁻¹ y en la época de la caída de pétalos, mostraron efectos sobre la formación de frutos. En la variedad 'Gala', el tamaño del fruto aumentó notablemente. A dosis más altas (500 mg·L⁻¹) se encontraron deformaciones y hundimiento en el área de los pétalos; las frutas mostraron mayor consistencia, una coloración roja más profunda, aunque ningún efecto en el sabor. La variedad 'Golden Delicious' mostró hábito similar, aunque más débil en respuesta que 'Gala'.

El Cloruro de Colina (HOCH₂CH₂N(CH₃)₃Cl) es una molécula, ampliamente, reportada como suplemento alimenticio en dietas nutricionales de animales (Llayel, 1982). Como regulador de crecimiento en plantas, ha sido usado en hortalizas, cultivos de tierras altas y frutales en Japón. En batatas, se aplica de 1000 a 1500 mg·L⁻¹, 30 a 50 días después del trasplante para promover engrosamiento; es usado, también, en cebolla y ajo, con el mismo fin. El CC mejora el enraizamiento y engrosamiento del tubérculo al estimular la actividad de la amilasa en la parte basal del tallo. Se ha observado, además, que el CC promueve la tasa fotosintética y acelera la translocación de los fotoasimilados en el tubérculo. En frutas, aunque, aún, el modo de acción de CC no es claro, se ha observado que es efectivo para mejorar el color, incrementan los contenidos de sacarosa y promover el engrosamiento del fruto, en cerezas, ciruelos, manzanas y duraznos. En estos dos últimos, se ha recomendado aplicarlo un mes antes de la cosecha (Takeshita, 1990).

Considerando las experiencias descritas anteriormente, se planteó este trabajo de investigación, con el objetivo de evaluar la respuesta de distintas concentraciones de TDZ y CC, para manzano (*Malus domestica*), en las variedades 'Princesa', 'Golden Delicious' y 'Gala', en condiciones de la zona alta de Colombia, con el fin de mejorar la calidad comercial del fruto.

MATERIALES Y METODOS

El estudio de campo se realizó en la finca «Frutos de Chinzaco», en el municipio de La Calera, Cundinamarca, a una altura de 2650 msnm, con una precipitación pluvial media de 900 mm/año, temperatura media de 13°C y humedad relativa del 70%, según datos del IDEAM para la zona.

La metodología utilizada fue diseñada con base en observaciones hechas en la finca, considerando la distribución y disponibilidad de árboles para cada variedad, razón por la cual fueron determinados tres experimentos independientes entre sí, uno para cada variedad. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado (D.C.A) para las variedades 'Princesa' y 'Golden Delicious' con tres repeticiones; para la variedad 'Gala' y bloques completos al azar (B.C.A), también con tres repeticiones, para la variedad 'Gala'. Como unidad experimental se tomó un árbol para las variedades 'Gala' y 'Princesa' y dos árboles para 'Golden Delicious', para un total de 84 árboles evaluados. Estos árboles tenían entre cinco y ocho años de edad, con producción estable. Los tratamientos se describen en el cuadro 1.

Para la variedad 'Princesa', sólo, se evaluó el efecto de TDZ, debido a la insuficiencia de árboles. En todas las variedades, los árboles fueron escogidos, aleatoriamente, dentro de lotes homogéneos. Las aplicaciones se efectuaron en diferentes épocas, como muestra el cuadro 2. Para la época de aplicación de TDZ, se consideró que una importante tasa de división celular ocurre entre los 20 y 40 días después de la floración en manzano (Grange, 1996); mientras que para el caso de CC se observa un aumento en la tasa de traslocación de carbohidratos hacia el fruto 30 días antes de la cosecha. Las aplicaciones se hicieron usando una bomba de espalda de 20 L, con lanza japonesa. Todos los árboles fueron asperjados mojando completamente el follaje y sin mezcla de adyuvantes. El raleo de frutos se hizo según el manejo comercial de la finca, haciendo un pase manual entre los 65 y 70 días después de floración.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos de las tres variedades en estudio, usando Thidiazuron (TDZ) y Cloruro de Colina (CC) como biorreguladores de crecimiento.

Variedad	Tratamiento	Producto	Dosis (mg·L ⁻¹)
'Princesa'	1	TDZ	50
	2	TDZ	100
	3	TDZ	150
	4	Testigo	Sin aplicación
'Golden Delicious' y 'Gala'	1	TDZ	50
	2	TDZ	100
	3	TDZ	150
	4	CC	500
	5	CC	1000
	6	CC	1500
	7	Testigo	Sin aplicación

Cosecha: Una vez alcanzado el punto de cosecha, se recolectaron los frutos por separado para cada tratamiento, para cuantificar el rendimiento de los árboles y número de frutos, así como la cantidad de frutos que alcanzaron la madurez.

Evaluación de la calidad de los frutos cosechados: De los frutos medidos en campo, se tomó una muestra representativa de 10 frutos por cada tratamiento y se midieron las siguientes variables en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía: diámetros ecuatorial y polar, peso fresco, volumen, color, consistencia, contenido de sólidos solubles y acidez titulable.

Cuadro 2. Épocas de aplicación de los biorreguladores Thidiazuron y Cloruro de Colina para los diferentes tratamientos en tres variedades de manzano.

Producto	Dosis (mg·L ⁻¹)	Días después de floración		
		Golden Delicious	Princesa	Gala
TDZ	50	30	45	30
TDZ	100	30	45	30
TDZ	150	30	45	30
CC	500	118	-	100
CC	1000	118	-	100
CC	1500	118	-	100

El volumen se determinó calculando la cantidad de agua desplazada por los frutos al sumergirlos en un recipiente volumétrico de boca ancha de 1 L de capacidad. Para determinar el color, se utilizó tabla de color RHS Colour Chart (1995) de cuatro abanicos, precisando el porcentaje de color predominante.

