



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i52.414>

Artículo

## Inyecciones de glucosa en *Jacaranda mimosifolia* D. Don en áreas urbanas de Texcoco de Mora

### Glucose injections in *Jacaranda mimosifolia* D. Don in urban areas of Texcoco de Mora

Luis Manuel Morales Gallegos<sup>1</sup>, Tomás Martínez Trinidad<sup>1\*</sup>, Armando Gómez Guerrero<sup>1</sup>, Ramón Razo Zarate<sup>2</sup> y Javier Suárez Espinoza<sup>3</sup>

#### Abstract

*Jacaranda* trees are common in urban areas of *Valle de Mexico* and often grows under nutritional and water stress conditions, which affects its growth. The supply of carbohydrates through the vascular system has recently been recommended as an option to improve growth and vitality. Therefore, the objective of this work is to assess the effect of glucose injected to the trunk of *Jacaranda mimosifolia* trees. in for concentrations: 0 (control), 30, 55 and 80 g L<sup>-1</sup>. Diameter (cm) and height (m) increments were determined, the canopy condition and foliage production were monitored and the content of carbohydrate in shoots, trunks and roots as well as the chlorophyll fluorescence (Fv/Fm). Significant differences were found (P≤0.05) in the increase in diameter and height with the application of 80 g L<sup>-1</sup> glucose. The crown condition showed significantly higher values in density and lower in transparency, as well as an adequate foliage production, with the highest concentration (80 g L<sup>-1</sup>). Carbohydrate content showed significant differences (P≤0.05) in trunk, not in buds, roots, or chlorophyll fluorescence. The injections of glucose to the trunk have a significant effect on the growth of *Jacaranda* trees and affecting vitality to a lesser extent.

**Key words:** Urban trees, soluble sugars, chlorophyll, stress, phenology, *Jacaranda mimosifolia* D. Don.

#### Resumen

Los árboles de jacaranda son comunes en áreas urbanas del valle de México y se desarrollan frecuentemente bajo condiciones de estrés nutricional o hídrico, lo que restringe el crecimiento del arbolado. El suministro de carbohidratos a través del sistema vascular recientemente se ha recomendado como una opción para mejorar el crecimiento y vitalidad. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la glucosa sobre crecimiento y vitalidad de árboles de *Jacaranda mimosifolia* inyectada al tronco en cuatro concentraciones: 0 (testigo), 30, 55 y 80 g L<sup>-1</sup>. Se midieron incrementos en diámetro (cm) y altura (m), se monitoreó la condición de copa y producción de follaje y además se evaluó el contenido de carbohidratos en brotes, troncos y raíces, así como la fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm). Se encontraron diferencias significativas (P≤0.05) en el incremento en diámetro y altura con la aplicación de 80 g L<sup>-1</sup> de glucosa. La condición de copa mostró valores significativamente más altos en densidad y bajos en transparencia, así como una buena producción de follaje, con la concentración más alta del carbohidrato (80 g L<sup>-1</sup>). Su contenido presentó diferencias significativas (P≤0.05) en tronco, no así en brotes, raíces, ni en valores de fluorescencia de la clorofila. Las inyecciones de glucosa al tronco tienen un efecto significativo en el crecimiento de árboles de esta especie y afectan en menor medida la vitalidad del arbolado.

**Palabras clave:** Árboles urbanos, azúcares solubles, clorofila, estrés, fenología, *Jacaranda mimosifolia* D. Don.

Fecha de recepción/Reception date: 14 de septiembre de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 22 de febrero de 2019

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Forestales. Colegio de Postgraduados. México. Correo-e: tomtz@colpos.mx

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

<sup>3</sup>Posgrado en Estadística. Colegio de Postgraduados. México.

## Introducción

El arbolado urbano en condiciones saludables óptimas aporta servicios ecosistémicos tales como sombra, recreación, captura de carbono, intercepción de contaminantes del aire e impacto positivo en el bienestar humano (Moser *et al.*, 2018; Scholz *et al.*, 2018). Sin embargo, en muchas ocasiones, el entorno no es favorable para el crecimiento de los árboles (Martínez *et al.*, 2010; Moser *et al.*, 2017). por limitaciones de espacio, deficiencias nutrimentales, compactación del suelo, falta de agua, temperaturas extremas, contaminación y vandalismo (Stojnic *et al.*, 2016; Allen *et al.*, 2017). Esto estresa al árbol y da como resultado un crecimiento pobre que repercute en la vitalidad y altas tasas de mortalidad (Koeser *et al.*, 2014).

