

## Impacto del thidiazuron en inducción floral, rendimiento y calidad de fruto en *Malus domestica* Borkh.

Emmanuel Víctor-Gómez<sup>1</sup>

Gregorio Arellano-Ostoa<sup>1,§</sup>

F. Víctor Conde-Martínez<sup>1</sup>

Sergio Humberto Chávez-Franco<sup>2</sup>

Olga Tejeda-Sartorius<sup>2</sup>

Iván Franco-Gaytan<sup>3</sup>

1 Postgrado en Fruticultura-Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230.

2 Posgrado en Botánica-Campus Montecillo-Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México- Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230.

3 Campo Experimental La Laguna-INIFAP. Boulevard José Santos Valdez Núm. 1200 Pte. Col Centro, Matamoros, Coahuila, México. CP. 27440.

Autor para correspondencia: arellano@colpos.mx.

### Resumen

En la sierra nororiental de Puebla se ha mantenido la manzana 'Criolla' en producción; sin embargo, el cultivar no puede competir en mercados con cultivares comerciales, además ha disminuido su producción por el cambio climático. Con el objetivo de aumentar el porcentaje de brotación floral y la producción en árboles de manzanos de los cultivares de 'Golden Delicious' y 'Criolla' se realizaron aplicaciones del promotor de la brotación thidiazuron (TDZ) en Mexcalcuautla, Teziutlán, Puebla, durante los ciclos 2022 y 2023. Los árboles recibieron 400 y 600 ppm de TDZ, se utilizó un arreglo en franjas divididas 2x3, limitado a seis tratamientos en un diseño experimental de bloques al azar; se evaluó la brotación floral y vegetativa, inflorescencia, amarre de fruto, rendimiento y aspectos físicos y bioquímicos del fruto. Los análisis estadísticos indicaron que la manzana 'Golden Delicious' con 400 ppm de TDZ presentó mayor brotación floral y rendimiento. La calidad física de los frutos fue mejor en 'Golden Delicious' con 400 ppm de TDZ y 'Criolla' sin TDZ ya que sus frutos tuvieron mayor peso; en cuanto al tamaño y tasa de respiración de las manzanas, no hubo diferencias entre los tratamientos; sin embargo, la firmeza fue mayor en manzanas 'Golden Delicious' con 400 ppm de TDZ que en los otros tratamientos. El contenido de ácido málico, ácido ascórbico, pH, contenido de azúcares solubles totales y almidones no fueron afectados por las aplicaciones de TDZ. Se concluyó que la aplicación de TDZ a 400 ppm aumentó el porcentaje de brotación floral en manzanas 'Golden Delicious' y no dañó la calidad física y bioquímica de los frutos.

### Palabras clave:

brotación floral, inflorescencia, promotores de brotación, TDZ.

## Introducción

En México, la superficie dedicada al cultivo de manzana supera las 55 000 ha, concentrándose principalmente en la región norte del país. Chihuahua lidera la producción, contribuyendo con un 67.4% del volumen total, mientras que Puebla aporta un 6.4% (SIAP, 2023). Sin embargo, en los municipios de la Sierra Nororiental de Puebla, la producción de manzana ha mostrado una tendencia a la baja. Esta disminución se debe, en parte, a la introducción en 1980 de manzanas comerciales injertadas en portainjertos clonales en la sierra norte de Puebla.

A pesar de esta innovación, los productores de la sierra nororiental continuaron cultivando la variedad 'Criolla', que no pudo competir en el mercado con los nuevos cultivares, limitándose a la venta en mercados locales. Este cambio ha llevado a la eliminación de gran parte de la flora agroforestal, provocando variaciones en las temperaturas y desfases en la época de floración de la manzana, lo que resulta en daños y pérdidas en la producción (Yepes y Silveira-Buckeridge, 2011).

Existen diversas investigaciones en los estados del norte de México, donde se han utilizado estimuladores junto con prácticas agronómicas para incrementar la brotación floral y ajustar el periodo de floración en frutales. Por ejemplo, Zermeño *et al.* (2010) evaluaron el efecto del promotor de la brotación thidiazuron (TDZ) y del enclamiento parcial en plantas de manzana 'Golden Delicious', mientras que Soto-Parra *et al.* (2020) compararon el TDZ, Erger, nitrato de potasio y aceite emulsionado como promotores de la brotación en la variedad 'Golden Glory'.

En la investigación, se utilizaron cultivares de calidad injertados en portainjertos clonales, facilitando su adaptación a la ecología local. El objetivo fue aumentar el porcentaje de brotación y la producción en las variedades de manzana 'Golden Delicious' y 'Criolla' mediante aplicaciones de TDZ, sin comprometer la calidad física y bioquímica de los frutos.

