

# UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

“USO DEL N-(2-CLORO-4 PIRIDIL)-N'-FENILUREA (CPPU) y 2,4-  
ACIDODICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D) PARA PRODUCIR  
SANDÍA (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) SIN SEMILLA”

TESIS

MAESTRÍA EN CIENCIAS

RAMÓN CÁRDENAS ARMENTA

SEPTIEMBRE DE 2007

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

USO DEL N-(2-CLORO-4 PIRIDIL)-N'-FENILUREA (CPPU) y 2,4-  
ACIDODICLOROFENOXIACÉTICO (2,4-D) PARA PRODUCIR  
SANDÍA (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) SIN SEMILLA

TESIS

Sometida a la consideración del  
Departamento de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

Ramón Cárdenas Armenta

Como requisito parcial para obtener  
El grado de Maestro en Ciencias en Horticultura

Septiembre de 2007

Esta tesis fue realizada bajo la Dirección del Consejo Particular aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

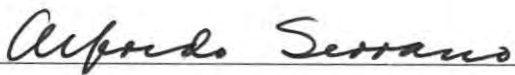
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR:

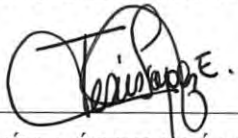
DIRECTOR:

  
M.C. JULIO CÉSAR MORALES MUNGUÍA

ASESOR:

  
M.S. ALFREDO SERRANO ESQUER

ASESOR:

  
DR. JESÚS LÓPEZ ELÍAS

SUPLENTE:

  
M.C. DAMIÁN MARTÍNEZ HEREDIA

## DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanos

A mi esposa

A mis hijos

A mis sobrinos

A mis amigos

A mis compañeros de trabajo

A todos mis alumnos

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Sonora y al Departamento de Agricultura y Ganadería por brindarme la oportunidad de superarme profesionalmente.

Al M.C. Julio Cesar Morales por su dirección y apoyo en el desarrollo y finalización de este trabajo.

En especial al M.S. Alfredo Serrano Esquer por su valioso apoyo en el análisis estadístico del trabajo.

A todos los maestros del postgrado por sus valiosos conocimientos aportados en el transcurso del periodo de estudio.

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
Origen, Taxonomía y Distribución.....	3
Origen.....	3
Taxonomía.....	3
Distribución.....	3
Clima y suelo.....	3
Morfología de la sandía.....	4
Formación de frutos sin semilla.....	5
Principales grupos de reguladores de crecimiento...	6
Auxinas.....	6
Citocininas.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Material vegetativo.....	14
Diseño de experimentos .....	15
Determinaciones físicas.....	15
Número de semillas por fruto .....	15
Forma del fruto.....	15
Peso del fruto.....	15
Firmeza.....	16
Determinaciones químicas.....	16
pH.....	16
Sólidos solubles totales.....	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
Determinaciones físicas.....	17
Número de semillas por fruto .....	17
Forma del fruto.....	23
Peso del fruto.....	24
Firmeza.....	26
Determinaciones químicas.....	29
pH.....	29
Sólidos solubles totales.....	33

CONCLUSIONES.....	36
LITERATURA CITADA.....	38



## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características de los cultivares de sandía utilizados en el estudio.....	14
Cuadro 2. Efecto del factor cultivar sobre la variable número de semillas por fruto...	18
Cuadro 3. Efecto del factor producto sobre la variable número de semillas por fruto.	18
Cuadro 4. Efecto del factor dosis de CPPU sobre la variable número de semillas por fruto.....	19
Cuadro 5. Efecto del factor dosis de 2,4-D sobre la variable número de semillas por fruto.....	20
Cuadro 6. Efecto de la interacción cultivar por producto sobre la variable número de semillas por fruto.....	21
Cuadro 7. Efecto del factor cultivar sobre la variable forma del fruto.....	23
Cuadro 8. Efecto del factor producto sobre la variable forma del fruto.....	23
Cuadro 9. Efecto del factor dosis de 2,4-D sobre la variable forma del fruto.....	24
Cuadro 10. Efecto del factor producto sobre la variable peso del fruto.....	25
Cuadro 11. Efecto del factor dosis de 2,4-D sobre la variable peso del fruto.....	25
Cuadro 12. Efecto del factor cultivar sobre la variable firmeza de la pulpa del fruto (kg/cm <sup>2</sup> ).....	26
Cuadro 13. Efecto del factor producto sobre la variable firmeza de la pulpa del fruto (kg/cm <sup>2</sup> ).....	28
Cuadro 14. Efecto del factor dosis de CPPU sobre la variable firmeza de la pulpa del fruto (kg/cm <sup>2</sup> ).....	28
Cuadro 15. Efecto del factor producto sobre la variable pH del fruto.....	30
Cuadro 16. Efecto de la interacción cultivar por producto sobre la variable pH del fruto.....	33
Cuadro 17. Efecto del factor cultivar sobre la variable sólidos solubles totales del fruto.....	33
Cuadro 18. Efecto del factor producto sobre la variable sólidos solubles totales del fruto.....	34
Cuadro 19. Efecto del factor dosis de CPPU sobre la variable sólidos solubles totales del fruto.....	34
Cuadro 20. Efecto de la interacción cultivar por producto sobre la variable sólidos solubles totales del fruto.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Comportamiento de la variable número de semillas por fruto en los cuatro cultivares.....	17
Figura 2. Comportamiento de la variable número de semillas por fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU (0, 25, 50, 100 y 200) y 2,4-D (0, 4, 8, 12 y 16).....	19
Figura 3. Comportamiento de la variable número de semillas por fruto en los cuatro cultivares en relación a la aplicación de CPPU y 2,4-D.....	21
Figura 4. Comportamiento de la variable número de semillas por fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU y 2,4-D en los cuatro cultivares.....	22
Figura 5. Comportamiento de la variable forma del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU (0, 25, 50, 100 y 200) y 2,4-D (0, 4, 8, 12 y 16).....	24
Figura 6. Comportamiento de la variable peso del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU y 2,4-D en los cuatro cultivares.....	27
Figura 7. Comportamiento de la variable firmeza de la pulpa del fruto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) en los cuatro cultivares.....	28
Figura 8. Comportamiento de la variable firmeza de la pulpa del fruto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) en relación a las dosis aplicadas de CPPU y 2,4-D en los cuatro cultivares....	29
Figura 9. Comportamiento de la variable pH del fruto en los cuatro cultivares.....	30
Figura 10. Comportamiento de la variable pH del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU (0, 25, 50, 100 y 200) y 2,4-D (0, 4, 8, 12 y 16).....	31
Figura 11. Comportamiento de la variable pH del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU y 2,4-D en los cuatro cultivares.....	32
Figura 12. Comportamiento de la variable sólidos solubles totales del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU (0, 25, 50, 100 y 200) y 2,4-D (0, 4, 8, 12 y 16).....	34
Figura 13. Comportamiento de la variable sólidos solubles totales del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU en los cuatro cultivares.....	35

## RESUMEN

El objetivo fue estudiar el efecto del N-(2-cloro-4 piridil)-N'-fenilurea (CPPU) y el 2,4-acidodiclorofenoxiacético (2,4-D) aplicados en cinco concentraciones cada uno, sobre el pH, acidez titulable, sólidos solubles totales (SST), la relación SST/acidez titulable, forma del fruto, peso del fruto, número de semillas por fruto y firmeza de la pulpa del fruto, de cuatro cultivares de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai); dos cultivares diploides, Fiesta y Celebration y dos cultivares triploides, Sweet Delight y Tri-X 313.

Se estableció un experimento en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, con los factores cultivares de sandía (Fiesta, Celebration, Sweet Delight y Tri-X 313), dos reguladores de crecimiento (CPPU y 2,4-D) y cinco dosis de cada producto (0, 25, 50, 100 y 200 ppm para CPPU y 0, 4, 8, 12 y 16 ppm de 2,4-D). Se utilizó un arreglo de tratamientos factorial distribuidos en el campo en un diseño experimental completamente aleatorio con cuatro repeticiones.

Los cultivares mostraron diferencias significativas para las variables número de semillas por fruto, forma del fruto, firmeza del fruto, pH del fruto y SST. En la forma del fruto, Tri-X 313 y Sweet Delight generaron frutos más esféricos (0.891 y 0.892 respectivamente); Sweet Delight y Tri-X 313 con 0.125 y 0.650 semillas por fruto, fueron estadísticamente diferentes, a Fiesta y Celebration (72.2 y 55.475 semillas por fruto respectivamente). En la firmeza de la pulpa, Fiesta resultó con el promedio más elevado con 3.655 kg/cm<sup>2</sup>. Tri-X 313 tuvo el pH más bajo (6.70) y Sweet Delight el más alto (7.19). En los SST, la mejor respuesta correspondió a Sweet Delight (9.88 °Brix).

La aplicación de CPPU y 2,4-D afectó: número de semillas por fruto, forma del fruto, peso del fruto, firmeza de la pulpa del fruto, el pH y los SST. El 2,4-D originó frutos más esféricos que el CPPU. Con respecto al número de semillas, CPPU generó 21.525 semillas por fruto, mientras que 2,4-D promedió 42.70. Los cultivares triploides respondieron mejor al mostrar menor número de semillas por fruto en comparación a los diploides, los cuales, respondieron mejor al tratamiento con CPPU que a la aplicación de 2,4-D. CPPU obtuvo mayor firmeza que el testigo, y que aquellos tratados con 2,4-D. En los cultivares, resultó mayor firmeza de la pulpa en los frutos derivados de flores tratadas con CPPU en comparación a los frutos derivados de flores tratadas con 2,4-D.

En las dosis aplicadas, en el CPPU, hubo diferencias estadísticas en el número de semillas por fruto, pH y SST. La concentración de 100 ppm promedió cero semillas por fruto. En el 2,4-D, hubo diferencias estadísticas en pH, forma del fruto, peso del fruto y número de semillas por fruto. Las dosis de 8 y 12 ppm causaron una importante reducción en el número de semillas por fruto.

**PALABRAS CLAVE:** Sandía, *Citrullus lanatus*, N-(2-cloro-4 piridil)-N'-fenilurea, CPPU, 2,4-ácidodiclorofenoxiacético, 2,4-D.



## ABSTRACT

Solutions of CPPU and 2,4-D were applied to ovaries of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) flowers and whole plants respectively without insect pollination, to study the effects in fruit pH, total soluble solids (TSS), fruit flesh firmness, fruit weight, number of seeds and fruit shape (diameter: fruit length (D:L)).

Field work was conducted at the experimental farm of Departamento de Agricultura y Ganadería of the University of Sonora, studying the factors: cultivars of watermelon (Fiesta, Celebration, Sweet Delight and Tri-X 313), two growth regulators (CPPU and 2,4-D) and five doses by product (0, 25, 50, 100 and 200 mg/liter for CPPU and 0, 4, 8, 12 and 16 mg/liter for 2,4-D). The experiment was a completely random design with four replications.

The cultivar was significantly different in pH, TSS, fruit shape, number of seeds and flesh firmness. In pH Tri-X 313 was the lowest (6.7) and Sweet Delight the highest (9.4). In TSS, the highest was for Sweet Delight (9.8 °Brix). In fruit shape, Tri-X 313 and Sweet Delight were more spherical (0.891 and 0.892 respectively). Sweet Delight and Tri-X 313 with 0.125 and 0.650 seeds for fruit, were significantly different for Fiesta and Celebration (72.2 and 55.475 seeds by fruit respectively). For the flesh firmness, Fiesta was the higher with 3.655 kg/cm<sup>2</sup>.

The CPPU and 2,4-D application, affected the pH, TSS, fruit shape, fruit weight, number of seeds and flesh firmness. 2,4-D produced more spherical fruits statistically different. With respect to number of seeds, CPPU averaged 21.525 seeds by fruit while 2,4-D averaged 42.70. The triploid cultivars averaged less seeds by fruit by comparison to diploid cultivars, furthermore, diploid cultivars responded better to CPPU treatment than to the 2,4-D application. In flesh firmness, CPPU caused more firmness than the control, and those treated with 2,4-D. The cultivars, in general, presented higher flesh firmness in fruits from flowers treated with CPPU by comparison to fruits from flowers treated with 2,4-D.

With regard to dose, CPPU had effect on pH, TSS and seeds by fruit. The concentration of 100 mg/liter averaged zero seeds by fruit. For 2,4-D pH, fruit shape, fruit weight and seeds by fruit were statistically different. The treatments with doses of 8 and 12 mg/liter, caused an important reduction in seeds by fruit.

**Key words:** watermelon, *Citrullus lanatus*, N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea, CPPU, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, 2,4-D.