A partir de la fotosíntesis, la síntesis de carbohidratos es fundamental para el árbol, ya que estos compuestos mantienen el metabolismo, acumulan reservas y promueven el crecimiento de nuevos tejidos (Maselli y Silveira, 2017). Si la producción de azúcares depende de la disponibilidad de minerales en el suelo y de factores ambientales (Gamboa y Marín, 2012; Valenzuela *et al.*, 2013), entonces, las condiciones de estrés ambiental, derivado del entorno urbano, provocan una reducción de las reservas de carbohidratos del árbol (Martínez *et al.*, 2010; Koeser *et al.*, 2014; Moser *et al.*, 2018). La vitalidad está relacionada directamente con la cantidad de reservas, por lo que los ejemplares vigorosos son capaces de resistir ámbitos estresantes (Johnstone *et al.*, 2013; Callow *et al.*, 2018; Ramírez *et al.*, 2018).

El suministro exógeno de carbohidratos al sistema vascular de árboles tiene un efecto positivo en su desarrollo, debido al incremento de las reservas de energía (Percival *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2013). Si bien las inyecciones al tronco surgieron para el tratamiento químico de enfermedades, hongos y plagas (Costonis, 1981; Perry *et al.*, 1991; Dal Maso *et al.*, 2014; Acimovic *et al.*, 2015), recientemente se han utilizado como la opción más viable para mejorar el estado del arbolado urbano (Martínez *et al.*, 2009; Percival y Sacre, 2014; Suryanto *et al.*, 2018). La ventaja de la inyección al tronco radica en que el compuesto aplicado es aprovechado en su totalidad al incorporarse

en el sistema vascular (Costonis, 1981; Wise *et al.*, 2014; Acimovic *et al.*, 2016) y este lo distribuye por todo el árbol (Kobza *et al.*, 2011).

El árbol de jacaranda (*Jacaranda mimosifolia* D. Don), es una especie arbórea perteneciente a la familia Bignonaceae (Sharma *et al.*, 2016). Su uso ornamental en espacios urbanos se ha incrementado en las últimas décadas (Miyajima *et al.*, 2013; Zaouchi *et al.*, 2015) porque es una especie de porte medio y que presenta una abundante y colorida floración (Miyajima *et al.*, 2013). Es importante mejorar la condición de vitalidad de jacarandas que crece en ambientes que no siempre son favorables. Por lo tanto, el objetivo del trabajo aquí descrito consistió en evaluar el efecto de la glucosa inyectada al tronco sobre el crecimiento y vitalidad de árboles de *Jacaranda mimosifolia* localizados en un área urbana como una alternativa de las labores culturales realizadas en el arbolado.

## **Materiales y Métodos**

El trabajo se llevó a cabo en el arbolado del Boulevard Texcoco-Chapingo (19°30'04.19" N y 98°53'00.85" O) en el municipio Texcoco de Mora, Estado de México. La zona tiene una altitud promedio de 2 240 m, un clima templado semi-seco, una temperatura media anual de 15.9 °C y una precipitación media de 686 mm al año; el suelo es Vertisol de textura arcillosa (Gutiérrez y Ortiz, 1999). Se seleccionaron 36 árboles de *Jacaranda mimosifolia* con un diámetro normal de 27 cm y altura de 7 m en promedio, alineados con un espaciamiento de 6 m.

La aplicación de glucosa se hizo por medio de macro inyecciones en la base del tronco de cada árbol (Costonis, 1981). Se realizaron perforaciones de 4.4 mm de diámetro en la base del árbol a una profundidad de 25.4 mm aproximadamente (Acimovic *et al.*, 2016) de manera perpendicular al tronco; se utilizó un taladro inalámbrico de 550 rpm DW130V (*DeWalt Industrial Tool Co.*), y una bomba manual (*H.D. Hudson Industry™*) a una presión constante de 0.13 MPa, para aplicar en una única ocasión un total de 10 L de solución por árbol en julio de 2017.