## Materiales y métodos

El experimento se realizó en la localidad de Mexcalcuautla, Teziutlán, Puebla ubicado a 19° 43' 00" de latitud norte y los meridianos 97° 38' 42", a una altitud de 2 200 m, con precipitaciones anuales de 1 539 mm, temperaturas máximas de 24 °C y mínimas de 2 °C, de acumulación promedio de 450 h frío-registradas por la estación meteorológica de la localidad. La topografía del lugar está compuesta por laderas y pendientes de 60% de inclinación, con suelo franco arenoso y un pH de 6 debido a la alta cantidad de materia orgánica disponible en el lugar.

### Material vegetal

Los materiales empleados fueron manzana 'Golden Delicious' y 'Criolla' sobre portainjerto 'EMLA7'; las plantas tenían tres años cuando comenzó la investigación, establecidas en un sistema de plantación de 1.5 m entre surcos y 1 m entre árboles en un marco de plantación real. El manejo empleado al cultivo fue convencional.

### Diseño experimental y tratamientos

Se implementó un diseño (split-plot design) con cuatro bloques completos al azar (RCBD) 2x3. Los factores considerados fueron: A) con dos niveles cultivares de manzana 'Golden Delicious' y la 'Criolla', mientras que B) estuvieron las dosis del estimulante de la brotación TDZ (0, 400 y 600 ppm) evaluando seis tratamientos en total (Cuadro 1). Se consideraron a un grupo de cinco árboles como unidad experimental, con una población experimental de 120 árboles.



**Cuadro 1. Lista de tratamientos de TDZ aplicado en manzana 'Golden Delicious' y 'Criolla'.**

| Factor A (cultivar) | Factor B (dosis de TDZ) | Nomenclatura de tratamiento |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 'Criolla'           | 0 ppm de TDZ            | C0TDZ                       |
| 'Criolla'           | 400 ppm de TDZ          | C4TDZ                       |
| 'Criolla'           | 600 ppm de TDZ          | C6TDZ                       |
| 'Golden Delicious'  | 0 ppm de TDZ            | G0TDZ                       |
| 'Golden Delicious'  | 400 ppm de TDZ          | G4TDZ                       |
| 'Golden Delicious'  | 600 ppm de TDZ          | G6TDZ                       |

## Aplicación de TDZ

Se preparó una solución de thidiazuron de la marca Bucosa (0.4-0.6 g L<sup>-1</sup>, según el tratamiento), disuelto previamente en alcohol al 70%, adicionando 2 ml del adherente INEX-A (Cosmoagro) y 20 ml de citrolina emulsificada por litro de solución. La mezcla se asperjó a las hojas el día 2 de febrero de 2023, no hubo aplicaciones posteriores a esta. La aplicación se realizó antes de la apertura de las yemas, en horario matutino para maximizar la respuesta de las dosis del promotor y reducir el estrés por calor.

## Porcentaje de brotación floral y vegetativa

Quince días después de la aplicación de TDZ, se realizaron conteos quincenales de los brotes florales y vegetativos que emergieron durante tres meses, se tomó como el 100% el total de las yemas de cada árbol, los resultados se reportaron en porcentaje.

## Inflorescencia, amarre de fruto y rendimiento

Cuando los árboles presentaron el mayor porcentaje de apertura de flor, se contaron las flores por racimo, posteriormente, se cuantificaron los frutos provenientes de las flores que iniciaron desarrollo y crecimiento, donde el 100% fue el total de flores brotadas por árbol y finalmente cuando las manzanas alcanzaron la madurez de consumo, se cosecharon y pesaron para reportar el rendimiento en g árbol<sup>-1</sup>.

## Calidad física y bioquímica de frutos

Se seleccionaron frutos sin daños mecánicos, ni plagas o enfermedades; con el color de fondo típico de madurez (índice 3-4 en escala CTC). Con una posición de 1 fruto por cuadrante + 1 central. En total se muestrearon 25 frutos por tratamiento. Los frutos se pesaron en una báscula digital marca Adventurer Pro y con un Vernier digital genérico se midió el diámetro polar (Dp) y diámetro ecuatorial (De) de los mismos.

Firmeza de cáscara de fruto: se evaluaron dos puntos diferentes de cada fruto de manzana con un texturómetro universal FORCE FIVE MODEL FDV, con un puntal cóncavo de 3 cm, los resultados se reportaron en newton (N).