## INTRODUCCIÓN

En México, los principales cultivos pertenecientes a la familia de las cucurbitáceas son la calabaza (*Cucurbita spp*), el pepino (*Cucumis sativus* L.), la sandía (*Citrullus lanatus*) y el melón (*Cucumis melo* L.). A nivel nacional, dentro de los principales estados productores de sandía se incluyen a Veracruz, Sonora, Jalisco, Chihuahua, Chiapas, Tabasco, Guerrero, Durango, Sinaloa y Nayarit. En México, de acuerdo a la superficie sembrada, la sandía ocupa el cuarto lugar en importancia entre las hortalizas cultivadas. Sonora ocupa el segundo lugar a nivel nacional en este renglón. Específicamente, en Sonora, el cultivo de la sandía de acuerdo a la superficie sembrada, ocupa el tercer lugar entre las hortalizas que se cultivan (SAGARPA, 2006). Hoy en día la demanda de la sandía se ha incrementado debido en gran medida a la introducción de híbridos triploides sin semilla. La producción de sandía sin semilla se obtiene ordinariamente instalando alternadamente una hilera de un cultivar diploide el cual actúa como polinizador y dos hileras de un cultivar triploide, en el cual al ocurrir la fecundación se formarán embriones no viables, de manera tal que no se formará semilla mientras que el fruto continuará su desarrollo, dando lugar a frutos sin semilla. Sin embargo, el cultivar diploide también se poliniza dando lugar a sandía con semilla, cuya producción equivale al treinta por ciento del total, lo cual obliga a que esta última debe de ser externamente diferente para evitar problemas en la cosecha y comercialización (Valadez, 1998, Sabori *et al.*, 1998). Como es conocido, en condiciones naturales, el fruto suele formarse una vez que ha ocurrido la fecundación del óvulo. Sin embargo, en algunas especies hay cultivares que parcial o totalmente forman sus frutos sin que tenga lugar la fecundación, no formándose la semilla y dando lugar a frutos sin semilla, fenómeno conocido como partenocarpia (Calderón, 1983). La formación de frutos sin semilla se puede presentar según Hartmann y Kester (1984), por el estímulo provocado por la simple depositación del grano de polen sobre el estigma, la germinación del grano de polen, el desarrollo del tubo polínico, el aborto del embrión o la incapacidad del embrión para acumular las reservas alimenticias necesarias. En cualquiera de los casos,

se ha identificado que la polinización, en cualquiera de sus fases, en algunas especies es estímulo suficiente para provocar la acumulación de hormonas en el ovario, lo que estimula el crecimiento del fruto (Edmond *et al.*, 1984). En diferentes especies se han identificado los compuestos químicos que se producen de forma natural en el ovario y que provocan el crecimiento del fruto. Diversas investigaciones han derivado en la producción sintética de compuestos que aplicados pueden inducir el desarrollo partenocárpico, generando frutos sin semilla. Algunos de los productos empleados para la generación de frutos partenocárpicos corresponden a los clasificados como auxinas, entre los cuales destaca el 2,4-D, empleado principalmente en variedades triploides para provocar formación de fruto sin semilla. Otras sustancias con función similar, son del grupo de las clasificadas como citocininas, en donde destaca la benciladenina, usada para cuajar el fruto sin que haya habido polinización (Elfving y Cline, 1993, Greene, 1993, Wismer *et al.*, 1995). Existen otras citocininas, derivados de la urea, tales como el N-fenil-N'-1,2,3-thidiazol-5-ylurea (thidiazuron) y el N-(2-cloro-4 piridil)-N'-fenilurea (CPPU), este último puede aplicarse al pedúnculo de la flor o pulverizado sobre el ovario o también sumergiendo la flor en una disolución del mismo (Elfving y Cline, 1993, Greene, 1995, Maroto *et al.*, 2002).

Con base en la necesidad de encontrar formas eficientes de producir sandía sin semilla, se planteó esta investigación para conocer los efectos de CPPU pulverizado sobre la flor femenina y del 2,4-D aplicado a toda la planta, en variedades triploides y diploides en ambientes libres de insectos para la producción de sandía sin semilla.



## LITERATURA REVISADA

### Origen, Taxonomía y Distribución

#### Origen

La sandía es una planta originaria de África tropical y subtropical donde se encuentran frutos amargos y dulces desarrollando juntos. Se ha cultivado desde tiempos remotos en África, Europa, India y Egipto. Fue introducida a los E. U. A. en 1600 (Valadez, 1998, Maroto *et al.*, 2002).

#### Taxonomía

La sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai) es una planta de la clase dicotiledóneas, orden cucurbitales, familia cucurbitaceae, tribu Benincaseae, especie *lanatus* (Valadez, 1998, Maroto *et al.*, 2002). La familia cucurbitaceae, incluye a la calabaza, el pepino y el melón entre otras hortalizas. El genero *Citrullus* contiene diferentes especies como *C. colocynthis*, *C. naudinianus* y *C. ecirrhosus* (Valadez, 1998), los cuales pueden hibridarse con facilidad y obtener plantas productoras de semillas viables.

#### Distribución

El cultivo de sandía se cultiva en casi todas las regiones del mundo. En los países de clima tropical, subtropical y en los países de clima templado con inviernos benignos, se cultiva a campo abierto (Valadez, 1998). Las características propias del fruto han motivado el incremento en el consumo de sandía en todo el mundo (Maroto *et al.*, 2002).

#### Clima y suelo

La sandía está clasificada como un cultivo de clima cálido, lo cual indica que no puede sobrevivir a temperaturas de 0°C o menores. Las semillas germinan a una temperatura mínima de 15.5 °C, con un rango óptimo de 21 a 35 °C. La temperatura óptima ambiental para el desarrollo de la planta varía de 21 a 29 °C con una temperatura

mínima de 18 °C y una máxima de 35 °C, temperaturas menores de 10 °C y mayores de 35 °C detienen su crecimiento (Sabori *et al.*, 1998, Maroto *et al.*, 2002).

La sandía está clasificada como muy tolerante a la acidez ya que tolera pH de 5.0 a 6.8 y como medianamente tolerante a la salinidad, tolerando de 2,560 a 3,860 ppm (Sabori *et al.*, 1998, Maroto *et al.*, 2002, Valadez, 1998).

En relación al tipo de suelo, son preferibles los terrenos de textura media o limo arenosa, moderadamente alcalinos sin antecedentes de presencia de *Fusarium* (Maroto *et al.*, 2002).

### Morfología de la sandía

Existe una amplia variación genotípica y fenotípica de la sandía. La planta es anual, herbácea, rastrera, monoica con zarcillos divididos en dos o tres filamentos, sus raíces llegan a profundizar hasta 2 m y las laterales generalmente pueden extenderse hasta 4 m; la mayor cantidad de raíces se encuentra a una profundidad de 80 a 90 cm. Los tallos son rastreros y trepadores alcanzando una longitud de 2 a 5 m, presentan cinco bordes o aristas con pubescencia blanca principalmente en los puntos de crecimiento. Del tallo principal surgen ramas o tallos primarios, de estos los secundarios y así sucesivamente. Las hojas son grandes, pinnadas, con tres a cinco lóbulos redondeados, por lo general de un color verde cenizo. Las plantas de sandía tienen flores de dos tipos claramente diferenciadas: masculinas y femeninas. Estas últimas son las que producen el fruto al crecer el ovario después de la fecundación del mismo. Para que se lleve a cabo lo anterior es necesario que ocurra la polinización, esto es, el transporte del polen de la flor masculina a la femenina, de lo cual se encargan los insectos, destacando entre estos las abejas y abejorros (Sabori *et al.*, 1998). Si hay una buena polinización se formará un buen fruto, mientras que si la polinización es deficiente el fruto será pequeño, deforme o no habrá tal. Las flores son solitarias y de color amarillo; las masculinas presentan pedicelo largo y delgado mientras que las femeninas tienen pedúnculo corto y ovario visible. Ambos tipos de flor se forman en las axilas de las hojas y en las ramas secundarias principalmente. Los frutos son de color verde con diferentes tonalidades y peso que varía de 4 a 25 kg, tienen forma globular u oblonga con cáscara dura, la pulpa puede ser de color rojo, amarillo, rosa, anaranjado o blanco a la madurez. Las semillas



son de forma oval, planas o lisas de diferentes tamaños pudiendo ser de color café, blanco, negro, rojo, amarillo o moteado (Sabori *et al.*, 1998, Maroto *et al.*, 2002).

#### Formación de frutos sin semilla

En las plantas con flor, el fruto es el conjunto del ovario maduro y todas las demás piezas florales. En sentido botánico, se llama fruto sólo al ovario maduro. En condiciones naturales, el fruto suele formarse una vez que ha tenido lugar la fecundación del óvulo. Sin embargo, excepcionalmente, el desarrollo del fruto puede tener lugar sin fecundación previa, no formándose, en consecuencia las semillas. A este fenómeno se le llama partenocarpia (del griego "parthenos", virgen, y "carpos", fruta). Por esta razón pueden encontrarse especies que parcial o totalmente forman sus frutos sin semillas como por ejemplo el plátano, naranjo, higuera, pera, pepino y vid (Calderón, 1983). EL desarrollo partenocárpico se puede presentar de acuerdo con Hartmann y Kester (1984), con la existencia de fecundación o sin la existencia de esta. En el primer caso, una vez ocurrida la fecundación, puede ocurrir el aborto del embrión o la degeneración del mismo, producto de su incapacidad para acumular las reservas alimenticias necesarias para su desarrollo; en cualquiera de las situaciones, la fecundación en principio, puede haber sido estímulo suficiente para determinar el desarrollo del ovario y su transformación en fruto (Calderón, 1983). En el segundo caso, la partenocarpia sin fecundación, el desarrollo del ovario es explicado por los estímulos producidos bien sea por la depositación del grano de polen sobre el estigma, la germinación del grano de polen o la penetración del tubo polínico (Calderón, 1983, Hartmann y Kester, 1984). En diversas investigaciones se ha encontrado que una vez ocurrida la colocación del polen sobre el estigma, la germinación del mismo, la penetración del tubo polínico o la fecundación del óvulo, ocurre una acumulación de sustancias hormonales en el ovario que orientan a sus células hacia determinada acción, tales sustancias se ha reconocido son principalmente del grupo de las auxinas y las citocininas. El desarrollo partenocárpico puede ser provocado artificialmente mediante aplicación de fitohormonas, procedimiento que permite obtener, por ejemplo, mandarinas, naranjas y uvas sin semillas, lo cual aumenta el valor comercial (Edmond *et al.*, 1984).

## Principales grupos de reguladores de crecimiento

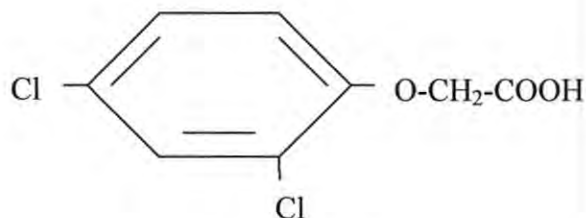
### Auxinas

El término auxina (del griego auxein, que significa aumento), fue utilizado por vez primera por Frits Went, en 1926. Estos compuestos hormonales según se ha encontrado, se producen en las partes terminales de los tallos y de allí se traslocan al resto de la planta, a través de las células del parénquima presentes en el xilema y el floema por transporte activo (Salisbury y Ross, 1992). La auxina natural más conocida es el ácido indolacético.

Las funciones principales de las auxinas son: diferenciación celular, elongación de las células, división celular, crecimiento de raíces adventicias, formación de frutos partenocárpicos, retardar la caída de hojas y en algunos casos, promover el crecimiento de forma acelerada.

Aparte del ácido indolacético, existen otras auxinas sintéticas empleadas con diversos propósitos. Dentro de estas tenemos al ácido naftalenacético (ANA), el ácido indolbutírico (AIB), el 2-metil-4-acidoclorofenoxiacético (MCPA), el 2,4,5-acidotriclorofenoxiacético (2,4,5-T) y el 2,4-acidodiclorofenoxiacético (2,4-D) (Salisbury y Ross, 1992, Bukovac *et al.*, 1998).

El 2,4-acidodiclorofenoxiacético (2,4-D) es una de las auxinas más ampliamente usada, ello a causa de su gran actividad, la cual es debida a los átomos de cloro unidos a las posiciones 2 y 4 del anillo fenilo de la molécula del ácido fenoxiacético (Devlin, 1980).



2,4-acidodiclorofenoxiacético (2,4-D)

El 2,4-D estimula el alargamiento de las células a bajas concentraciones, pero a altas concentraciones causa inhibición y a concentraciones muy altas causa toxicidad. Por otra parte, el 2,4-D también ha sido usado para mejorar el pegado de frutos (Masuda *et al.*, 1990).

Maroto *et al.* (2002), mencionan que el 2,4-D aplicado a toda la planta en el caso de sandía, permite el desarrollo de frutos sin semilla de calidad normal; los mismos autores establecen que una vez aplicado el 2,4-D, su efecto permanece en la planta, manifestándose durante cierto periodo de tiempo, por lo que no son necesarias otras aplicaciones.

El 2,4-D se debe aplicar cuando las plantas han alcanzado su completo desarrollo, es decir, cuando tienen al menos cinco flores femeninas abiertas (Maroto *et al.*, 2002).