Para evaluar el crecimiento de los árboles 11.5 meses después de la aplicación de los tratamientos, se midió al inicio y al final del experimento el diámetro del tronco (cm) a una altura de 10 cm sobre el suelo con una cinta diamétrica 283D (*Forestry suppliers Inc.*); por la frecuente bifurcación del tronco por debajo de 1.30 m de altura, se marcó el punto de medición con tinta indeleble. La altura total (m) se midió con un clinómetro (*Brunton*<sup>TM</sup>). A partir de las variables anteriores, se estimó el incremento de 11.5 meses en diámetro (ID) y en altura (IA).

Para determinar la vitalidad del arbolado, se registró información de la condición de copa de cada árbol en términos de la densidad de copa (Dnc) y la transparencia de copa (Trc); esto se llevó a cabo de forma visual por dos personas ubicadas a una distancia horizontal proporcional a la altura de cada árbol, se determinó con una escala dividida en clases de 5 % (*Westfall et al.*, 2009; *Saavedra et al.*, 2016). Se evaluó el nivel de producción de follaje de cada árbol por el método de 6 clases utilizado para la evaluar infestación por muérdagos (*Hawksworth*, 1977). Se dividió en tres tercios la copa de cada árbol; cada tercio se evaluó por separado y se le asignó una calificación de 0, 1 o 2, para cada nivel de follaje, en el que 0 es producción no visible o baja, 1 es producción adecuada y 2 es producción alta. Dicha calificación se realizó al final del estudio.

Se calculó el contenido de carbohidratos, azúcares totales y azúcares reductores en tejidos del árbol. Se tomaron al azar muestras de brotes de cinco ramas de la copa baja de cada árbol; además, con un martillo de incrementos (*Haglof Company group*<sup>TM</sup>) se tomaron cinco muestras cerca de la base del tronco (4mm × 100 mm) (*Martínez et al.*, 2009). Estas se maceraron en nitrógeno líquido y se almacenaron a -20 °C hasta su procesamiento en laboratorio. Se realizaron dos extracciones alcohólicas de azúcares de los tejidos recolectados, cada una con 40 mL de etanol al 80 % (v/v) por 20 min a 100 °C. El resultante de la extracción se diluyó en 10 mL de agua destilada para la determinación cuantitativa (*Quentin et al.*, 2015); las muestras se trabajaron por triplicado.

La concentración de azúcares totales se determinó por el método de antrona (Witham *et al.*, 1971), se utilizó un espectrofotómetro *Genesys™10S Vis & UV-Vis* para leer la absorbancia a 600 nm; se cuantificaron los azúcares totales con una curva patrón de glucosa en una concentración de 20 a 200  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . Para los azúcares reductores, se utilizó el método de Nelson (1944) y Somogyi (1952); la absorbancia se registró en el espectrofotómetro a 540 nm y se utilizó una curva patrón que contenía glucosa de 15 a 150  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . Los resultados se expresaron en mg de glucosa por gramo de peso seco ( $\text{mg g}^{-1} \text{ps}^{-1}$ ).

De manera análoga, se cuantificó el contenido de almidón en raíces; para ello se recolectaron, aproximadamente, 5 g de tejido por debajo de la base del tronco, y se hidrolizó el precipitado del proceso de extracción alcohólica descrito anteriormente, con la enzima diastasa (SIGMA) (Palevitz y Newcomb, 1970). Al hidrolizado resultante se le aplicó el método de antrona con base en el contenido de glucosa presente en la muestra; el resultado se expresó en  $\text{mg g}^{-1} \text{ps}^{-1}$ .

Finalmente, se registró la fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm) con un fluorímetro portátil *Pocket PEA (Hansatech Instruments Ltd.)*, con un tiempo de detección de 1 s y que emite luz a una longitud de onda de 650 nm, con una intensidad de  $3500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Zhang *et al.*, 2016). Las mediciones se realizaron después de adaptar a la obscuridad por 10 minutos con clips del *pocket PEA* un total de 10 hojas elegidas al azar del exterior de la copa baja de cada árbol (Martínez *et al.*, 2009).