Contenido de ácido ascórbico (vitamina C) y ácido málico: para ambas variables se utilizó la metodología de titulación de muestras de jugo, para ácido ascórbico se usó titulación por el método de Tilman descrito por la AOAC (1984) y para acidez titulable la AOAC (1988). El contenido de ácido ascórbico (vitamina C) se reportó en mg 100 ml de jugo y el ácido málico en porcentaje.

Potencial de hidrógeno (pH): se determinó el pH a partir del jugo de las muestras de manzana obtenidas de los dos cultivares, empleando un potenciómetro digital de la marca Science MED.

Contenido de azúcares solubles totales: se tomaron 5 g de pulpa fresca de manzana por cada tratamiento, después se concentraron los azúcares solubles en un volumen de 10 ml en etanol al 80% con el método de Soxhlet, cada muestra se diluyó en 1:400 y se tomaron 600 µl para

realizar la cuantificación con Antrona (Dreywood, 1946), se usaron tres repeticiones por muestra y los resultados se reportaron en  $\text{mg g}^{-1}$  de peso fresco.

Contenido de almidones en la pulpa del fruto: la determinación del almidón se realizó a partir de la pulpa seca obtenida por extracción Soxhlet. Las muestras fueron secadas a  $75^\circ\text{C}$  por 24 h, pulverizadas, y tratadas con dimetil sulfóxido. Se incubaron con buffer con y sin enzimas ( $\alpha$ -glucosidasa y  $\alpha$ -amilasa) y se realizaron lecturas espectrofotométricas a 340 nm antes y después de la acción enzimática. La diferencia entre lecturas permitió calcular el contenido de almidón, expresado en  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de peso seco.

## Análisis estadístico

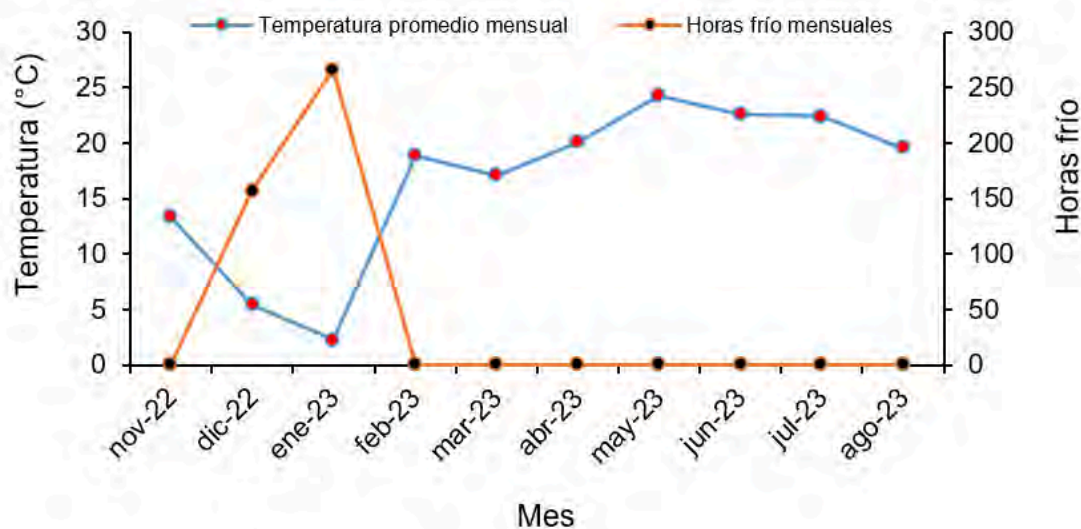
Las variables de respuesta se comprobaron con un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) en el programa Statistical Analysis Software (SAS), versión 9.4. El modelo estadístico fue:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \tau_k + (\alpha\tau)_{ik} + (\beta\tau)_{jk} + (\alpha\beta\tau)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

## Resultados y discusión

Los registros de temperaturas medias mensuales obtenidos de la estación meteorológica del municipio de Mexcalcuautla, Teziutlán, Puebla, fueron analizados para determinar la acumulación de frío durante el ciclo fenológico del manzano *Malus domestica* Borkh (Figura 1). Se observó que el periodo de letargo se extendió de noviembre de 2022 a febrero de 2023, concentrándose la mayor acumulación de frío en diciembre de 2022 y enero de 2023. Se contabilizaron 157 h frío (HF), mientras que en enero se registró el valor más alto con 266 HF, se alcanzó un total de 423 HF en todo el ciclo, determinado mediante cuantificación directa.