La consistencia se midió retirando la corteza en los extremos ecuatoriales de cada fruto y midiendo con un penetrómetro «Balaufr», con precisión de 1/2 psi y para el contenido de sólidos solubles, se empleó un refractómetro «Atago 0-90». Para determinar la acidez titulable se utilizó el método de titulación con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N.

Diseño experimental: El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con tres repeticiones para las variedades 'Princesa' 'Golden Delicious' y bloques completos al azar, con tres repeticiones para la variedad 'Gala', considerando la distribución de los árboles en la finca. Como unidad experimental, se tomó un árbol para los experimentos en 'Gala' y 'Princesa' y dos árboles en 'Golden Delicious'.

RESULTADOS

Rendimiento, peso promedio y número de frutos por árbol

Efecto de tratamientos en la variedad 'Princesa' no se detectó. En 'Golden Delicious', a medida que aumentan las dosis de TDZ, se

obtienen menores rendimientos y, por lo tanto, un menor número de frutos, con un peso promedio de fruto máximo de 113 g para la dosis de 50 mg·L⁻¹ y mínimo de 80 g para el testigo; mientras que, con CC, se obtiene un máximo rendimiento y peso promedio de fruto, usando 500 mg·L⁻¹, aunque el número de frutos no es mayor, por el contrario, disminuye progresivamente al aumentar las dosis. Por último, tanto el rendimiento promedio de los árboles de 'Gala', como el número de frutos, es mayor al usar TDZ, pero, se observa una respuesta a las dosis muy irregular; sin embargo, en todos los casos el rendimiento del testigo es menor. Con CC, se observó una disminución en estas dos variables al aumentar las dosis, siendo el testigo el que mayores valores presenta. Con respecto al número de frutos, se encuentra que a mayor número de frutos por árbol, menor es el peso promedio por fruto (Figuras 1, 2 y 3).

En general, el peso promedio del fruto en las variedades 'Golden Delicious' y 'Gala' fue superior al testigo en todos los tratamientos los autores suponen como posibles causas las siguientes:

1. El efecto raleante de TDZ en la variedad 'Golden Delicious', lo cual genera frutos de mayor calidad;

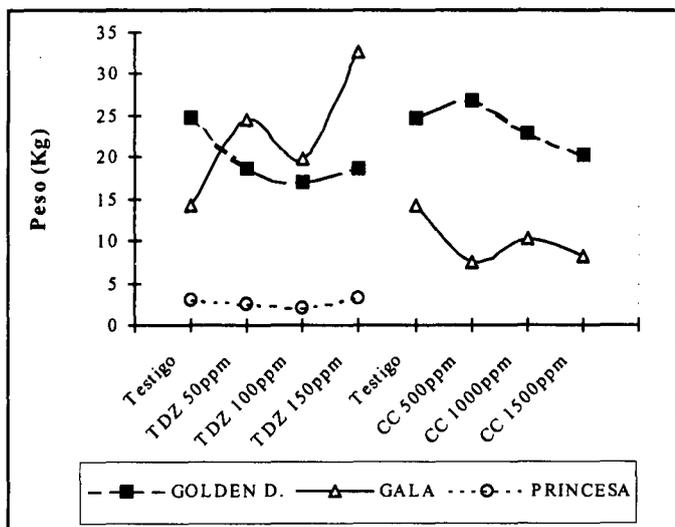


Figura 1. Efecto de TDZ y CC sobre el rendimiento, por árbol, en tres variedades de manzano.

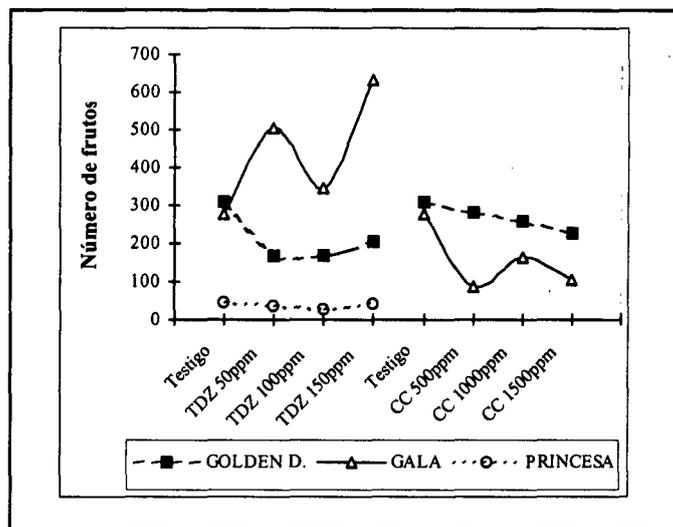


Figura 2. Efecto de TDZ y CC sobre el número de frutos, por árbol, en tres variedades de manzano.

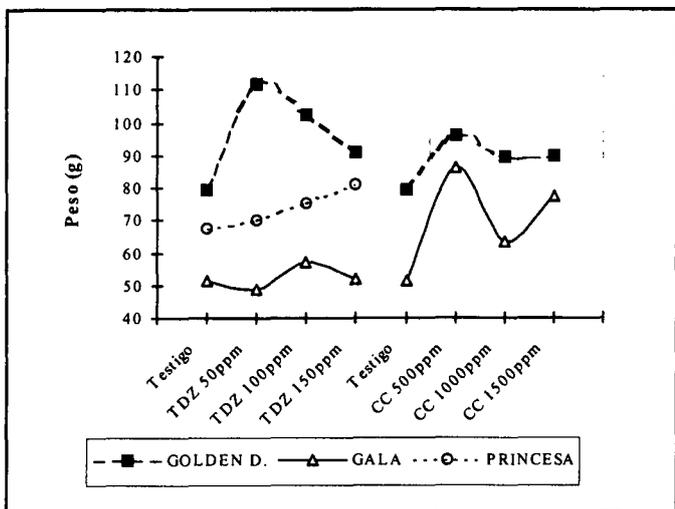


Figura 3. Efecto de TDZ y CC sobre el peso del fruto en tres variedades de manzano.