El diseño experimental fue completamente al azar; los tratamientos consistieron en cuatro concentraciones de glucosa: 0 (testigo), 30, 55 y 80  $\text{g L}^{-1}$ ; el testigo solo contenía agua purificada. La distribución de los tratamientos fue aleatoria con nueve repeticiones por cada tratamiento (Percival *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2009).

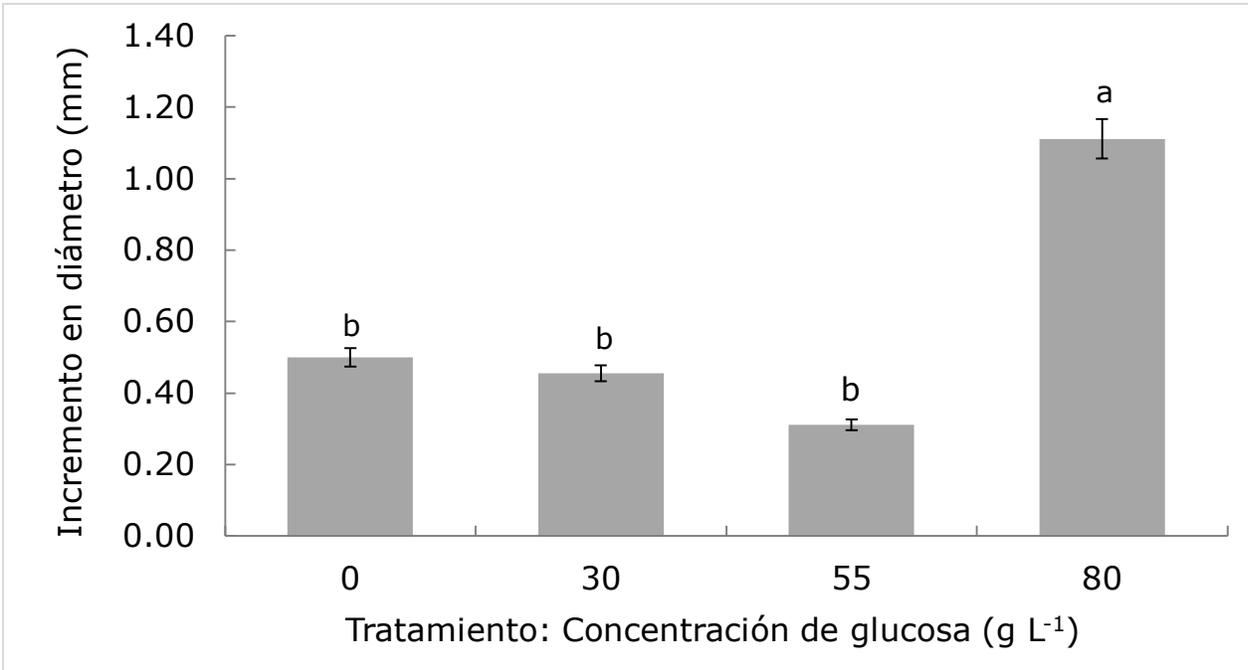
Se comprobaron los supuestos de normalidad con *Shapiro-Wilk* ( $n \leq 50$  y  $\alpha = 0.05$ ) y la homogeneidad de varianzas (prueba de *Bartlett*). Se realizó un análisis multivariado (MANOVA) en aquellas variables que cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad ( $P \leq 0.05$ ), se procedió con las comparaciones de medias con la prueba DSH (diferencia significativa honesta de *Tukey*) y una  $\alpha = 0.05$ . En aquellas variables

que no cumplieron los supuestos ( $P > 0.05$ ), se utilizó el método no paramétrico de *Kruskal-Wallis* y se compararon las medias con la suma de rangos de *Wilcoxon*. Se analizó estadísticamente con el programa *RStudio Team*® (R Core Team, 2015).