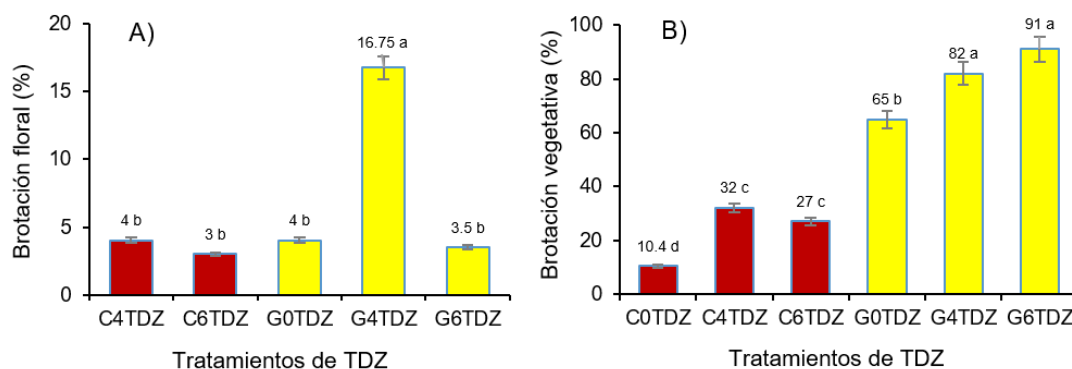
**Figura 1. Temperaturas medias mensuales y acumulación de horas frío (HF  $\leq 7.2^\circ\text{C}$ ) en Mexcalcuautla, Teziutlán, Puebla (noviembre 2022-febrero 2023). Línea azul: temperatura media ( $^\circ\text{C}$ ); línea anaranjada: h frío-acumuladas por mes; total: 423 HF.**



## Efecto de TDZ en la brotación floral y vegetativa

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ). De acuerdo con la Figura 2A, el cultivar 'Golden Delicious' tratado con 400 ppm de TDZ presentó el mayor porcentaje de brotación floral (16.7%), superior al observado en el mismo cultivar sin aplicación de TDZ (4%) y con 600 ppm (3.5%). Estos valores también fueron superiores a los registrados en el cultivar 'Criolla', que alcanzó únicamente 4% con 400 ppm y 3% con 600 ppm de TDZ.

**Figura 2. Porcentaje de brotación floral (A) y brotación vegetativa (B) en manzano 'Golden Delicious' y 'Criolla'.**  
C0TDZ= testigo Criolla; C4TDZ= Criolla+400 ppm TDZ; C6TDZ= Criolla+600 ppm TDZ; G0TDZ= testigo Golden Delicious; G4TDZ= Golden Delicious+400 ppm TDZ; G6TDZ= Golden Delicious+600 ppm TDZ. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ( $p \leq 0.05$ ).



En contraste, la manzana 'Criolla' sin TDZ no presentó brotación floral y su brotación vegetativa fue baja (10.4%). Los porcentajes obtenidos se atribuyen al manejo del sistema de plantación enana. Zermeno *et al.* (2010) informaron un 88.89% de brotación en 'Golden Delicious' injertado sobre portainjerto 'MM111' en Saltillo, Coahuila, utilizando una solución de cal al 15% combinada con 300 ppm de TDZ. De manera similar, Soto-Parra *et al.* (2020) reportaron un 92% de brotación en 'Golden Glory' mediante la aplicación conjunta de aceite mineral Tenco Oil 100 EW (3%) y 100 ppm de TDZ (Revent®). Una de las causas del bajo porcentaje de brotación floral en este estudio fue la acumulación insuficiente de frío durante el letargo, que alcanzó 423 h, mientras que el requerimiento para 'Golden Delicious' es de 800 a 1000 h (UNIFRUT, 2019).

Los resultados obtenidos en la evaluación de la brotación vegetativa en los cultivares de manzano 'Criolla' y 'Golden Delicious', muestran una respuesta diferenciada ante la aplicación de TDZ lo que evidencia la influencia del genotipo y la dosis en la expresión fisiológica de las yemas. En la Figura 2B se observa que en 'Criolla' el TDZ tuvo un efecto negativo, reduciendo el porcentaje de brotación vegetativa, mientras que en 'Golden Delicious' se presentó una tendencia positiva, donde a mayor dosis de TDZ se incrementó el porcentaje de brotación vegetativa.