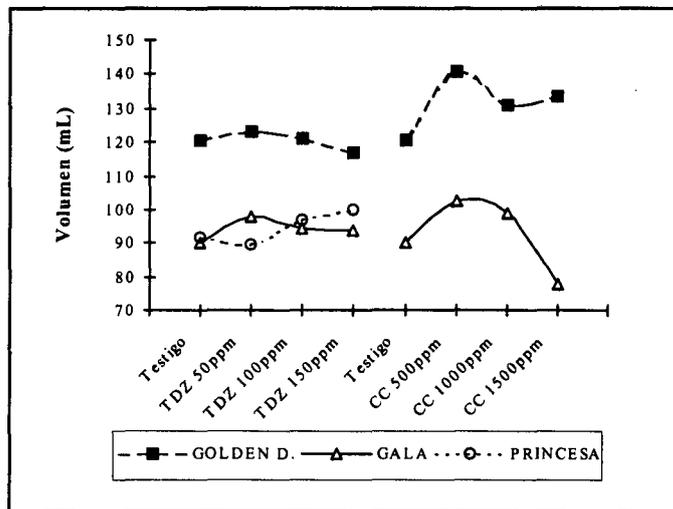


Figura 4. Efecto de TDZ y CC sobre el volumen del fruto en tres variedades de manzano.

2. El efecto que TDZ tuvo sobre la división celular, ya que los frutos que pesan más tienen un menor volumen, como se explicará más adelante y

3. El efecto de CC, como posible raleante en las variedades 'Golden Delicious' y 'Gala' y/o sobre la traslocación de azúcares desde las hojas hacia el fruto, incrementando su peso.

1. Las experiencias obtenidas, con TDZ como agente químico raleante reportan en manzano, que, al aumentar la concentración de esta molécula, disminuye, progresivamente, el porcentaje de cuajamiento de frutos, especialmente, si es aplicada en plena etapa de crecimiento del fruto (18 días después de la floración (Greene, 1995)). Sin embargo, en este experimento, se observa que, en la variedad 'Gala', al aumentar la dosis de TDZ, el número de frutos cosechados tiende, también, a ser mayor.

Aunque se ha dicho que la maduración del fruto puede ser considerada como un fenómeno de senescencia (Ludford, 1995), los autores suponen que, con las distintas concentraciones utilizadas de esta fenilúrea, la cual puede tener alguna actividad como citoquinina (Taiz *et al.*, 1991), se pudo haber contrarrestado el proceso de abscisión, evitando la caída de frutos en la variedad 'Gala' por su efecto antisenescente (Hobson, 1996), aunque se considera, también, un posible efecto varietal (Durán, 1993), teniendo en cuenta la respuesta en 'Golden Delicious' y 'Princesa', cuyos resultados concuerdan con el efecto raleante de TDZ descrito por Greene (1995), aunque no se presenta efecto significativo de los tratamientos.

2. Como se anotó anteriormente, el TDZ puede tener propiedades, tanto raleantes, como citoquininas. Si se considera que, cuando se aplican agentes químicos raleantes en época temprana, se disminuye el tamaño de las células, pero se aumenta el número, según lo descrito por Westwood (1993) y, además, que, aplicando fenilúreas, se promueve la división celular en el fruto, se puede concluir que aumenta el peso promedio sin que esto signifique un aumento en el volumen, lo cual se ve reflejado en los resultados obtenidos para la variedad 'Golden Delicious' (Figuras 3 y 4).

3. Al usar CC en la variedad 'Golden Delicious', al aumentar la dosis, se observa una disminución progresiva en el número total de frutos, lo cual hace pensar que esta molécula posee, también, propiedades raleantes. Si bien, la aplicación de agentes químicos raleantes produce una fuerte selección de frutos (Grange, 1995), es posible, que al aplicar CC, se haya ejercido una selección sobre los frutos con un mayor número de células y, por consiguiente, para el caso de CC a 500 mg·L⁻¹, se obtienen menos frutos pequeños, aumentando el peso promedio de los que quedan y, por lo tanto, un mayor rendimiento por árbol. En el caso de 'Gala', como el número de frutos de los tratamientos con CC es significativamente menor que en el testigo, aunque el peso promedio es mayor, el rendimiento por árbol no llega a ser superior. Por otra parte, Takeshita (1990) reporta en batatas, efectos de CC sobre la enzima amilasa en la parte basal del tallo en batata al promover una mayor traslocación de azúcares hacia los tubérculos, aumentando el peso final en la cosecha; los autores sugieren que al aplicar CC hacia del final el proceso de formación del fruto, se haya estimulado, también, la amilasa, degradando el almidón presente en las hojas, promoviendo una mayor traslocación de azúcares hacia el fruto, aumentando el peso.

Forma del fruto: diámetros ecuatorial (D.E.) y polar (D.P.)

Para la variedad 'Princesa' no se reporta diferencia significativa

entre los tratamientos, aunque cabe anotar que, al aumentar la dosis de TDZ a 100 mg·L⁻¹, el fruto tiende a ser algo más redondeado; por otra parte, al aumentar la dosis, se observa un leve incremento de tamaño, el cual tiende a ser lineal. En 'Golden Delicious', aunque no hay diferencias significativas entre tratamientos en la respuesta del diámetro ecuatorial, se observa que, con TDZ, disminuye dicho diámetro al aumentar la dosis, mientras que, con CC, permanece casi invariable. Respecto del diámetro polar, se observa, con TDZ, un comportamiento similar al descrito para el diámetro ecuatorial, pero, con CC, el aumento del diámetro polar es significativamente mayor que el encontrado para el diámetro ecuatorial cuando se incrementa la dosis de ambos productos, los frutos de 'Golden Delicious' tienden a tener una forma alargada, siendo el efecto de CC más marcado.