Al aplicar el 2,4-D, la planta manifiesta una detención del crecimiento y las hojas se deforman, efectos que a los días desaparecen, continuando su desarrollo normal; sin embargo, para evitar el estrés de la planta causado por el 2,4-D se recomienda aplicar abono foliar o un preparado con aminoácidos (Maroto *et al.*, 2002).

### Citocininas

En 1913, Haberlandt descubrió un compuesto presente en los tejidos vasculares de varias plantas que estimulaba la división celular; hoy estos compuestos se conocen como citocininas y se sabe, promueven la división celular, el crecimiento por elongación, la diferenciación, además de participar en diversos procesos fisiológicos (Salisbury y Ross, 1992, Díaz, 2002). Las citocininas se producen en las puntas de las raíces y se transportan por el xilema al resto de la planta.

En general, las funciones de las citocininas son: promover el desarrollo de yemas laterales, estimular la división celular, promover la organogénesis en los callos celulares y retrasar la senescencia o envejecimiento de los órganos vegetales.

Las citocininas naturales comúnmente detectadas y de mayor actividad fisiológica en varios cultivos son la zeatina, dihidrozeatina y la isopentiladenina; sin embargo existen citocininas de origen sintético altamente activas como son la zinetina y la benciladenina (BA) (Salisbury y Ross, 1992).

Las citocininas frecuentemente incrementan más que retardan la abscisión, tal es el caso del compuesto químico N-(fenilmetil)-1H-purina-6-amina, también llamado benciladenina (BA) que promueve la caída de frutos de manzana en desarrollo (Greene y Autio, 1989, Elfving y Cline 1993, Greene, 1993). La BA manifiesta otros efectos en la plantas, tales como incrementar la formación de botones florales en manzana (Greene *et al.*, 1990), incrementar el pegado de frutos en melón derivados de flores con polinización, es decir, frutos con semilla (Hayata *et al.*, 2000), incrementar la firmeza de la pulpa al momento de la cosecha en manzana cultivar “McIntosh” (Greene, 1989), incluso la promalina, la cual es una mezcla de BA y ácido giberélico (GA<sub>4+7</sub>), es utilizada comercialmente para elongar manzanas del cultivar “Delicious” (Unrath, 1974, Curry y Greene, 1993).

En el mercado se encuentran algunas formulaciones de citocininas. Tal es el caso de la Benziladenina al 1.9 % en combinación con Giberelinas (A<sub>4</sub> y A<sub>7</sub>) al 1.9 %.

Existen otras citocininas, derivadas de la urea, tales como el N-fenil-N'-1,2,3-thidiazol-5-ylurea (thidiazuron) y el N-(2-cloro-4 piridil)-N'-fenilurea (CPPU), los cuales han sido reconocidos como fuertes promotores de la división celular (Fellman *et al.*, 1987). Particularmente el CPPU ha tomado gran importancia en los tiempos recientes.

#### Uso del CPPU

El CPPU es un compuesto derivado de fenilurea; este es un fuerte promotor de la división celular por lo cual ha mostrado actividad típica de las citocininas. Al respecto, Kurosaki *et al.* (1981), mencionan que el CPPU tiene un sitio activo común con citocininas purinas tales como la zeatina, sugiriendo que el CPPU reacciona usando mecanismos similares a los usados por citocininas naturales, aun cuando los



componentes del CPPU parecen tener pocas características estructurales en común con los componentes de las citocininas naturales. En este sentido ha sido establecido que es posible su uso como regulador de crecimiento para incrementar el número de células en las áreas tratadas y con ello aumentar el tamaño del fruto (Fellman *et al.*, 1987). Diversos autores señalan el uso del CPPU como una citocinina. El CPPU ha mostrado fuerte actividad como citocinina en tabaco, provocando la formación de callo en cultivo de tejido de esta planta (Okamoto *et al.*, 1981). De forma similar, Nickell (1986), trabajando con varios cultivos, encontró que el CPPU promueve el crecimiento del fruto en uva, pera y kiwi; de la misma forma, se ha encontrado que al aplicar CPPU después de la floración es posible incrementar el número y el tamaño de la baya en uva e incrementar el rendimiento en melón, kiwi, papa, tomate y pepino (Nickell, 1986). Análogamente, Greene (1995) al probar promalina, thidiazuron y CPPU en manzana, encontró que este último causó la elongación de los frutos, concluyendo que el CPPU podría ser usado comercialmente para el aclareo de frutos, incrementar el tamaño de los mismos, aumentar la firmeza de la pulpa al momento de la cosecha y durante su almacenamiento, así como incrementar la relación longitud: diámetro del mismo.

Los frutos de melón derivados de flores sin polinización, tratadas con CPPU, resultan más pequeños que los obtenidos sin estos tratamientos (Hayata *et al.*, 2000), patrón de crecimiento que se presenta también en frutos de sandía derivados de flores sin polinización y tratadas con CPPU (Hayata *et al.*, 1995).

El lugar de aplicación de CPPU varía de acuerdo con el cultivo que se trate. En manzana se puede aplicar a la flor o bien al fruto cuando tiene 8 a 10 mm (Greene, 1989, Curry y Greene, 1993, Greene, 1995 y Greene, 2001). En arándano se aplica a toda la planta (NeSmith, 2002), mientras que en vid se aplica directamente al racimo, cuando la baya tiene de 4 a 7 mm de diámetro (Zabadal y Bukovac, 2006). En el caso del melón el CPPU se aplica a los ovarios de la flor (Hayata *et al.*, 2000). Otros autores como Maroto *et al.* (2002), mencionan que en sandía se puede aplicar a toda la planta o directamente a la flor cuando los pétalos están abiertos, situación que influye en el número de frutos que pegarán. El CPPU se puede aplicar a la flor con un aspersor manual, sumergiéndola en

una solución del producto o agregando la solución al pedúnculo con un pincel (Maroto *et al.*, 2002, Zabadal y Bukovac, 2006).

La cantidad de CPPU que se debe aplicar va a depender del objetivo de tal aplicación, ya que como se mencionó anteriormente, el CPPU puede utilizarse como raleador químico, para aumentar el tamaño del fruto o bien para producir frutos partenocárpicos. En manzana, diversos estudios han demostrado que es posible aplicar dosis desde 5 hasta 100 ppm con lo que se logra el incremento de la firmeza de la pulpa del fruto, su tamaño y la relación longitud:diámetro del mismo; sin embargo, dada la presencia de frutos mal formados con las dosis altas, se ha establecido que es recomendable utilizar dosis de CPPU debajo de 10 ppm (Greene, 1989, Curry y Greene, 1993, Greene, 1995, Greene, 1996); esto último es apoyado por Greene (2001), quien al realizar aplicación de CPPU en diferentes concentraciones y en distintos tiempos, encontró que la concentración apropiada fue de 4 a 6 ppm aplicada cuando el fruto tiene entre 6 y 16 mm de diámetro, con lo cual se logra incrementar el tamaño del mismo sin causar la formación de frutos asimétricos. En el caso del cultivo del melón, Hayata *et al.* (2000), realizaron un trabajo aplicando 1, 5 y 10 ppm de CPPU en cultivares con y sin semilla encontrando que las tres concentraciones incrementaron el amarre del fruto, sin embargo, con la concentración de 10 ppm se indujo el amarre de frutos partenocárpicos en un 100 % en melón sin semilla. En el caso del arándano, se ha encontrado que aplicando 10 ppm de 7 a 17 días después de la floración, se logra incrementar el número de bayas por planta, el tamaño de la baya y el rendimiento (NeSmith, 2002). Por otra parte, Zabadal y Bukovac (2006) al realizar un trabajo en cultivares de vid, aplicaron 5, 10 y 15 ppm de CPPU encontrando que las tres concentraciones causaron un incremento del tamaño y masa de la baya, sin embargo, la mejor respuesta se obtuvo con 15 ppm. De la misma forma en otro experimento en vid, realizado por los mismos autores, aplicaron 5 y 10 ppm de CPPU en diferentes tiempos después de la floración, encontrando una mejor respuesta a la dosis de 10 ppm aplicada cuando la baya tiene entre 4 y 7 mm de diámetro. En el caso del efecto del CPPU sobre cultivares de vid sin semilla y con semilla se han evaluado dosis de 5, 10 y 15 ppm, determinándose que existe una notable diferencia en la respuesta entre ambos tipos; en general responden mucho mejor los cultivares sin semilla que los cultivares con semilla, esta mejor respuesta se presenta

principalmente con 10 y 15 ppm (Zabadal y Bukovac, 2006). Por otra parte, para el cultivo de sandía, Maroto *et al.* (2002), mencionan que es posible aplicar dosis desde 25 hasta 200 ppm de CPPU, aunque lo más común es aplicar 50 ppm con resultados aceptables a nivel comercial.

En relación a la aplicación con otros productos, no existen evidencias de que el efecto del CPPU se incremente al aplicarse combinado con otros reguladores de crecimiento, e incluso con los que se ha probado como ANA, se ha encontrado que esto no aumenta su influencia (Bukovac *et al.*, 1998).

Las respuestas fisiológicas más comunes al CPPU son las siguientes:

Acidez titulable. El efecto del CPPU en la acidez titulable es variable, ya que en algunos cultivos se ve afectado y en otros no. En el caso de manzana cv. “Oregon Spur Delicious”, Curry y Greene, (1993) no encontraron efecto del CPPU sobre la acidez titulable al aplicarse en floración completa y dos semanas después de la misma.

Sólidos solubles totales (SST). Greene (1989) no encontró efecto del CPPU sobre los SST al aplicar 10 y 100 ppm en manzana cv. “Delicious”, situación corroborada por Curry y Greene (1993) al evaluar CPPU en dicho cultivo cv. “Oregon Spur Delicious”. De la misma manera, Greene (1995), no encontró efecto del CPPU sobre los SST en manzana cv. “Delicious”. Por otro lado, Hayata *et al.* (2000) reportaron que en melón cv. “Tokio Earl’s 55”, el CPPU no tuvo efecto sobre los SST de fruto derivados de flores polinizadas (con semillas), pero redujo los mismos en frutos derivados de flores sin polinización (sin semilla). En otro trabajo realizado por Greene (2001), se encontró un incremento de los SST al aplicar 2, 4 y 8 ppm de CPPU en fruto de 5 a 6 mm de tamaño de manzana cv. “McIntosh”. Mas recientemente, Zabadal y Bukovac (2006) reportaron una reducción de los grados Brix en vid cv. “Himrod”, al aplicar 5, 10 y 15 ppm de CPPU, donde la dosis mas alta causó la mayor reducción.

Firmeza de la pulpa del fruto. En un trabajo realizado por Greene (1989), se encontró que el CPPU aplicado durante la floración en manzana cv. “McIntosh”, causó un incremento

en la firmeza de la pulpa del fruto. De la misma forma se ha reportado que el CPPU aplicado durante la floración en manzana cv. “Delicious” incrementa la firmeza de la pulpa del fruto (Greene, 1989). Por otra parte, el incremento de la firmeza de la pulpa del fruto derivado de aplicación del CPPU, también ha sido corroborado en manzana cv. “Oregon Spur Delicious” (Curry y Greene, 1993). De igual forma, Greene (2001), reportó un incremento de la firmeza de la pulpa del fruto al aplicar CPPU después de la floración en manzana cv. “McIntosh”.

Peso del fruto. El efecto del CPPU sobre el peso del fruto, de acuerdo a los reportes encontrados, es variable. Al respecto, Greene (1989), reporta un incremento del peso del fruto de manzana cv. “McIntosh” al aplicar 100 ppm de CPPU en la etapa de floración plena, lo cual fue corroborado por Greene (2001) quien reporta un incremento del peso del fruto conforme se aumentó la dosis de aplicación de CPPU (1, 2, 4 y 8 ppm) en manzana cv. “McIntosh”. Sin embargo, Curry y Greene (1993) reportaron no encontrar efecto del CPPU sobre el peso del fruto de manzana cv. “Oregon Spur Delicious”. Análogamente Greene (1995), no encontró efecto del CPPU sobre el peso del fruto en manzana cv. “Delicious”. Por otra parte, Hayata *et al.* (2000), reportan que en melón cv. “Tokio Earl’s 55”, los frutos tratados con CPPU, derivados de flores sin polinización, fueron más pequeños que los del testigo. En el cultivo de arándano cv. “Tifblue”, NeSmith (2002) reportó un mayor peso de las bayas de las plantas tratadas con 10 ppm de CPPU 17 días después de la floración. En el cultivo de la vid cv. “Himrod”, Zabadal y Bukovac (2006), mencionan un incremento del tamaño y peso de la baya al aplicar CPPU. Los mismos autores, en otro experimento, encontraron que al aplicar CPPU en los cultivares sin semilla “Vanessa” y “Lakemont”, se incrementó el tamaño de la baya, mientras que en los cultivares con semilla “Concord” y “Niagara” no hubo ningún efecto del CPPU (Zabadal y Bukovac, 2006).