Este comportamiento contradice lo reportado por Zermeno *et al.* (2010), quienes no observaron efecto significativo del TDZ sobre la emergencia vegetativa en 'Golden Delicious', lo que sugiere que las condiciones ambientales, el manejo agronómico y el estado fisiológico de los árboles pueden modificar la respuesta al regulador de crecimiento. Azcón-Bieto y Talón (2013), explican que las citocininas activan el metabolismo vegetal mediante la estimulación de la división celular, favoreciendo la emergencia de yemas vegetativas en especies frutales. El TDZ, como compuesto nitrogenado del grupo de las fenilúreas, posee actividad citocinínica y ha sido clasificado como promotor de brotación o compensador de frío (Greene, 1995). Víctor *et al.* (2020) han demostrado que dosis superiores a 400 ppm de TDZ en nopal tunero aumentan significativamente el porcentaje de brotación vegetativa y reducen la brotación floral, lo que coincide parcialmente con los resultados observados en 'Golden Delicious' en este estudio.



## Inflorescencia, amarre de frutos y rendimiento de árboles de manzano

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian una respuesta diferencial de los cultivares de manzano 'Criolla' y 'Golden Delicious' ante la aplicación de thidiazuron (Cuadro 2), particularmente en lo referente al número de flores por inflorescencia, el amarre de frutos y el rendimiento por árbol. 'Golden Delicious' tratado con 400 ppm de TDZ mostró una respuesta positiva, alcanzando hasta cinco flores por racimo, aunque por debajo del potencial reportado por Hull *et al.* (1985), quienes mencionan hasta ocho flores por racimo en esta variedad.

**Cuadro 2. Inflorescencia, amarre de frutos y rendimiento en árboles de 'Golden delicious' y 'Criolla'.**

| Tratamiento | Flor por racimo | Amarre de frutos (%) | Rendimiento (kg árbol <sup>-1</sup> ) |
|-------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------|
| C4TDZ       | 1 b             | 100 a                | 0.55 a                                |
| G4TDZ       | 5 a             | 73 b                 | 1.32 a                                |
| G6TDZ       | 1 b             | 75 b                 | 0.1 a                                 |

C4TDZ= Criolla + 400 ppm TDZ; G4TDZ= Golden Delicious + 400 ppm TDZ; G6TDZ= Golden Delicious + 600 ppm TDZ.  
Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Por otro lado, ni 'Criolla' con 400 ppm ni 'Golden Delicious' con 600 ppm de TDZ presentaron inflorescencia, lo que sugiere una posible inhibición floral a dosis elevadas o una sensibilidad varietal al regulador de crecimiento. Respecto al amarre de frutos, se observó una eficiencia notable en 'Criolla' con 400 ppm de TDZ, alcanzando el 100% de amarre, lo cual puede atribuirse al bajo número de flores, reduciendo la competencia por recursos. En 'Golden Delicious', el amarre fue del 73% con 400 ppm y del 75% con 600 ppm, lo que indica que, aunque la dosis más alta no favoreció la floración, sí mantuvo una capacidad aceptable de retención de frutos.

Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Zermeño-González *et al.* (2009), quienes lograron incrementar el amarre de frutos mediante encalado parcial para mejorar la acumulación de horas frío, en combinación con TDZ. El rendimiento por árbol fue limitado, con valores significativamente inferiores a los reportados en la literatura. 'Golden Delicious' con 400 ppm de TDZ alcanzó 1.3 kg árbol<sup>-1</sup>, siendo estadísticamente superior ( $p \leq 0.05$ ) a los tratamientos con 600 ppm y a 'Criolla' con 400 ppm. Este rendimiento se relaciona con el porte reducido de los árboles (2 m de altura) y las condiciones climáticas desfavorables. En comparación, estudios previos como los de Benincore *et al.* (2000); Milosevic y Milosevic (2009) reportan rendimientos de 25 kg árbol<sup>-1</sup> y 20.81 kg árbol<sup>-1</sup> respectivamente, en árboles de mayor tamaño y con manejo nutricional adecuado. Asimismo, Zermeño-González *et al.* (2009); Soto-Parra *et al.* (2020) reportan rendimientos superiores a 49 kg árbol<sup>-1</sup> y 49.5 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, bajo condiciones de manejo intensivo y aplicaciones específicas de TDZ o productos derivados.

## Calidad física de frutos

Los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad física de los frutos de manzana 'Golden Delicious' y 'Criolla' en el Cuadro 3, revelan diferencias importantes atribuibles tanto al tratamiento con TDZ como a las condiciones de muestreo y manejo postcosecha. Dado que el testigo de 'Criolla' no presentó brotación floral durante el experimento, se recurrió a frutos provenientes de un productor local en Teziutlán, Puebla, para realizar las comparaciones correspondientes.