Para esta variable, en la variedad 'Gala', no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, pero el mayor tamaño del fruto se obtuvo a la dosis de 100 ppm de TDZ, siendo ésta la única que supera al testigo. Con CC, al usar la dosis de 500 mg·L⁻¹, se obtuvo un mayor tamaño del fruto, pero, en las dosis siguientes, desaparece el efecto. Respecto a la forma del fruto de esta variedad, no se observa una tendencia a obtener frutos alargados con el aumento en las dosis de los productos (Figuras 5, 6 y 7).

Se ha reportado que con el uso de citoquininas se obtienen frutos más alargados (Williams *et al.*, 1969), probablemente, esto se debe a la acción de las citoquininas sobre la división celular (Taiz *et al.*, 1991). Como se anotó anteriormente, es posible que TDZ haya estimulado la división celular, generando, en consecuencia, un cambio en la forma del fruto, obteniendo frutos que se van alargando a medida que aumenta la dosis del producto (hasta 150 ppm para 'Golden Delicious' y 100 mg·L⁻¹ para 'Princesa' y 'Gala'). En partes, estos resultados concuerdan con lo reportado por Greene (1995), quien manifiesta que, al aplicar TDZ en concentraciones de 10 a 50 mg·L⁻¹ en plena floración y 22 días después de anthesis, se obtiene un alargamiento del fruto en manzanas de la variedad 'McIntosh'. Los autores piensan que es posible que la débil respuesta en el alargamiento del fruto usando TDZ pudo ser causada por la aplicación tardía del producto, considerando la época de aplicación descrita por Greene (1995). Respecto a CC, el alargamiento del fruto sólo se presenta en la variedad 'Golden Delicious'. Se ha reportado que un desequilibrio hormonal en el fruto parece determinar la forma del mismo, al afectar la dirección de alargamiento de las células. Es posible que, al aplicar CC, se haya inducido una leve tendencia hacia la deformación, considerando que el índice de forma (relación D.P.:D.E.) fue afectado de manera creciente al incrementar la dosis de CC, ya que, en estudios anteriores, se ha concluido que, para la variedad 'Golden Delicious', se esperan índices cercanos a 0,9 (frutos ligeramente achatados), según Westwood (1993).

Volumen del fruto

Para ninguna variedad se detectó efecto significativo de los tratamientos. Sin embargo, en la variedad 'Princesa', se observa que, al incrementar las dosis de TDZ, se presenta una ligera tendencia de aumento en el volumen del fruto, mientras que, para 'Golden Delicious', todos los frutos tratados con TDZ superan al testigo entre un 15 y un 20%, aunque se aprecia una leve disminución del volumen al incrementar las dosis. Para esta misma variedad, se observa un comportamiento similar en respuesta a las dosis de CC, aunque el aumento del volumen del fruto es, aún, mayor que

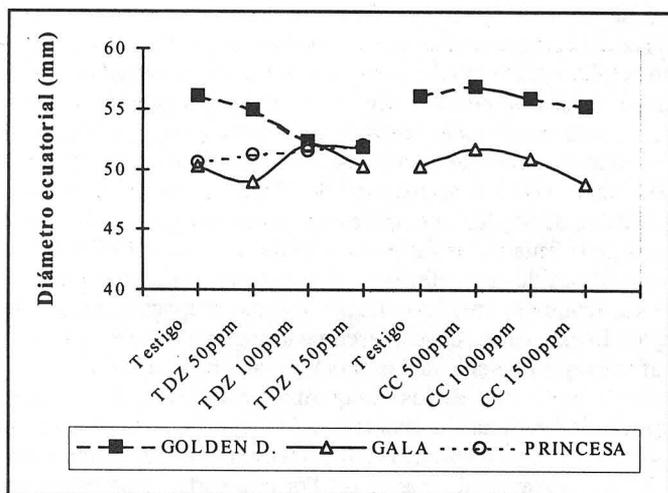


Figura 5. Efecto de TDZ y CC sobre el diámetro ecuatorial del fruto en tres variedades de manzano.

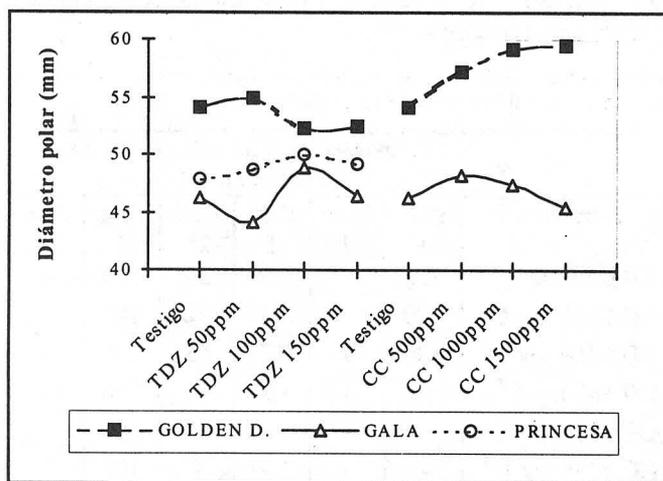


Figura 6. Efecto de TDZ y CC sobre el diámetro polar del fruto en tres variedades de manzano.