Número de frutos. Al respecto, Greene (1989) al evaluar el efecto del CPPU (10 y 100 ppm) en manzana cv. “McIntosh” encontró que hubo un número menor de frutos, lo cual fue más acentuado con la dosis mas alta. Por otra parte, Hayata *et al.* (2000), al evaluar el CPPU en melón cv. “Tokio Earl’s 55” encontraron que en los frutos derivados de flores sin polinización (sin semilla), este promovió el pegado de frutos, mientras que en los



frutos derivados de flores polinizadas (con semilla) no hubo efecto del CPPU. Al respecto, Greene (2001) reporta que aplicaciones de 8 ppm de CPPU en manzana cv. “Marshall McIntosh”, cuando el fruto tiene entre 5 y 10 mm de tamaño, causa aclareo de los mismos. En otro estudio, NeSmith (2002), trabajando con arándano cv. “Tifblue” encontró que aplicando 10 ppm de CPPU se incrementó el número de frutos por planta. En el caso de la vid, Zabadal y Bukovac (2006), reportan que en el cultivar “Himrod” el CPPU no tuvo ningún efecto sobre el número de bayas por racimo.

Relación longitud: diámetro (L:D) del fruto. Al respecto, Greene (1989) encontró una relación L:D del fruto mayor al aplicar 100 ppm de CPPU en manzana cv. “McIntosh”. De forma análoga, Curry y Greene (1993) encontraron que la relación L:D se vio aumentada al aplicar CPPU en manzana cv. “Delicious”, lo cual fue corroborado por Greene (1995) con aplicaciones de 5 y 10 ppm de CPPU en el mismo cultivar.

Número de semillas por fruto. En relación a esta variable, Greene (1989) encontró una mayor reducción del número de semillas al aplicar 100 ppm de CPPU 18 días después de la floración en manzana cv. “McIntosh”. De forma similar, Greene (2001) en manzana cv. “Marshall McIntosh”, encontró una reducción en el número de semillas por fruto aplicando 4 y 8 ppm de CPPU cuando el fruto tiene un diámetro de 5 a 6 mm. Contrariamente, Greene (1995), no encontró efecto del CPPU sobre el número de semillas por fruto de manzana cv. “Delicious”.

Efectos indeseables. Al respecto, Greene (1989) reporta que al aplicar 100 ppm de CPPU en manzana cv. “McIntosh” se presentaron frutos asimétricos; lo anterior fue corroborado por Greene (2001) quien encontró que conforme se incrementa la dosis de aplicación de CPPU en manzana cv. “McIntosh”, aumenta también el porcentaje de frutos asimétricos. Al respecto, Biasi *et al.* (1993), mencionan que la asimetría en los frutos, causada por el CPPU, se debe a la reducida movilidad y redistribución de los sitios de aplicación, lo cual puede ser superado con una distribución mas uniforme sobre la superficie del fruto, usando para ello, aplicadores uniformes de micro aspersión o rociadores múltiples de baja concentración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetativo

Se obtuvieron plántulas con 2 a 3 hojas verdaderas de la empresa de agroquímicos JAM. Las plántulas correspondieron a cuatro cultivares de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai). Estos fueron los cultivares triploides Sweet Delight y Tri-X 313, así como los diploides Fiesta y Celebration, cuyas características se especifican en el cuadro 1. El transplante se realizó el día 19 de agosto de 2005, en el área experimental agrícola del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, localizado en el km. 21 de la carretera Hermosillo - Bahía Kino. Las plántulas se cubrieron con agribon hasta la floración y el manejo agronómico correspondió al utilizado en la región para este cultivo.

**Cuadro 1.** Características de los cultivares de sandía utilizados en el estudio.

Cultivar	Descripción	Días a la cosecha	Forma y peso
Celebration	Madurez temprana, con pulpa oscura, excelente calidad interior, buena uniformidad en su forma, semillas grandes, moteadas, café oscuras, pulpa rojo brillante, corteza verde oscuro con franjas verde claro y resistente o tolerante a algunas razas de <i>Antracnosis</i> y algunas razas de <i>Fusarium</i> .	83	Oblonga, 22 a 26 lbs.
Fiesta	De rendimiento confiable, semillas de tamaño mediano color café oscuro, corteza verde oscuro con rayas discontinuas verde claro y resistente o tolerante a algunas razas de <i>Antracnosis</i> y algunas razas de <i>Fusarium</i> .	86	Oblonga, 18 a 22 lbs.
Tri-X 313	Cultivar triploide de textura firme, pulpa roja crujiente, muy dulce, amplia vida de anaquel, corteza verde claro con anchas franjas verde oscuras.	85	Oval, 15 a 18 lbs.
Sweet Delight	Triploide de textura firme, pulpa roja, muy dulce, amplia vida de anaquel, corteza verde claro con anchas franjas verde oscuras.	86	Oval, 15 a 18 lbs.

Rogers, 2005.

### Diseño de experimentos

El diseño de tratamientos fue un factorial que incluyó los factores cultivar, producto y dosis de aplicación con sus respectivos niveles. La distribución de los tratamientos en el campo se realizó en un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones, constituidas cada una por un fruto, obteniendo un total de 160 unidades experimentales en todo el experimento. El experimento constó de 40 tratamientos, los cuales fueron aplicados iniciada la floración. Los Factores y niveles de estudio fueron: Cultivar con cuatro niveles: Fiesta, Celebration, Sweet Delight y Tri-X 313, Producto con dos niveles: CPPU y 2,4-D y las dosis de aplicación de los productos las cuales fueron: 0, 25, 50, 100 y 200 para CPPU y 0, 4, 8, 12 y 16 para 2,4-D. Se realizó una sola aplicación de cada tratamiento. En el caso del CPPU, los tratamientos fueron aplicados al abrir la flor por la mañana a través de pulverización directa al ovario, antes de la presencia de insectos polinizadores; una vez aplicado el tratamiento, se etiquetó y tapó la flor con conos elaborados ex profeso para evitar la intromisión de los insectos. En el caso del 2,4-D, la aplicación fue a toda la planta, y de igual manera, la flores de recién apertura se cubrieron para evitar la entrada de insectos.

### Determinaciones físicas

#### Número de semillas por fruto

La determinación del número de semillas por fruto se realizó partiendo por la mitad el fruto procediendo al conteo de las semillas en toda la pulpa y tomando el registro correspondiente.

#### Forma del fruto

La forma del fruto se determinó como un índice resultado de dividir el diámetro ecuatorial entre el diámetro polar.

#### Peso del fruto

Esta variable se midió colocando en una balanza digital cada fruto y registrando el peso específico de cada uno.

### Firmeza

Este parámetro se midió como resistencia al penetrómetro, empleándose para ello un penetrómetro manual. Se registró la fuerza ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) necesaria para romper el tejido del fruto con la punta cilíndrica, la cual se introdujo en la pulpa del fruto.

### Determinaciones químicas

#### pH

El pH se obtuvo directamente al colocar la muestra en el potenciómetro (A.O.A.C., 1998).

#### Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales (SST) expresado en grados Brix se determinó colocando una gota del jugo, obtenido de la pulpa, en un refractómetro manual calibrado con agua pura (A.O.A.C., 1998).

Una vez recolectados los datos, se procedió a realizar el análisis estadístico para establecer la tendencia de las variables de respuesta y el efecto de los tratamientos. Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico JMP v. 4.0 y se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias con un nivel de significancia del 5 %.

En el caso de las dosis de CPPU y 2,4-D y dado que estas fueron diferentes en cada uno de los productos, se realizó un análisis por separado considerando cada caso como un experimento aparte con un diseño factorial completamente al azar, donde los factores fueron cultivar con cuatro niveles y dosis con cinco niveles, esto para conocer el efecto del factor dosis y realizar la comparación entre las mismas en cada producto, así como la interacción cultivar por dosis, también en cada producto.



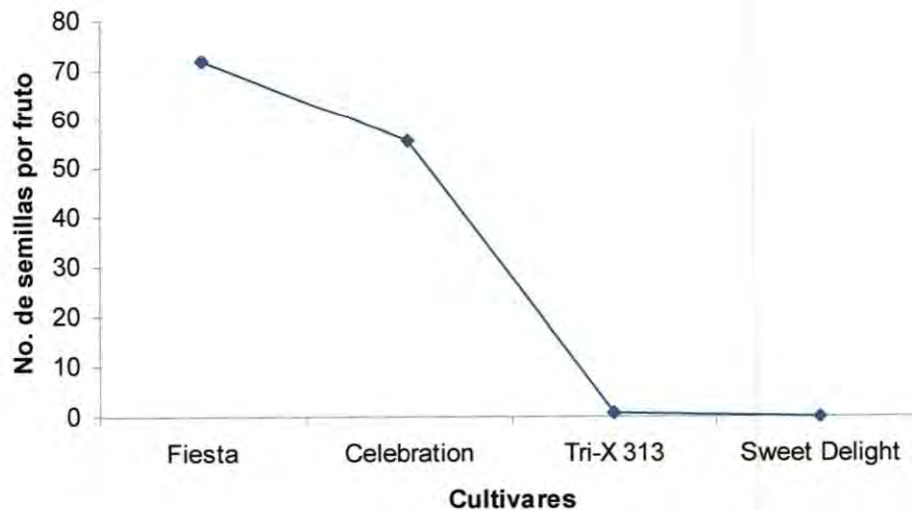
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Determinaciones físicas

#### Número de semillas por fruto

En el caso de esta variable, por tratarse de un conteo, se realizó una transformación de la misma, según la recomendación de la literatura, trabajándose con la raíz cuadrada de los datos obtenidos (Little y Jackson, 1990), sin embargo, las medias obtenidas se presentan en los cuadros tal como se presentaron, es decir, sin la transformación especificada.

El análisis de varianza realizado para la variable número de semillas por fruto, después de la transformación, reportó diferencias significativas para el factor cultivar, encontrándose según se observa en la figura 1, que los cultivares triploides Sweet Delight y Tri-X 313 fueron significativamente diferentes a los cultivares diploides Fiesta y Celebration, infiriendo que los cultivares triploides, responden mejor a los tratamientos de los productos aplicados. Las medias obtenidas para cada cultivar, se presentan en el cuadro 2.



**Figura 1.** Comportamiento de la variable número de semillas por fruto en los cuatro cultivares.

En el caso del factor producto, se encontró que los frutos derivados de tratamiento con CPPU, mostraron menor número de semillas y fueron estadísticamente diferentes a los frutos derivados de tratamiento con 2,4-D (cuadro 3); tales resultados coinciden con los encontrados por diferentes trabajos en manzana, donde se reporta que el CPPU reduce el número de semillas (Greene, 1989, Greene, 2001) y lo reportado por Maroto *et al.* (2002), en relación a que en sandía con aplicaciones de CPPU es posible obtener frutos sin semilla.

**Cuadro 2.** Efecto del factor cultivar sobre la variable número de semillas por fruto.

Cultivar	Número de semillas por fruto
Fiesta	72.200 a
Celebration	55.475 a
Tri-X 313	0.650 b
Sweet Delight	0.125 b

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

**Cuadro 3.** Efecto del factor producto sobre la variable número de semillas por fruto.

Producto	No. de semillas por fruto
CPPU	21.525 a
2,4-D	42.700 b

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

De la misma manera, el análisis de varianza realizado a CPPU y 2,4-D, para conocer el efecto del factor dosis, reportó diferencias significativas entre las dosis de ambos productos, así como de la interacción cultivar por dosis de CPPU y de la interacción cultivar por dosis de 2,4-D. En el caso del CPPU, en la comparación de las medias a través de la prueba de Tukey, se encontró que el testigo tuvo el promedio más elevado de semillas por fruto y estadísticamente diferente a las medias de los demás tratamientos, lo cual concuerda con otros trabajos realizados (Hayata *et al.*, 2000, Greene, 1989). Cabe mencionar que concentraciones de 25 a 100 ppm disminuyeron de forma importante el número de semillas por fruto, además que la dosis de 200 ppm resultó en cero semillas por fruto (cuadro 4).

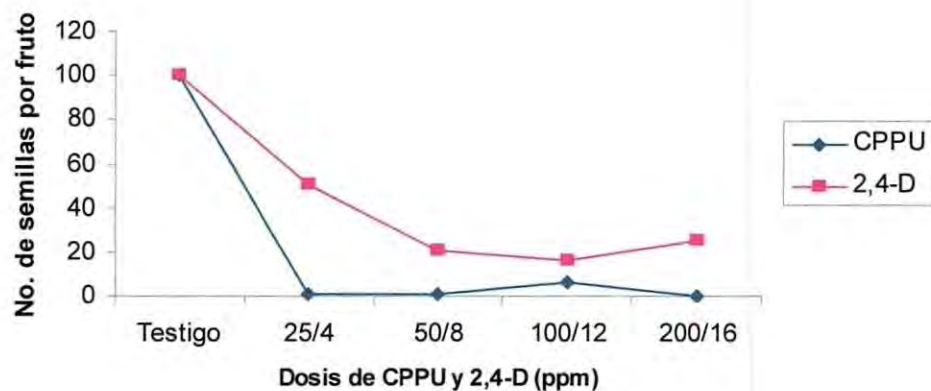
**Cuadro 4.** Efecto del factor dosis de CPPU sobre la variable número de semillas por fruto.