**Cuadro 3. Peso, tamaño y firmeza de frutos de 'Golden Delicious' y 'Criolla' tratados con de TDZ.**

| Tratamiento | Peso (g) | Diámetro polar (mm) | Diámetro ecuatorial (mm) | Firmeza (N) |
|-------------|----------|---------------------|--------------------------|-------------|
| C0TDZ       | 90.9 a   | 51.4 a              | 56.5 a                   | 28 b        |
| C6TDZ       | 70.5 b   | 48.7 a              | 51 a                     | 48 ab       |
| G4TDZ       | 88.5 a   | 51.9 a              | 53.2 a                   | 60 a        |
| G6TDZ       | 65.5 b   | 43.6 a              | 46.6 a                   | 50 ab       |

C0TDZ= testigo Criolla; C4TDZ= Criolla+400 ppm TDZ; G4TDZ= Golden Delicious+400 ppm TDZ; G6TDZ= Golden Delicious+600 ppm TDZ; Dp= diámetro polar; De= diámetro ecuatorial. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Se observó que la manzana 'Criolla' sin TDZ (90.9 g) y 'Golden Delicious' con 400 ppm de TDZ (88.5 g) presentaron pesos más altos entre los tratamientos evaluados. Estos resultados, aunque superiores dentro del presente estudio, son inferiores a los reportados por Benincore *et al.* (2000), quienes obtuvieron un peso promedio de 113 g en 'Golden Delicious' con aplicación de 50 ppm de TDZ. Esta diferencia puede atribuirse tanto a la dosis utilizada como al porte de los árboles y las condiciones edafoclimáticas del experimento.

Respecto al tamaño, no se encontraron diferencias significativas entre cultivares ni entre dosis de TDZ aplicadas. Los valores oscilaron entre 43.6 y 51.9 mm de diámetro polar y entre 46.6 y 56.5 mm de diámetro ecuatorial. Estos resultados coinciden con los reportes de Benincore *et al.* (2000), quienes obtuvieron frutos de 55 mm en ambos diámetros en 'Golden Delicious' con 50 ppm de TDZ, lo que sugiere que el TDZ no afecta de manera significativa la morfología externa del fruto en las condiciones evaluadas.

En firmeza de la cáscara fruto 'Golden Delicious' con 400 ppm TDZ presentó una 60 N, superior a la de 'Criolla' sin TDZ (28 N). Sin embargo, estos valores se encuentran por debajo de los estándares fisiológicos reportados por Kader (2002), quien establece que una manzana en madurez fisiológica debe tener una firmeza de 80 N en la cáscara. Silveira *et al.* (2007) reportaron valores similares en 'Fuji'. Además, Kupferman (2005) señala que el rango de firmeza en cáscara 'Golden Delicious' en madurez de consumo oscila entre 50 y 55 N.

### Calidad bioquímica de frutos de manzana 'Golden Delicious' y 'Criolla'

La evaluación de la calidad bioquímica de los frutos de manzana 'Golden Delicious' y 'Criolla' tratados con diferentes dosis de TDZ no mostró diferencias significativas entre cultivares ni entre tratamientos (Cuadro 4). El contenido de ácido ascórbico osciló entre 4.1 y 5.6 mg 100 ml<sup>-1</sup>, valores superiores a los reportados por Silveira *et al.* (2007) en manzana 'Fuji' (2.6 mg 100 ml<sup>-1</sup>).

**Cuadro 4. Parámetros de calidad bioquímica de frutos de manzana 'Golden Delicious' y 'Criolla' con diferentes dosis de TDZ.**

| Tratamiento | Ácido ascórbico (mg 100 ml <sup>-1</sup> ) | Ácido málico (%) | pH    | Azúcares solubles totales (mg g <sup>-1</sup> ) | Almidones (μmol g PS <sup>-1</sup> ) |
|-------------|--------------------------------------------|------------------|-------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
| C0TDZ       | 5.6 a                                      | 0.24 a           | 3.9 a | 173 a                                           | 2.6 a                                |
| C4TDZ       | 3.9 a                                      | 0.53 a           | 3.9 a | 175 a                                           | 3.5 a                                |
| G4TDZ       | 4.3 a                                      | 0.52 a           | 3.9 a | 167 a                                           | 3.9 a                                |
| G6TDZ       | 4.1 a                                      | 0.62 a           | 3.7 a | 185 a                                           | 3.3 a                                |

C0TDZ= testigo Criolla; C4TDZ= Criolla+400 ppm TDZ; G4TDZ= Golden Delicious+400 ppm TDZ; G6TDZ= Golden Delicious+600 ppm TDZ. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Respecto al ácido málico, los valores obtenidos (0.24 a 0.62%) fueron inferiores al umbral de 4.5% establecido por Kader (2002) para considerar una manzana ácida. Estos resultados contrastan con los reportes de Corona-Leo *et al.* (2020), quienes encontraron 0.42% en 'Golden Delicious', autores como Dzanagov *et al.* (2021), reportaron 0.75% en 'Aidored' con fertilización nitrogenada, lo que indica que el contenido de ácido málico puede variar según el manejo agronómico.