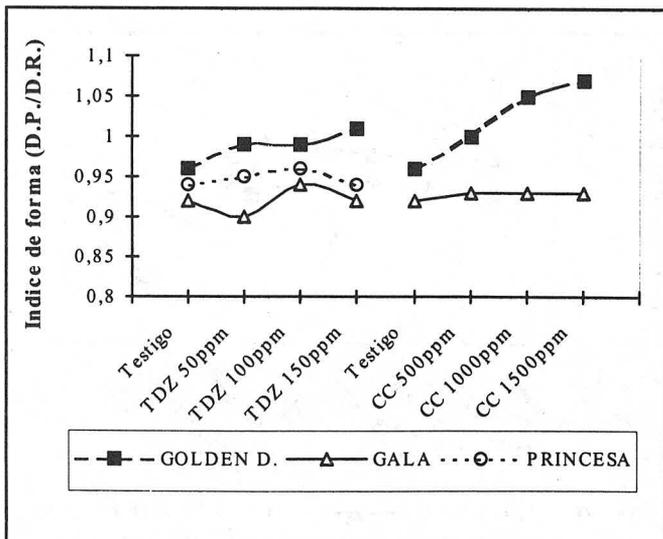


Figura 7. Efecto de TDZ y CC sobre la forma del fruto en tres variedades de manzano. (>1: fruto alargado. 1:fruto redondo. <1:fruto achatado).

con TDZ, en especial a la dosis de 500 mg·L⁻¹. Para la variedad 'Gala', se notó un leve aumento del volumen del fruto, tanto con TDZ, como con CC, aunque, en ambos casos, a las dosis más altas, el valor cae por debajo del testigo.

Según Grange (1996), el crecimiento en tamaño del fruto es causado por el llenado de las células, más que por la división celular. Esto concuerda con los resultados obtenidos, cuando se tiene en cuenta el posible efecto de CC como estimulante de la traslocación de azúcares hacia los vertederos (Takeshita, 1990), provocando un mayor llenado de células y, en consecuencia, un aumento en el volumen final del fruto.

Color de la corteza del fruto

En la variedad 'Princesa' no hubo efecto alguno de los tratamientos y el color predominante de todos los frutos fue determinado, como rojo 46-A en la tabla de colores, presentándose esta coloración en el 100% de la fruta. En la variedad 'Golden Delicious' se observó la mayor variabilidad en respuesta, presentándose tres coloraciones diferentes según la tabla: en primer lugar, todos los tratamientos con TDZ arrojaron frutos de color amarillo-verde 150-B, mientras que los frutos tratados con CC presentaron una coloración predominantemente amarillo 4-C y los frutos del testigo, verde 150-C (Figura 8). Con TDZ, el mayor porcentaje de uniformidad en color fue obtenido a 50 mg·L⁻¹ y es, significativamente, superior a las demás dosis, en tanto que con CC, los frutos más uniformes corresponden a la dosis de 500 mg·L⁻¹, aunque no hay efecto significativo frente a las demás dosis.

En la variedad 'Gala', se presentó un solo tipo de color rojo predominante (46-A, igual que en 'Princesa') y la mayor uniformidad de éste en frutos tratados con TDZ fue observada a 150 mg·L⁻¹, en tanto que con CC, disminuyó progresivamente con el aumento de las dosis. En todos los casos, el testigo mostró una coloración rojiza menos uniforme que la de todos los demás tratamientos (Figura 9).

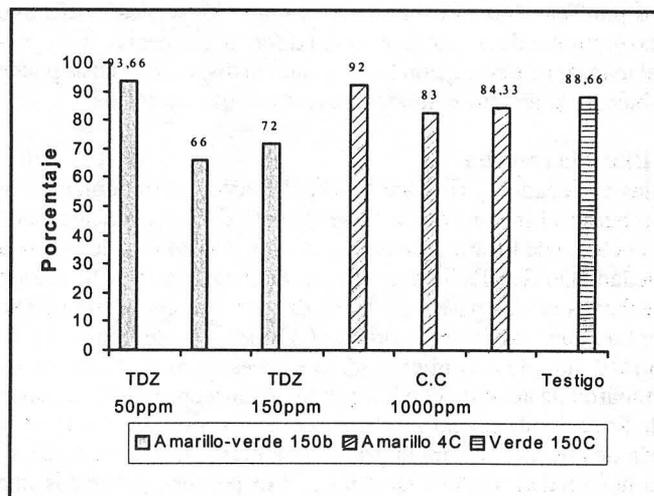


Figura 8. Efecto de TDZ y CC sobre el color predominante en la variedad 'Golden Delicious'.

Normalmente, la alteración en la coloración de los frutos involucra la pérdida de clorofila así como la síntesis de otros pigmentos, tales como carotenoides y antocianinos, entre otros; sin embargo, algunos frutos retienen su coloración verde durante el periodo de maduración, entre los cuales, están el kiwi y algunos cultivares de manzano (Kays, 1997).

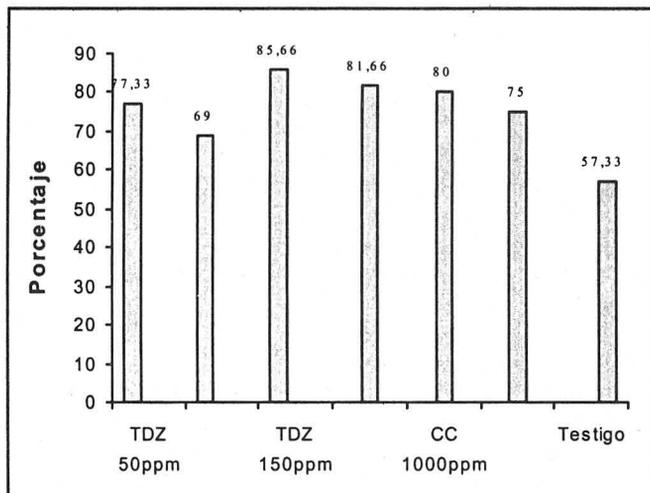


Figura 9. Efecto de TDZ y CC sobre el color predominante (rojo 46A) en la variedad 'Gala'.