Dosis (ppm)	No. de semillas por fruto	
Testigo	100.43	a
25	0.56	b
50	0.75	b
100	5.87	b
200	0.00	b

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

En el caso del 2,4-D, la prueba de Tukey realizada para comparar las medias de los tratamientos, determinó diferencias estadísticas del testigo con respecto a los tratamientos donde se aplicó 8, 12 y 16 ppm de 2,4-D, (cuadro 5). En este producto, aunque las medias obtenidas fueron más elevadas, se observa una clara diferencia entre los tratamientos con respecto al testigo, lo cual coincide con lo encontrado por Maroto *et al.*, (2002) en relación a que dosis de 6 a 10 ppm de 2,4-D en plantas de sandía derivan en frutos sin semilla con estándares de producción normales.

La figura 2, permite comparar el efecto de las dosis de cada producto, donde se denota la diferencia entre ambos y la ligera tendencia a disminuir conforme se incrementa la dosis.



**Figura 2.** Comportamiento de la variable número de semillas por fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU (0, 25, 50, 100 y 200) y 2,4-D (0, 4, 8, 12 y 16).



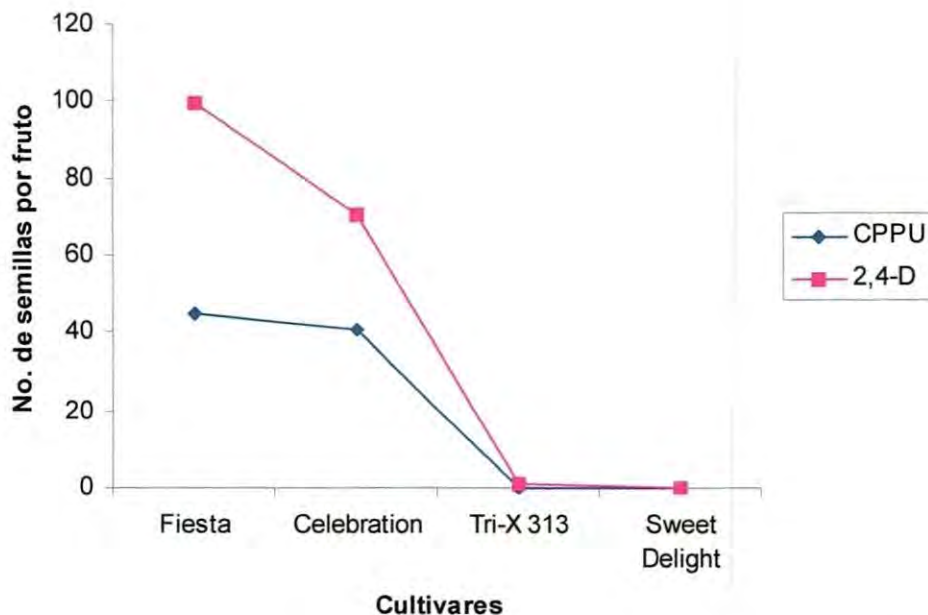
**Cuadro 5.** Efecto del factor dosis de 2,4-D sobre la variable número de semillas por fruto.

Dosis (ppm)	No. de semillas por fruto	
Testigo	100.50	a
4	50.50	a b
8	20.75	b
12	16.31	b
16	25.43	b

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

En lo que respecta a la respuesta de los cultivares a la aplicación de ambos productos, el análisis realizado en la variable número de semillas por fruto, no detectó diferencia significativa, sin embargo, como se observa en el cuadro 6, las medias de los cultivares Tri-X 313 y Sweet Delight en combinación con ambos productos resultaron muy diferentes en comparación a las medias derivadas de Fiesta y Celebration también en combinación con CPPU y 2,4-D. Así mismo, según se observa en la figura 3, resulta evidente el efecto de ambos productos sobre los cultivares triploides en comparación a su aplicación en los cultivares diploides, permitiendo inferir que en general, los cultivares triploides responden mejor en comparación a los cultivares diploides, lo cual coincide con lo encontrado por Zabadal y Bukovac (2006) al trabajar con CPPU en cultivares de vid. De igual manera estos resultados concuerdan con los obtenidos por Hayata *et al.* (2000) en el cultivo del melón en donde aplicaciones de CPPU indujeron frutos 100 % partenocárpicos. Por otra parte, en este estudio se encontró que los cultivares Fiesta y Celebration (diploides) tuvieron una respuesta mejor al tratamiento con CPPU que a la aplicación de 2,4-D (cuadro 6), lo cual de alguna forma concuerda con lo mencionado por Maroto *et al.* (2000), en relación a la obtención de frutos sin semilla de calidad normal con aplicación de CPPU en cultivares diploides de sandía.



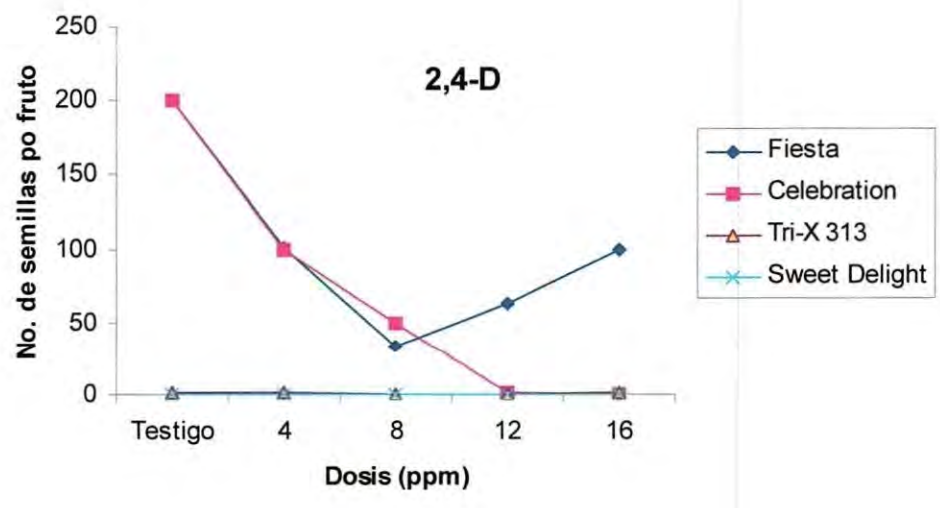
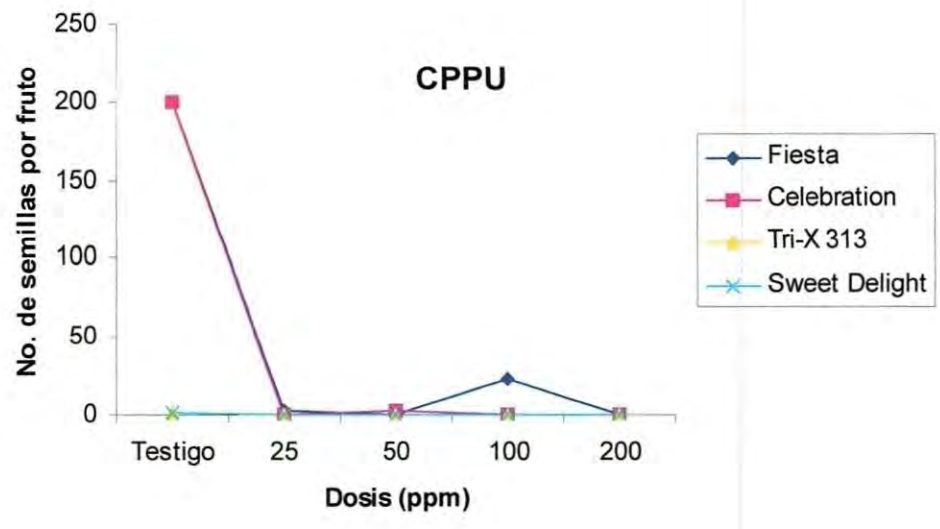


**Figura 3.** Comportamiento de la variable número de semillas por fruto en los cuatro cultivares en relación a la aplicación de CPPU y 2,4-D.

En la interacción cultivar por dosis, en el caso de CPPU, como se observa en la figura 4, las medias generadas por los testigos de Fiesta y Celebration fueron las más altas, muy diferentes a las medias de los otros tratamientos; además de que la combinación de los cuatro cultivares con 200 ppm de CPPU, generó en cada una cero semillas por fruto.

**Cuadro 6.** Efecto de la interacción cultivar por producto sobre la variable número de semillas por fruto.

Cultivar	CPPU	2,4-D
Fiesta	45.00	99.40
Celebration	40.65	70.30
Tri-X 313	0.25	1.05
Sweet Delight	0.20	0.05



**Figura 4.** Comportamiento de la variable número de semillas por fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU y 2,4-D en los cuatro cultivares.

En el caso de la interacción cultivar por dosis de 2,4-D, según se observa en la figura 4, se encontró que el testigo de los cultivares Fiesta y Celebration promediaron ambos la mayor cantidad de semillas por fruto. En los cultivares Tri-X 313 y Sweet Delight, donde se aplicaron las cuatro dosis de 2,4-D, se produjeron cantidades de semillas por fruto muy similares entre estas e incluso con respecto al testigo.

### Forma del fruto

El análisis de varianza realizado para la variable forma del fruto, reportó diferencias significativas para el factor cultivar, en donde de acuerdo a la prueba de Tukey realizada, Sweet Delight y Tri-X 313, fueron significativamente diferentes a los cultivares Celebration y Fiesta (cuadro 7), sin embargo, al analizar el efecto de la interacción de los productos con los cultivares, no se encontró diferencia significativa, por lo cual, las diferencias en la forma del fruto entre los cultivares, se infiere, se debieron básicamente a las características propias de los cultivares, ya que como se muestra en el cuadro 1, los triploides empleados tienen tendencia natural a presentar una forma más esférica que los cultivares diploides.

**Cuadro 7.** Efecto del factor cultivar sobre la variable forma del fruto.

Cultivar	Índice
Fiesta	0.743 b
Celebration	0.748 b
Tri-X 313	0.891 a
Sweet Delight	0.892 a

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

En el caso del factor producto, hubo diferencia significativa entre ambos, encontrando que los frutos derivados de los tratamientos con 2,4-D resultaron con un índice mayor y estadísticamente diferentes a los que derivaron de tratamientos con CPPU (cuadro 8). En este caso, aunque en otros trabajos, principalmente en manzana, se ha encontrado que el CPPU aumenta la relación longitud: diámetro del fruto (Greene, 1989, Curry y Greene, 1993, Greene, 1995), nuestros resultados, permiten inferir que en sandía, el CPPU no tiene el mismo efecto.

**Cuadro 8.** Efecto del factor producto sobre la variable forma del fruto.

Producto	Índice
CPPU	0.805 a
2,4-D	0.832 b

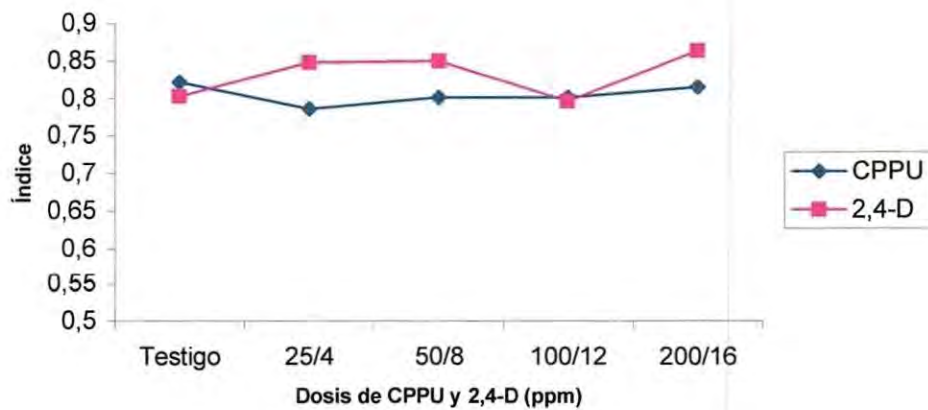
\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

En el análisis del factor dosis, solo se presentaron efectos significativos entre las dosis de 2,4-D, en donde de acuerdo a la prueba de Tukey, el índice promedio obtenido por fruto, donde se aplicó 16 ppm de 2,4-D, fue el mas alto y resultó diferente estadísticamente a los frutos derivados del testigo (cuadro 9).

**Cuadro 9.** Efecto del factor dosis de 2,4-D sobre la variable forma del fruto.

Dosis (ppm)	Índice
12	0.79 a
Testigo	0.80 a
4	0.84 a b
8	0.85 a b
16	0.86 b

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.