El pH de los frutos se mantuvo en un rango de 3.7 a 3.9, valores similares a los reportados por Corona-Leo *et al.* (2020) en 'Golden Delicious' (3.8). El contenido de azúcares solubles totales varió entre 167 mg g (16.7%) y 185 mg g (18.5%), lo que representa una concentración elevada en comparación con Benincore *et al.* (2000) reportaron 13.2% en 'Golden Delicious' con 150 ppm de TDZ, Silveira *et al.* (2007) 14.1% en 'Fuji', Zermeño *et al.* (2010) 14.9% en 'Golden Delicious' con enalado y TDZ. La mayor concentración de azúcares en este estudio puede estar relacionada con el tamaño reducido de los frutos, lo que favorece la acumulación de solutos en menor volumen, como lo señala Kader (2002).

Finalmente, el contenido de almidón fue bajo, con valores entre 2.6 (0.26%) y 3.9 (0.39%)  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de peso seco, lo que indica que los frutos se encontraban en madurez de consumo, etapa en la que el almidón se degrada en azúcares simples como glucosa y maltosa. Esto concuerda con lo descrito por Musacchi y Serra (2018), quienes explican que el almidón disminuye conforme el fruto madura. Tirado-Gallegos *et al.* (2016) reportaron 14.1 g 100 g<sup>-1</sup> de pulpa seca en madurez fisiológica y 11.9 g 100 g<sup>-1</sup> en madurez de consumo en 'Golden Delicious'.

## Conclusiones

La aplicación de 400 ppm de TDZ en el cultivar 'Golden Delicious' promueve la brotación floral, el desarrollo de inflorescencias y un mayor rendimiento. En contraste, en el cultivar 'Criolla', esta dosis únicamente mejora el amarre de fruto.

Por otro lado, la aplicación de 600 ppm de TDZ en 'Golden Delicious' induce una brotación vegetativa excesiva y reduce el rendimiento, mientras que 'Criolla' muestra una respuesta limitada a esta concentración. En ambos cultivares, el TDZ mejora la textura de la cáscara del fruto, sin afectar el tamaño y peso.

Asimismo, las aplicaciones de 400 y 600 ppm no modifican las características bioquímicas de fruto.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) y al Colegio de Postgraduados por los recursos y el financiamiento para la investigación.

## Bibliografía

- 1 AOAC. 1984. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 13th. Ed. Arlington, V. 1 023 p.
- 2 AOAC. 1988. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 13th. Ed. Arlington, V. 1 023 p.
- 3 Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2013. Fundamentos de fisiología vegetal. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España. 41-247 pp.
- 4 Benincore, M.; Barbosa, V. R. y Fischer, G. 2000. Efecto de thidiazuron y cloruro de colina como biorreguladores sobre el rendimiento y la calidad de fruto en tres variedades de manzano (*Malus domestica* Borkh.). Agronomía Colombiana. 17(1):91-98.
- 5 Corona Leo, L. S.; Hernández-Martínez, D. M. y Meza-Márquez, O. G. 2020. Análisis de parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en piel, pulpa y fruto entero de cinco cultivares de manzana (*Malus domestica*) cosechadas en México. Biotecnia. 22(1):166-174.
- 6 Cruz-Hernández, J. P. y Cruz-Díaz, H. 2006. Perspectivas del cultivo de manzana en el estado de Puebla. Revisión. 13 p.
- 7 Dreywood, R. 1946. Qualitative test for carbohydrate material. Indian Engineering Chemical Annal Education. 18(8):499-501.