El efecto de TDZ sobre el color del fruto sugiere una acción del producto en la maduración, teniendo en cuenta que el cambio de color, por la degradación de la clorofila, se presentan tonalidades amarillas y/o rojas y es una señal de maduración (Durán, 1983; Landwehr *et al.*, 1995) y, aunque las citoquininas estimulan la maduración de los cloroplastos y retardan la senescencia, algunas fenilúreas sintéticas, como TDZ, pueden tener un débil efecto como citoquininas (Taiz *et al.*, 1991). Adicionalmente, estudios realizados en Brasil (Anónimo, s.f.) utilizando TDZ en las mismas variedades usadas en este experimento, mostraron resultados similares de aumento de la coloración, especialmente en 'Gala', usando la dosis de 50 mg·L⁻¹.

En ambas variedades, los resultados obtenidos en la coloración de los frutos tratados con CC concuerdan con los resultados reportados por Takeshita (1990) para CC, según los cuales es efectivo como promotor de la coloración para diferentes especies, incluyendo el manzano, aunque, con la información disponible, no se puede establecer claramente el modo de acción de esta molécula.

Días a la cosecha

En las variedades 'Princesa' y 'Gala', todos los tratamientos se cosecharon el mismo día y no se detectó diferencia ocasionada por el efecto de los tratamientos sobre los días a la cosecha. En la variedad 'Golden Delicious', los tratamientos con TDZ fueron cosechados en dos pases, con siete días de diferencia entre ellos, mientras que, los tratamientos de CC fueron cosechados, en su totalidad durante el primer pase. Los pases de recolección se determinaron de acuerdo con los índices de cosecha que se manejan en la finca donde se realizó el estudio. Estos resultados apoyan la teoría de que CC acelera el proceso de maduración, en especial, para la variedad 'Golden Delicious'. Los porcentajes de cosecha por pase se muestran en el cuadro 3.

Consistencia de la pulpa del fruto

En la variedad 'Princesa', no se detectó efecto de los tratamientos con el TDC sobre la consistencia del fruto. En 'Gala', CC arroja valores de firmeza, significativamente, menores de los de TDZ y el testigo, encontrándose el valor más bajo a 500 mg·L⁻¹, seguido de 1500 mg·L⁻¹ y 1000 mg·L⁻¹. En el tratamiento con TDZ, se detecta un ligero aumento en la consistencia del fruto, a medida que au-

mentan las dosis. El testigo presenta un valor intermedio entre CC y TDZ. El comportamiento de la consistencia en frutos de la variedad 'Golden Delicious' es muy similar al de la variedad 'Gala', salvo que las diferencias entre CC y TDZ son mucho más marcadas, esto es, valores más bajos de consistencia en CC (Figura 10).

En estudios realizados en Brasil (Anónimo, s.f.) se ha reportado, que, usando TDZ a dosis mayores de 50 mg·L⁻¹ después de la época de la caída de pétalos se empieza a notar un aumento en la consistencia de la fruta en las variedades 'Gala' y 'Golden Delicious', lo cual es deseable; este efecto se observó, también, en este experimento, aunque es muy leve. Es posible que la época de aplicación haya sido muy tardía, dado que, como lo sugieren Taiz *et al.* (1991), al afirmar que el efecto de las citoquininas sintetizadas puede estimular la biosíntesis de las citoquininas endógenas de la planta, alcanzando éstas una alta concentración, especialmente al iniciar el desarrollo del fruto (Grange, 1996), lo cual explicaría un menor efecto de TDZ al ser aplicado más tarde. Por otra parte, se ha reportado, también, que TDZ actúa diferencialmente según la especie, en tanto que puede llegar a retrasar la maduración en ciertos cultivos, como uva y caqui (Reynolds *et al.*, 1992), o adelantarla, como sucede en kiwi (Famiani *et al.*, 1999).

Cuadro 3. Efecto de Thidiazuron y Cloruro de Colina sobre el porcentaje de cosecha por pase en tres variedades de manzano.

Tratamientos	'Princesa'		'Golden Delicious'		'Gala'	
	Pase 1	Pase 2	Pase 1	Pase 2*	Pase 1	Pase 2
TDZ 50 mg·L ⁻¹	100	-	43	57	100	-
TDZ 100 mg·L ⁻¹	100	-	48	52	100	-
TDZ 150 mg·L ⁻¹	100	-	37	63	100	-
CC 500 mg·L ⁻¹	-	-	100	-	100	-
CC 1000 mg·L ⁻¹	-	-	100	-	100	-
CC 1500 mg·L ⁻¹	-	-	100	-	100	-
Testigo	100	-	45	55	100	-

* 8 días después del primer pase

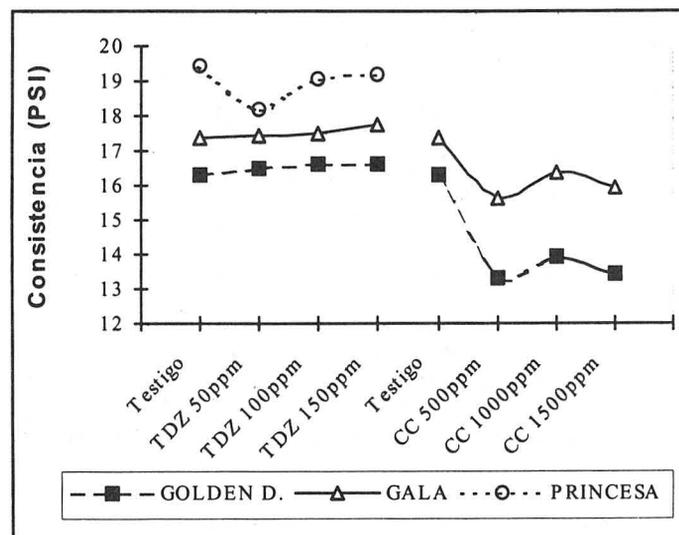


Figura 10. Efecto de TDZ y CC sobre la consistencia del fruto en tres variedades de manzano.