**Figura 5.** Comportamiento de la variable forma del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU (0, 25, 50, 100 y 200) y 2,4-D (0, 4, 8, 12 y 16).

#### Peso del fruto

El análisis de varianza realizado para la variable peso del fruto, reportó diferencias significativas en el factor producto en donde de acuerdo a la prueba de Tukey, los frutos derivados de tratamientos con CPPU tuvieron un mayor peso y fueron estadísticamente diferentes al peso de los frutos derivados de tratamientos con 2,4-D (cuadro 10); sin

embargo, esta diferencia puede ser atribuible al estrés causado en las plantas donde se aplicó 2,4-D, que ocasionó una reducción del peso de sus frutos, además de que al analizar las dosis de CPPU, no se presentaron diferencias estadísticas. Por otro lado, en trabajos realizados en melón, se ha encontrado que el CPPU ocasiona frutos más pequeños que el testigo (Hayata *et al.*, 2000), aunque cuando este producto se usa como raleador, los frutos producidos serán de mayor peso (Greene, 1989, NeSmith, 2002, Zabadal y Bukovac, 2006).

**Cuadro 10.** Efecto del factor producto sobre la variable peso del fruto.

Producto	Peso del fruto (kg.)
CPPU	5.10 a
2,4-D	4.72 b

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

Por otra parte, en el análisis de varianza realizado al factor dosis, se encontró, en el 2,4-D, según se observa en el cuadro 11, que las medias obtenidas por los diferentes tratamientos y el testigo, fueron similares y las diferencias encontradas, fueron derivadas del estrés causado a la planta por la aplicación del 2,4-D. Tales resultados, son coincidentes con los encontrados en la literatura, en donde se recomienda que después de la aplicación del 2,4-D, se debe aplicar a la planta una solución de aminoácidos para disminuir la tensión causada por este producto y evitar retrasos y disminución en el peso de los frutos (Maroto *et al.*, 2002).

**Cuadro 11.** Efecto del factor dosis de 2,4-D sobre la variable peso del fruto.

Dosis (ppm)	Peso del fruto (kg)
Testigo	5.29 a
4	4.23 b
8	4.85 a
12	4.56 a
16	4.69 a

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

En el análisis de la interacción cultivar por dosis, podemos observar en la figura 6, que las medias resultaron similares y las diferencias observadas, como en el caso del



testigo del cultivar Tri-X 313 y el tratamiento 4 ppm de 2,4-D en el mismo cultivar, pueden ser atribuibles al muestreo.

### Firmeza

El análisis de varianza realizado para la variable firmeza de la pulpa del fruto, reportó diferencias significativas para los factores cultivar y producto. En el caso de los cultivares, la prueba de Tukey realizada permitió establecer diferencias significativas entre los cultivares Celebration y Sweet Delight y de ambos cultivares con respecto a Tri-X 313 y Fiesta (cuadro 12). La figura 7 permite observar como el cultivar Celebration tuvo la menor firmeza seguida de Sweet Delight, Tri-X 313 y Fiesta con la mayor firmeza.

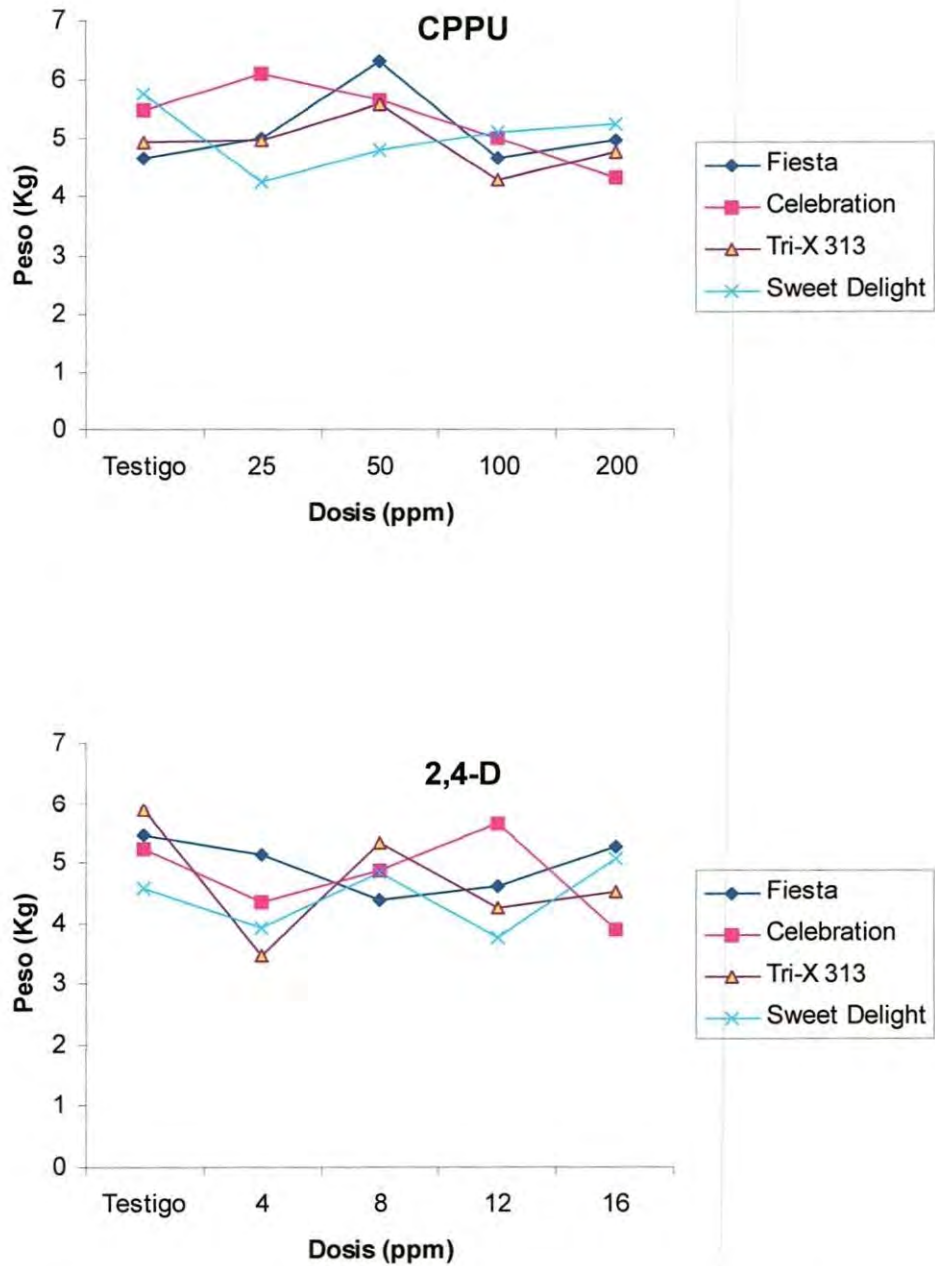
**Cuadro 12.** Efecto del factor cultivar sobre la variable firmeza de la pulpa del fruto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Cultivar	Firmeza ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
Fiesta	3.655 a
Tri-X 313	3.417 a
Sweet Delight	2.725 b
Celebration	2.242 c

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

En el caso del factor producto, se encontró que los frutos derivados de tratamientos con CPPU tuvieron una firmeza mayor y estadísticamente diferente a la firmeza de los frutos derivados de tratamientos con 2,4-D (cuadro 13). La mejor respuesta al CPPU también fue observada en el análisis de esta variable en los diferentes cultivares, donde en general, hubo mayor firmeza de la pulpa en los frutos derivados de flores tratadas con CPPU en comparación a los frutos derivados de flores tratadas con 2,4-D en cada cultivar. En el caso del análisis de las dosis de aplicación, en el CPPU según se observa en el cuadro 14, conforme se incrementa la dosis de aplicación del CPPU, se incrementa también la firmeza de la pulpa del fruto, sin embargo no hubo diferencias estadísticas entre las mismas. Los resultados obtenidos con CPPU, concuerdan con los obtenidos por diversos autores en varios cultivares de manzana donde refieren que el CPPU incrementa

la firmeza de la pulpa al momento de la cosecha (Greene, 1989, Curry y Greene, 1993, Greene, 2001).

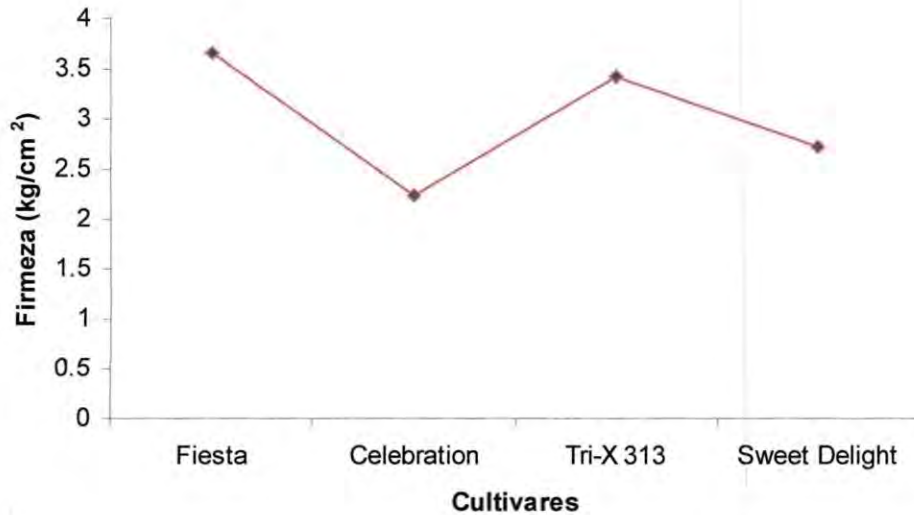


**Figura 6.** Comportamiento de la variable peso del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU y 2,4-D en los cuatro cultivares.

**Cuadro 13.** Efecto del factor producto sobre la variable firmeza de la pulpa del fruto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Producto	Firmeza ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
CPPU	3.164 a
2,4-D	2.856 b

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.



**Figura 7.** Comportamiento de la variable firmeza de la pulpa del fruto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) en los cuatro cultivares.

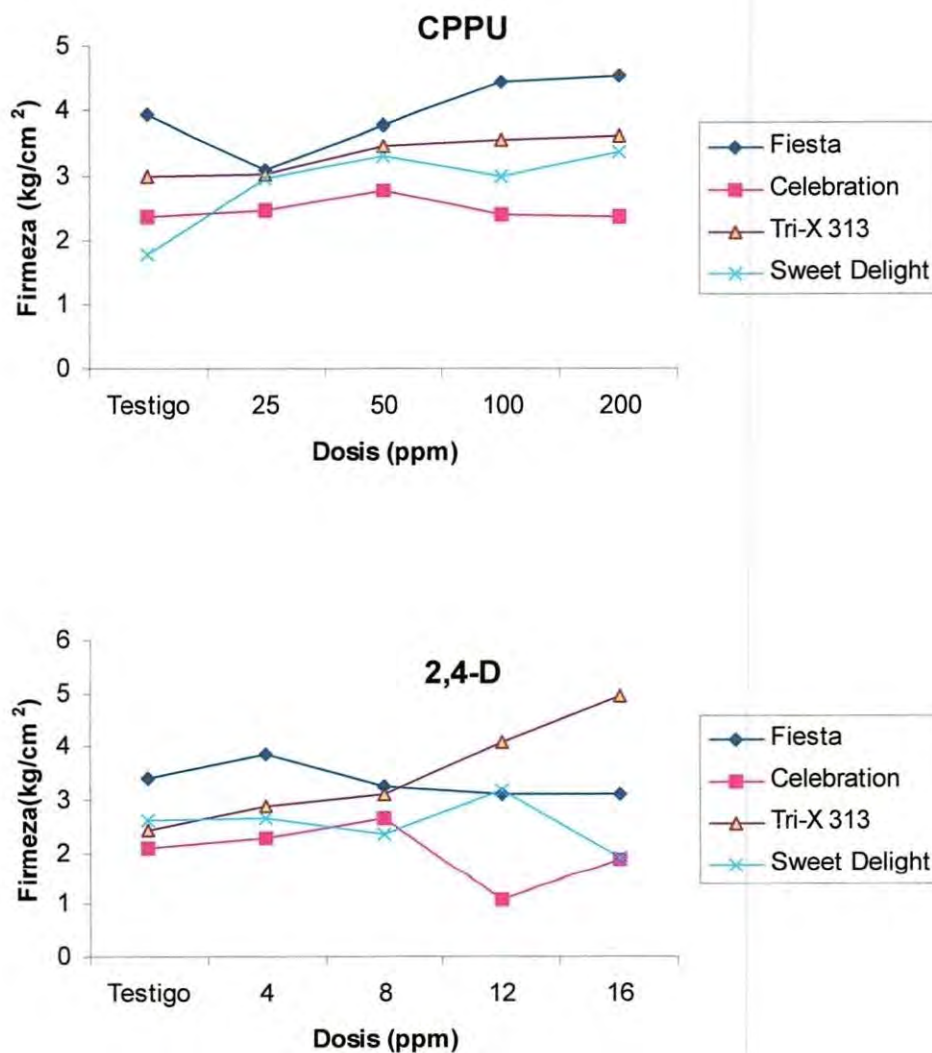
**Cuadro 14.** Efecto del factor dosis de CPPU sobre la variable firmeza de la pulpa del fruto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Dosis	Firmeza ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
Testigo	2.76
25	2.89
50	3.33
100	3.34
200	3.47

En la interacción cultivar por dosis de 2,4-D, de acuerdo a la comparación de medias establecida de cada cultivar con sus diferentes dosis, no se detectaron diferencias estadísticas. El cultivar Tri-X 313 en combinación con 12 y 16 ppm, tuvieron la mayor



firmeza mientras que las medias derivadas del cultivar Celebration con 12 y 16 ppm fueron las más bajas (figura 8).