- 8 Dzanagov, S. K.; Gozdanov, A. V.; Lazarov, T. K.; Asaeva, T. D.; Basiev, A. E. and Kanukov, Z. T. 2021. Fertilizers affect yield and apples fruits quality on leached chernozem. Conference Earth and Environmental Science. 624. 10 p.
- 9 Greene, D. 1995. Thidiazuron effects fruit set, fruit quality and return bloom of apples. HortScience. 6(30):1238-1240.
- 10 Hull, L. A.; Beers, E. H.; Asquit, D. and Meagher, R. L. 1985. Impact of selective use of the synthetic pyrethroid fen valerate on apple pests and natural enemies in large-orchard Trials. Journal of Economic Entomology. 78(1):163-168.
- 11 Kader, A. A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. In: Kader, A. A. (Ed.) Postharv. Technol. Hort. Crops. 3rd Ed. Pub. No. 3311. Oakland. University California. 39-47 pp.
- 12 Kupferman, E. M. 2005. Using consumers to determine standards for Red Delicious apple edible quality. ISHS Acta Hort. 687(28):229-234.
- 13 Milosevic, T. and Milosevic, N. 2009. The effect of zeolite, organic and inorganic fertilizers on soil chemical properties, growth and biomass yield of apple trees. Plant Soil Environ. 55(12):528-535.
- 14 Musacchi, S. and Serra, S. 2018. Apple fruit quality: overview of pre-harvest factors. Scientia Horticulturae. 234(17):409-430.
- 15 SAS Institute. 2013. Base SAS 9.4 Procedures guide: statistical procedures. Second edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 500 p.
- 16 SIAP. 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola>.
- 17 Silveira, A. C.; Sautter, C. K.; Tonetto de Freitas, S.; Galieta, G. and Brackmann, A. 2007. Determination of some quality parameters of the Fuji cultivar and their mutants at harvest. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas. 27(1):149-153.
- 18 Soto-Parra, J. M.; Flores-Córdova, M. A.; Sánchez-Chávez, E.; Pérez-Leal, R. y Piña-Ramírez, F. J. 2020. Compensadores de frío en manzana 'Golden Glory': desarrollo y producción. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 11(1):69-82.
- 19 Tirado-Gallegos, J. M.; Zamudio-Flores, P. B.; Ornelas-Paz, J. de J.; Ríos-Velasco, C.; Acosta-Muñiz, C. H.; Gutiérrez-Meraz, F.; Islas-Hernández, J. J. y Salgado-Delgado, R. 2016. Efecto del método de aislamiento y el estado de madurez en las propiedades fisicoquímicas, estructurales y reológicas de almidón de manzana. Revista mexicana de Ingeniería Química. 15(2):391-408.
- 20 UNIFRUT. 1997. Unión de fruticultores del estado de Chihuahua. Información sobre producción y superficie plantada de manzano a nivel nacional y específicamente en la entidad de Chihuahua.
- 21 Víctor-Gómez, E.; López-Jiménez, A.; Cortes-Flores, J. I.; Jaén-Contreras, D. y Suárez-Espinoza, J. 2020. Estimulación floral en nopal tunero en respuesta al efecto de Thidiazuron. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 11(3):519-529.
- 22 Yepes, A. y Silveira-Buckeridge, M. 2011. Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global. Colombia Forestal. 14(2):213-232.
- 23 Zermeño, A.; Gil, J. A.; Hernández, A. ; Rodríguez, R.; Ramírez, H.; Benavides, A.; Jasso, D.; Munguía, J. e Ibarra, L. 2010. Efectos del encalado completo y aplicación de tdz sobre la brotación, rendimiento y calidad de frutos del manzano cv Golden Delicious. Bioagro. 22(1):75-80.
- 24 Zermeño-González, A.; Gill-Marín, J. A.; Jasso-Cantú, D.; Ramírez-Rodríguez, H.; Hernández-Herrera, A.; Rodríguez-García, R. y Benavidez-Mendoza, A. 2009. Efecto del encalado total del manzano en la temperatura interna, rendimiento de frutos y su relación con la aplicación de thidiazuron. Revista Chapingo Serie Horticultura. 15(3):289-296.

## Impacto del thidiazuron en inducción floral, rendimiento y calidad de fruto en *Malus domestica* Borkh.

| Journal Information                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------|
| Journal ID (publisher-id): remexca                                                 |
| Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas                                      |
| Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc                                          |
| ISSN (print): 2007-0934                                                            |
| Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias |

| Article/Issue Information             |
|---------------------------------------|
| Date received: 01 March 2026          |
| Date accepted: 01 May 2026            |
| Publication date: 19 June 2026        |
| Publication date: 2026                |
| Volume: 17                            |
| Issue: 4                              |
| Electronic Location Identifier: e4086 |
| DOI: 10.29312/remexca.v17i4.4086      |

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

#### Palabras clave:

brotación floral

inflorescencia

promotores de brotación

TDZ

### Counts

Figures: 2

Tables: 4

Equations: 1

References: 24