En el caso de CC, como se describió en los resultados, disminuyó la consistencia del fruto. Se sabe que el ablandamiento del fruto ocurre por la degradación de la pectina que cementa las células y este efecto es un indicador de madurez y es usado en muchos cultivos (Landwehr y Torres, 1995). Kays (1997) ha encontrado cambios degradativos producidos por enzimas en las paredes celulares de muchos frutos. Como se ha visto en este experimento, el CC ha tenido efectos que concuerdan con lo que estos autores y se establecen como indicadores de madurez, por lo cual es probable que CC haya acelerado el proceso de ablandamiento al estimular la acción de la enzima propectinasa (poligalacturonasa), la cual degrada la pectina (Durán, 1983), contribuyendo a la maduración de los frutos. Por otra parte, es probable que CC haya tenido también, algún efecto que pudiese disminuir la concentración de inhibidores hipotéticos de la maduración, según la teoría sobre la maduración de frutos propuesta por Grange (1993). Uno de estos inhibidores son los citoquininas, ya que se sabe que una de sus funciones es la de retardar la senescencia de los frutos (Taiz *et al.*, 1991). Es conocido, también, que las citoquininas se pueden unir a muchos compuestos, entre ellos proteínas y de esta forma quedar desactivadas (Moore, 1979). Los autores suponen que, al usar CC como fuente de aminoácidos hacia el final del periodo de desarrollo del fruto, se pudieron desactivar las citoquininas actuantes en el proceso de maduración, produciendo la aceleración del mismo, manifestada entre otros, por un adelanto en la cosecha de los frutos tratados con CC.

Contenido de sólidos solubles (Grados Brix) en el fruto

El análisis estadístico para esta variable no reportó alguna diferencia significativa en la variedad 'Princesa'. Para la variedad 'Gala', se observan valores considerablemente mayores en CC con respecto a TDZ y el testigo, siendo el valor más alto el correspondiente a la dosis de 500 mg·L⁻¹ de CC. El tratamiento con TDZ y el testigo se comportan de manera similar. En la variedad 'Golden Delicious', se detectaron diferencias significativas a favor de CC, presentando, al aumentar las dosis un ligero aumento lineal en los sólidos solubles. En el tratamiento con TDZ al pasar de 100 mg·L⁻¹ a 150 mg·L⁻¹ se observa un claro aumento en los grados brix; la dosis correspondiente a 50 mg·L⁻¹ presenta el valor más bajo y es

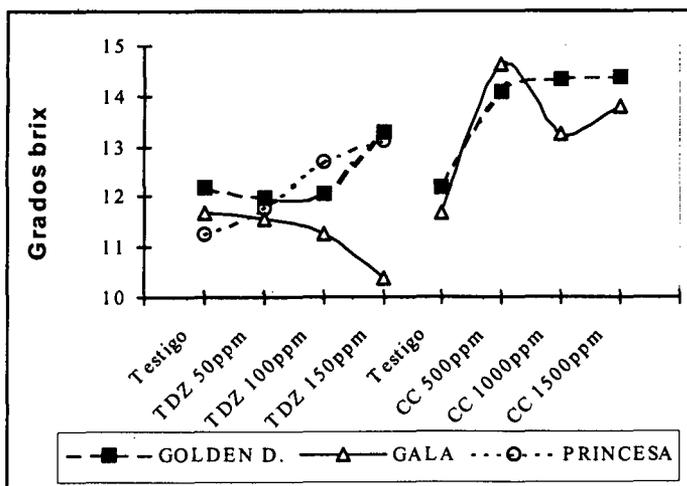


Figura 11. Efecto de TDZ y CC sobre el contenido de sólidos solubles del fruto en tres variedades de manzano.

equivalente al valor registrado en el testigo (Figura 11). Es sabido que, al llegar a la maduración, el contenido de sólidos solubles del fruto aumenta, por el desdoblamiento del almidón (Durán, 1983; Landwehr *et al.*, 1995). Dado que los frutos tratados con CC aumentaron considerablemente el contenido de azúcares respecto del testigo, se corrobora su efecto sobre la maduración, debido, probablemente, a la mayor traslocación de azúcares de las hojas al fruto, por la estimulación de la amilasa, como lo reporta Takeshita (1990) para diferentes cultivos. El efecto de TDZ es diferente en cada variedad, aumentando los sólidos solubles en las variedades 'Golden Delicious' y 'Princesa' y disminuyéndolos en 'Gala'. Es probable que esta diferencia de resultados se deba a que la respuesta en la aplicación de hormonas no es universal, es decir, depende, entre otros, de la especie y la variedad (Taiz *et al.*, 1991).

Acidez titulable en el fruto

En la variedad 'Princesa', se registra un incremento en el porcentaje de acidez a medida que aumentan las dosis con TDZ, sin embargo, no superan, significativamente, el valor encontrado en el testigo. En la variedad 'Gala', se aprecia un efecto del tratamiento con TDZ, sólo, en la dosis de 50 mg·L⁻¹, mientras que, con CC, el aumento en acidez sigue una tendencia cuadrática, siendo la dosis de 1000 mg·L⁻¹ el punto máximo de acidez alcanzado con este biorregulador; en esta variedad, las diferencias de comportamiento de la acidez entre uno y otro producto son, estadísticamente, significativas. Para la variedad 'Golden Delicious', se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, las cuales se ven reflejadas al comparar el testigo contra los tratamientos y al comparar efectos de TDZ contra CC; estos efectos se manifiestan en una disminución progresiva del porcentaje de acidez, al aumentar las dosis en ambos casos, aunque sólo resulta ser significativamente menor con TDZ (Figura 12).