**Figura 8.** Comportamiento de la variable firmeza de la pulpa del fruto (kg/cm<sup>2</sup>) en relación a las dosis aplicadas de CPPU y 2,4-D en los cuatro cultivares.

#### Determinaciones Químicas

##### pH

El análisis de varianza realizado para evaluar el efecto de los factores estudiados sobre el pH del fruto, indica que los factores cultivar, producto y la interacción de ambos

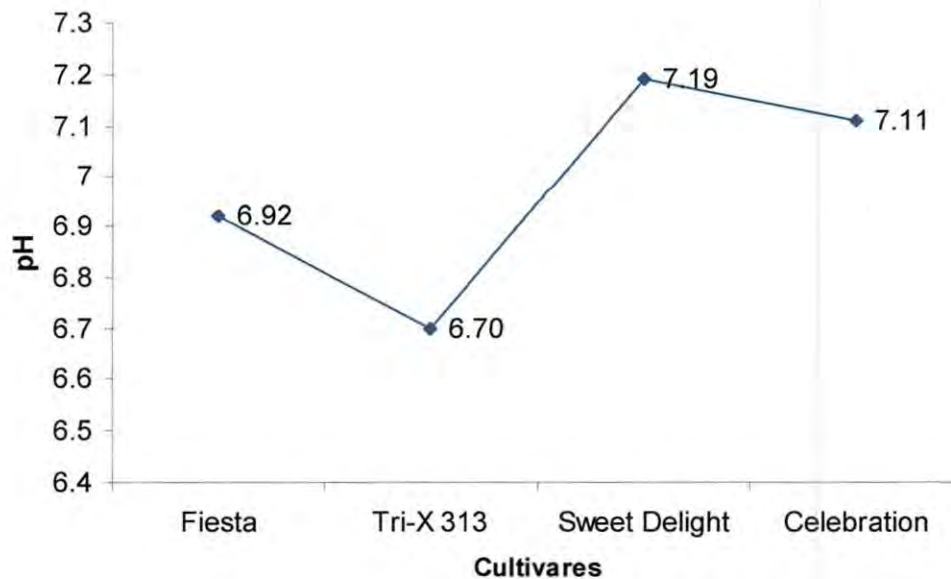
tuvieron un efecto significativo. De igual forma, también hubo diferencias significativas del factor dosis tanto en CPPU como en el 2,4-D, así como en la interacción cultivar por dosis de CPPU. En el caso de los cultivares, la figura 9 permite observar las diferencias de pH entre los cultivares, donde se destaca que los frutos del cultivar Tri-X 313 mostraron los valores de pH más bajos, mientras que los frutos del cultivar Sweet Delight tuvieron el pH más alto.

En el caso del factor producto, las medias obtenidas para CPPU y 2,4-D fueron estadísticamente diferentes, resultando una media más alta para los frutos derivados de tratamiento con 2,4-D (cuadro 15).

**Cuadro 15.** Efecto del factor producto sobre la variable pH del fruto.

Producto	pH
CPPU	6.88 a
2,4-D	7.07 b

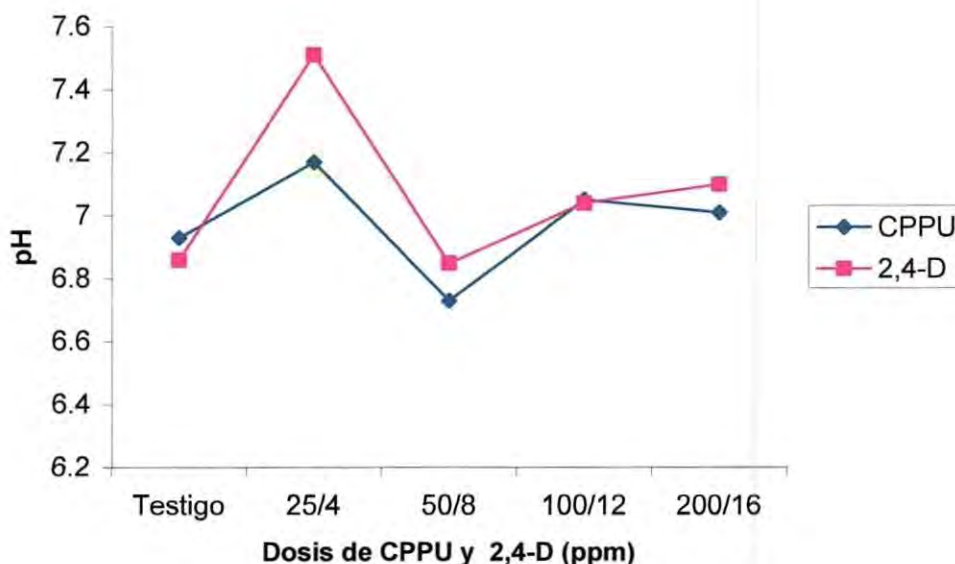
\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.



**Figura 9.** Comportamiento de la variable pH del fruto en los cuatro cultivares.

En el análisis del factor dosis de CPPU, la dosis de 50 ppm de CPPU generó la media más baja de pH, la cual fue diferente estadísticamente a las medias derivadas por las otras dosis incluyendo el testigo. La dosis 25 ppm generó el pH más alto (figura 10).

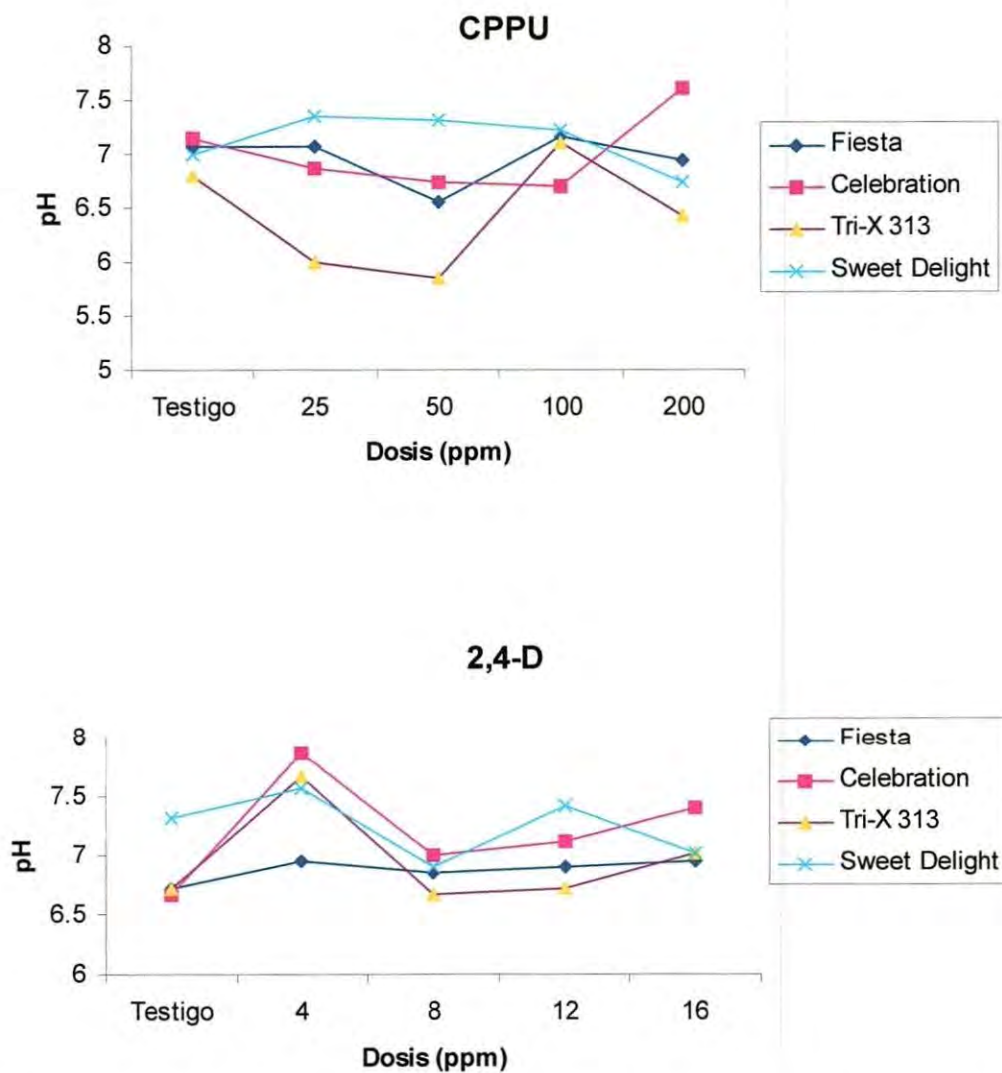
En el caso de las dosis de 2,4-D, la media de pH generada por los tratamientos donde se aplicó 4 ppm mostró el valor más elevado, diferente estadísticamente a las medias derivadas tanto del testigo como de los tratamientos donde se aplicaron 8 y 12 ppm de 2,4-D (figura 10).



**Figura 10.** Comportamiento de la variable pH del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU (0, 25, 50, 100 y 200) y 2,4-D (0, 4, 8, 12 y 16).

En el análisis de la interacción cultivar por producto, en el caso de CPPU, se encontró que la combinación del cultivar Tri-X 313 con aplicación de CPPU generó la media de pH del fruto más baja, diferente estadísticamente a las medias derivadas de la combinación del mismo producto con los otros cultivares (cuadro 16).

En el caso de la comparación de medias en la interacción cultivar por dosis de CPPU, las diferencias más notorias se encontraron, en el cultivar Tri-X 313 con aplicación de 50 ppm, que originó el pH más bajo y el mismo cultivar con aplicación de 100 ppm que promedió el pH más alto (figura 11).



**Figura 11.** Comportamiento de la variable pH del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU y 2,4-D en los cuatro cultivares.



**Cuadro 16.** Efecto de la interacción cultivar por producto sobre la variable pH del fruto.

Cultivar	CPPU	2,4-D
Fiesta	6.96 a	6.87 a
Celebration	7.02 a	7.21 a
Tri-X 313	6.44 b	6.96 a
Sweet Delight	7.13 a	7.25 a

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

#### Sólidos solubles totales

Para esta variable, el análisis de varianza realizado, reportó diferencias significativas para el factor cultivar, el factor producto, así como para la interacción cultivar por producto. Así mismo, también se presentaron diferencias significativas de las dosis de CPPU y la interacción cultivar por dosis de CPPU. En el caso de los cultivares, el cultivar Sweet Delight, según se muestra en el cuadro 17, tuvo el nivel de SST mas elevado y estadísticamente diferente a los otros tres cultivares, mientras que el cultivar Fiesta obtuvo la media más baja y resultó estadísticamente diferente a Tri-X 313 y Celebration. Tales resultados pueden ser explicados a través de las características mismas de los cultivares, ya que como se mencionó antes (cuadro 1), Sweet Delight produce frutos con altos niveles de SST.

**Cuadro 17.** Efecto del factor cultivar sobre la variable sólidos solubles totales del fruto.

Cultivar	SST (°Brix)
Fiesta	8.04 a
Celebration	8.83 b
Tri-X 313	8.97 b
Sweet Delight	9.88 c

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

En el caso del factor producto, el 2,4-D generó la media más alta, la cual de acuerdo a la prueba de Tukey realizada fue estadísticamente diferente a la media obtenida con CPPU (cuadro 18).