En general, se considera que la acidez disminuye al avanzar el proceso de maduración (Durán, 1983); en este sentido, se observa que, desde el punto de vista de la acidez, TDZ acelera, claramente, este proceso, teniendo un efecto más marcado en 'Golden Delicious' que en 'Gala'. Una respuesta similar se puede notar al aplicar CC en 'Golden Delicious' y dado que CC promueve la maduración, entendida como un aumento en el contenido de sólidos

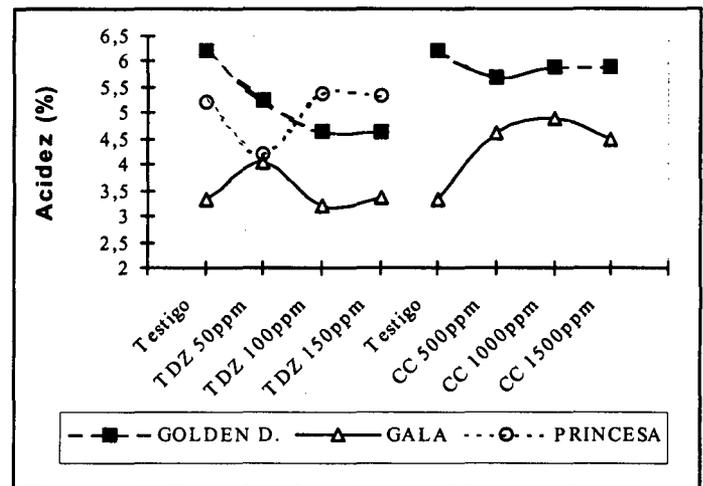


Figura 12. Efecto de TDZ y CC sobre la Acidez del fruto en tres variedades de manzano.

solubles y la coloración (Takeshita, 1990), se puede deducir que, de acuerdo a Durán (1983) y Taiz (1991), la acidez disminuye por la estimulación de la hidrogenasa málica dentro del mismo proceso. Según Kays (1997), esta disminución se debe, ampliamente, a la utilización, durante la maduración, de ácidos orgánicos como sustrato respiratorio y como esqueletos de carbono para la síntesis de nuevos compuestos. Sin embargo, el hecho de que las variedades 'Princesa' y 'Gala' no respondan de igual manera a los tratamientos, puede explicarse como el resultado de un efecto varietal, mencionado anteriormente.

LITERATURA CITADA

- ANONIMO. Efecto de Thidiazuron como inductor de la brotación y formación de frutos en Manzano *Malus domestica*. Brasil. Sin fecha.
- DURAN, S. Frigoconservación de la fruta. 1ª edición, Editorial AEDOS, Barcelona. 369 pp. 1983.
- FAMIANI, F., A. BATISTELLI, S. MOSCATELLO, M. BOCO y E. ANTOGNOZZI. Thidiazuron affects fruit growth, ripening and quality of *Actinidia deliciosa*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 74, (3), 375-380. 1999.
- GRANGE, R. Crecimiento del fruto. En: AZCON-BIETO y M. TALON. Fisiología y bioquímica vegetal. Edición Interamericana, McGraw Hill. p. 449-478. 1996.
- GREENE, D. Thidiazuron effects on fruit set, fruit quality and return bloom of apples. HortScience 6 (30): 1238-1240. 1995.
- ITALI, A., K. TANABE, F. TAMURA, S. SUSAKI, K. YONEMORI y A. SUGIURA. Synthetic cytokinins control persimmon fruit shape, size and quality. Journal of Horticultural Science 70: 867-873. 1995.
- KAYS, S. Postharvest physiology of perishable plant products. 1ª edición, Exon Press, Georgia. p. 263-278. 1997.
- LANDWEHR, T. y F. TORRES. Manejo poscosecha de frutas. 1ª edición, Jotamar Ltda. Tunja. 220 pp. 1995.
- LLAYEL, L. Fundamentos de nutrición. 3ª edición, Editorial ACRIBIA. p. 210-211. 1982.
- LUDFORD, M. En: DAVIES, P. Plant hormones. Kluwer Academic Publishers, Londres. p. 725-750. 1995.
- MCGAW, B y L. BURCH. En: AZCON-B. y M. TALON. Fisiología y bioquímica vegetal. Edición Interamericana, McGraw Hill. p. 319-325. 1996.
- MOORE, T. Biochemistry and physiology of plant hormones. 1ª Edición, Springer Verlag, Nueva York. p. 167-169. 1979.
- REYNOLDS, A., D. WARDLE, C. ZUROWSKY y N. LOONEY. Phenyl ureas CPPU and thidiazuron affect yield components, fruit composition, and storage potential of four seedless grape selections. Journal of American Society for Horticultural Science 117: 85-89. 1992.
- ROYAL HORTICULTURE SOCIETY. RHS Colour charts. Londres. 1995.
- TAIZ, L. y E. ZEIGER. Plant physiology. The Benjamin Cummings Publishing Company Inc., Nueva York. 564 pp. 1991.
- TAKESHITA, T. Current development and usage situation of plant growth regulators in Japan. Japan Pesticide Information 57: 15-19. 1990.
- WESTWOOD, M. N. Temperate zone pomology: physiology and culture. 3ª ed. Timber Press. Wilshire, USA. p. 217-240. 1993.
- WILLIAMS, M. y L. EDGERTON. Fruit thinning of apples and pears with chemicals. Boletín Informativo 285. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 1981.