**Cuadro 18.** Efecto del factor producto sobre la variable sólidos solubles totales del fruto.

Producto	SST (°Brix)
CPPU	8.73 a
2,4-D	9.13 b

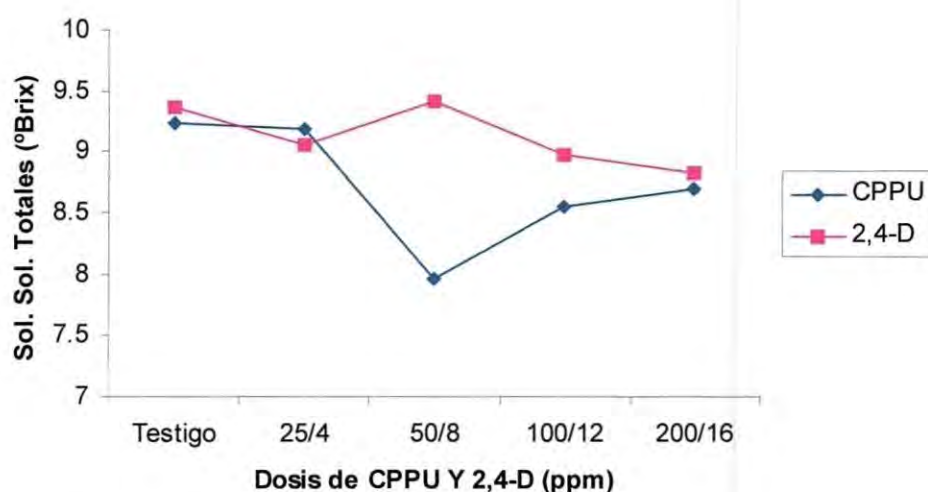
\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

En la comparación de las dosis, en el caso del CPPU, según se observa en el cuadro 19, la media derivada del testigo fue más alta que la generada por las cuatro dosis de CPPU. Como se observa en la figura 12, la dosis de 50 ppm generó la media más baja. Tales resultados corroboran la información encontrada en algunos trabajos realizados con CPPU, donde refieren que la aplicación de este producto disminuye los SST en los frutos (Hayata *et al.*, 2000, Zabadal y Bukovac, 2006).

**Cuadro 19.** Efecto del factor dosis de CPPU sobre la variable sólidos solubles totales del fruto.

Dosis (ppm)	SST (°Brix)
Testigo	9.24 a
25	9.18 a
200	8.70 a b
100	8.55 a b
50	7.97 b

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.



**Figura 12.** Comportamiento de la variable sólidos solubles totales del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU (0, 25, 50, 100 y 200) y 2,4-D (0, 4, 8, 12 y 16).

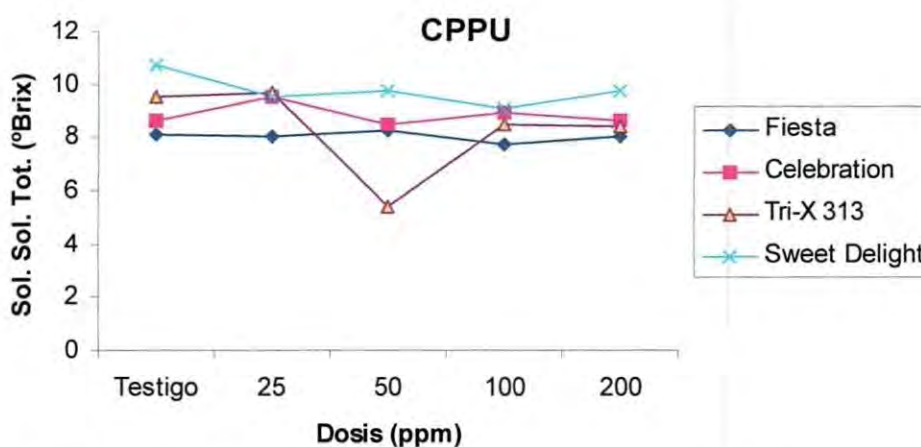
En el análisis de la interacción cultivar por producto, en el caso de CPPU, como se observa en el cuadro 20, la media obtenida por el cultivar Fiesta con aplicación de CPPU, fue la más baja, mientras que Sweet Delight fue la más alta. En el caso de la combinación de los cultivares con 2,4-D, el comportamiento fue el mismo, es decir, que Fiesta mostró la media más baja y Sweet Delight la media más alta.

**Cuadro 20.** Efecto de la interacción cultivar por producto sobre la variable sólidos solubles totales del fruto.

Cultivar	CPPU	2,4-D
Fiesta	8.03 a	8.05 a
Celebration	8.84 a b	8.82 a c
Tri-X 313	8.30 a	9.65 b c
Sweet Delight	9.76 b	10.01 b

\*Letras iguales significa que no hubo diferencias estadísticas al 5 %.

En el caso de la interacción Cultivar por dosis, como se observa en la figura 13, la media generada por la combinación de Tri-X 313 con 50 ppm de CPPU, fue la más baja con un valor de 5.39 °Brix, y diferente a las medias obtenidas por este cultivar con las otras dosis de CPPU y el testigo.



**Figura 13.** Comportamiento de la variable sólidos solubles totales del fruto en relación a las dosis aplicadas de CPPU en los cuatro cultivares.

## CONCLUSIONES

- Con respecto al efecto de los cultivares, se encontraron diferencias significativas para las variables pH del fruto, sólidos solubles totales (°Brix), forma del fruto, número de semillas por fruto y firmeza del fruto. Las diferencias en pH, sólidos solubles totales y forma del fruto, en coincidencia con lo mencionado por la literatura, fueron producto de las características propias de los cultivares empleados.
- En relación al efecto de los productos aplicados, se encontró que CPPU promedió frutos de mayor peso y mayor firmeza, mientras que el 2,4-D promedió mayor pH, mayor cantidad de sólidos solubles totales del fruto, así como también generó frutos más esféricos; resultados que son similares a los encontrados en la literatura revisada.
- En cuanto al número de semillas por fruto, en general, se establece una notoria diferencia entre la aplicación de CPPU y 2,4-D. En aquellos frutos derivados de flores tratadas con CPPU el número de semillas fue de 21.525, en tanto que en los frutos derivados de flores tratadas con 2,4-D, el promedio de semillas fue de 42.70. Además se observó que los cultivares Fiesta y Celebration (diploides) tuvieron una respuesta mejor al tratamiento con CPPU que a la aplicación de 2,4-D.
- Con respecto a la variable firmeza, los frutos derivados de flores tratadas con CPPU tuvieron mayor firmeza de la pulpa, incluso que aquellos tratados con 2,4-D. La mejor respuesta al CPPU también fue observada en el análisis de esta variable en los diferentes cultivares, donde en general, hubo mayor firmeza de la pulpa en los frutos derivados de flores tratadas con CPPU en comparación a los frutos derivados de flores tratadas con 2,4-D en cada cultivar.



- En relación a las dosis aplicadas de cada producto, en el caso del CPPU, concentraciones de 25 a 100 ppm disminuyeron de forma importante el número de semillas por fruto y con 200 ppm el número de semillas por fruto fue cero. En el caso del 2,4-D, en la variable número de semillas por fruto, los tratamientos con dosis de 8 y 12 ppm derivaron en una importante reducción en el número de semillas por fruto.
- Se obtuvieron resultados satisfactorios que demuestran el gran potencial del CPPU para producir sandía sin semilla, evitando la instalación de polinizadores en el caso de cultivares triploides o bien incluso es posible su aplicación en cultivares diploides para producir sandía sin semilla sin presencia de insectos polinizadores o en condiciones que obstaculicen la polinización.

14. Greene, D.W. 1996. Influence of CPPU on fruit quality and storage potential of “McIntosh” apples. *J. Tree Fruit Prod.* 1:87-97.
15. Greene, D.W. 2001. CPPU influences fruit quality and fruit abscission of “McIntosh” apples. *HortScience* 36(7): 1292-1295.
16. Greene, D.W. and W.R. Autio. 1989. Evaluation of benzyladenine as a chemical thinner on “McIntosh” apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114: 68-73.
17. Greene, D.W., W.R. Autio and P. Miller. 1990. Thinning activity of benzyladenine on several apple cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 394-400.
18. Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1984. Propagación de plantas. Principios y Prácticas. Editorial C.E.C.S.A. México. p. 76.
19. Hayata, Y., Y. Niimi and N. Iwasaki. 1995. Synthetic cytokinin-1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea (CPPU)—promotes fruit set and induces parthenocarp in watermelon. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(6):997-1000.
20. Hayata, Y., Y. Niimi, K. Inoue and S. Kondo. 2000. CPPU and BA, with and without pollination, affect set, growth, and quality of muskmelon fruit. *HortScience* 35(5):868-870.
21. Kurosaki, F., S. Takahashi, K. Shudo, T. Okamoto and Y. Isogai. 1981. Structural and biological links between urea –and purine- cytokinins. *Chem. Pharmaceutical Bull. (Tokio)* 29: 3751-3753.
22. Little, S. y H. Jackson. 1990. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Editorial C.E.C.S.A. México. p. 132.
23. Maroto, J.V.B., A.G. Miguel y F.G. Pomares. 2002. El cultivo de la sandía. Editorial Ediciones Mundi-Prensa y Fundación Caja Rural Valencia. Madrid, España. p. 23.
24. Masuda, M., H. Nagao and S. Matsubara. 1990. Growth and sugar contents of 2,4-D-induced parthenocarpic melon fruits cv. “Earl’s Favourite”. *Bull. Okayama. Agr. Coll.* 75: 15-21.
25. NeSmith, D.S. 2002. Response of Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) to the Growth Regulators CPPU and Gibberellic Acid. *HortScience* 37(4):666-668.
26. Nickell, L.G. 1986. The effect of N-(2-chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea on grapes and other crops. *Proc. Plant Growth Regul. Soc. Amer.* 13: 236-241.

## LITERATURA CITADA

1. Association of official analytical chemist (A.O.A.C.). 1998. Official Methods of Analysis. 16<sup>th</sup> edition. A.O.A.C. International. Guithersburg, MD. USA.
2. Biasi, R., D. Neri, N. Sugiyama and G. Costa. 1993. <sup>14</sup>C-CPPU uptake and distribution in developing kiwifruits and apples. *Acta Hort.* 329: 101-104.
3. Bukovac. M.J., J. Hull Jr., J.C. Neilson, M. Schroeder and G. Noga. 1998. Interaction between CPPU and NAA on fruit thinning and fruit development in selected apple varieties. *HortScience* 33: 513.
4. Calderón, A.E. 1983. *Fruticultura General; El esfuerzo del hombre*. Editorial LIMUSA. México. p. 124.
5. Curry, E.A. and D.W. Greene. 1993. CPPU influences fruit quality, fruit set, return bloom, and preharvest drop of apples. *HortScience* 28(2): 115-119.
6. Devlin, R.M. 1980. *Fisiología Vegetal*. Editorial Omega. Barcelona, España. p. 400.
7. Diaz, M.D.H. 2002. *Fisiología de árboles frutales*. AGT Editor. S.A. México. pp.41-42.
8. Edmond, J.B., T.L. Senn y F.S. Andrews. 1984. *Principios de Horticultura*. Editorial C.E.C.S.A.. México. p. 64.
9. Elfving, D.C. and R.A. Cline. 1993. Cytokinin and ethephon affect crop load, shoot growth and nutrient concentration of "Empire" apple trees. *HortScience* 28(10): 1011-1014.
10. Fellman, C.D., P.E. Read and M.A. Hosier. 1987. Effect of thidiazuron and CPPU on meristem formation and shoot proliferation. *HortScience* 22(6): 1197-1200.
11. Greene, D.W. 1989. CPPU influences "McIntosh" apple crop load and fruit characteristics. *HortScience* 24(1): 94-96.
12. Greene, D.W. 1993. A review of the use of benzyladenine (BA) as a chemical thinner for apples. *Acta Hort.* 329: 231-236.
13. Greene, D.W. 1995. Thidiazuron effects on fruit set, fruit quality, and return bloom of apples. *HortScience* 30: 1238-1240.

27. Okamoto, T., K. Shudo, S. Takahashi, E. Kawachi and Y. Isogai. 1981. 4-Pyridylureas are surprisingly potent cytokinins. The structure-activity relationship. *Chem. Pharmaceutical Bull.* 29: 3748-3750.
28. Sabori, R., J. Grageda, M. Chávez y A.A. Fu. 1998. Guía para la producción de cucurbitáceas en la Costa de Hermosillo, Sonora. INIFAP-CIRNO-CECH. pp. 21-26.
29. SAGARPA. 2006. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. México.
30. Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. Editorial Wadsworth Publishing Company, 4<sup>a</sup> edition. Belmont, California. pp. 361 - 382.
31. Unrath, C.R. 1974. The commercial implications of gibberellin A<sub>4</sub>A<sub>7</sub> plus benzyladenine for improving shape and yield of "Delicious apples". *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99: 381-384.
32. Valadez, A.L. 1998. Producción de hortalizas. Editorial LIMUSA, 7<sup>a</sup> reimpresión. México. pp. 144 – 157.
33. Wismer, P.T., J.T.A. Proctor and D.C. Elfving. 1995. Benzyladenine affects cell division and cell size during apple fruit thinning. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(5): 802-807.
34. Zabadal, T.J. and M.J. Bukovac. 2006. Effect of CPPU on fruit development of selected seedless and seeded grape cultivars. *HortScience* 41(1):154-157.