## **Resultados y Discusión**

### **Incremento en diámetro**

Se registraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el incremento en diámetro de los árboles de jacaranda después de 11.5 meses de la aplicación de los tratamientos. La concentración más alta de glucosa ( $80 \text{ g L}^{-1}$ ) mostró valores promedio de crecimiento 200 % superiores a los de los ejemplares inyectados con el testigo (Figura 1). No obstante, la aplicación de dosis de carbohidratos inferiores a  $80 \text{ g L}^{-1}$  de glucosa no tuvo efecto sobre el crecimiento en diámetro posiblemente debido a la demanda de grandes cantidades de carbohidratos (Piper y Fajardo, 2016). Por lo tanto, concentraciones bajas de glucosa son insuficientes para promover crecimiento y probablemente su efecto se diluye al ser movilizadas para cubrir los requerimientos energéticos de otros procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción y translocación (Martínez *et al.*, 2013; Ramírez *et al.*, 2018). En algunos casos los azúcares son destinados para el almacenamiento de reservas de carbohidratos, todo esto a expensas del crecimiento vegetativo (Piper y Fajardo, 2016). Estudios previos han demostrado que el uso de carbohidratos tiene efectos positivos sobre el crecimiento en diámetro de árboles como encino (*Quercus virginiana* P. Miller), álamo (*Populus nigra* (Moench) Koehne), roble inglés (*Quercus robur* L.) y haya europea (*Fagus sylvatica* L.) (Martínez *et al.*, 2009; Percival y Sacre, 2014), también se ha observado un efecto positivo en el diámetro de ramas de roble de Ceilán (*Schleicera oleosa* Merr.) (Suryanto *et al.*, 2018).



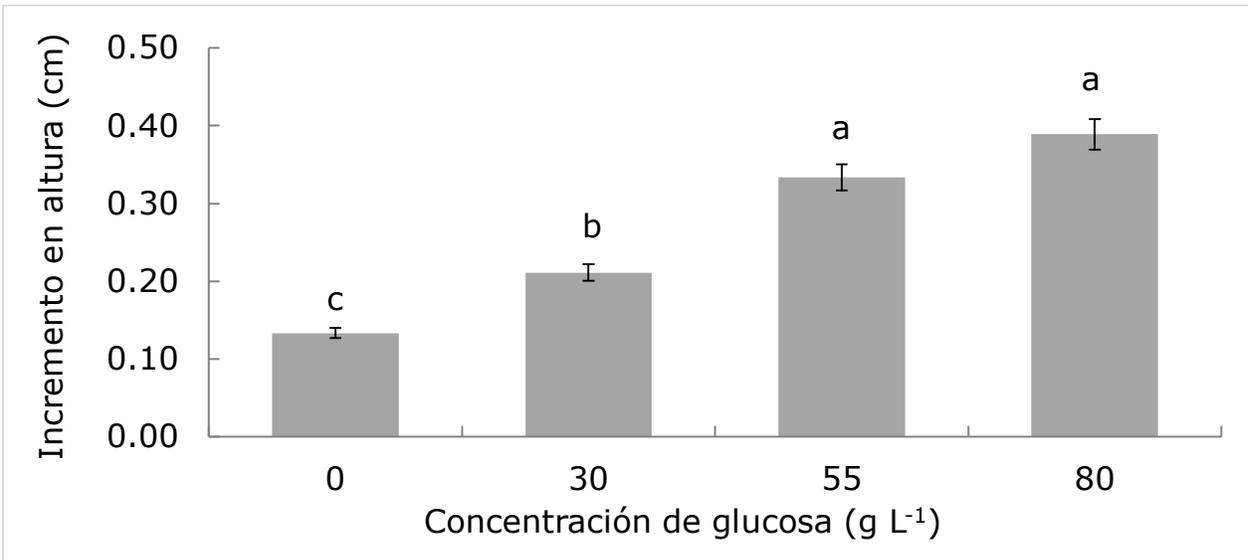
Las barras indican el error estándar. Letras iguales significan medias estadísticamente iguales (*Tukey*:  $P \leq 0.05$ ).

**Figura 1.** Incremento promedio en diámetro basal (mm) de árboles de *Jacaranda mimosifolia* D.Don inyectados con cuatro concentraciones de glucosa.

### Incremento en altura

El incremento en altura presentó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) a la inyección de glucosa; la altura de los árboles mostró valores promedio superiores para las dos concentraciones más altas de glucosa (55 y 80 g L<sup>-1</sup>), en comparación con las concentraciones bajas (0 y 30 g L<sup>-1</sup>) (Figura 2). Esto puede indicar que las primeras estimulan el crecimiento en altura (Martínez *et al.*, 2013; Percival y Sacre, 2014). En ciertas especies de latifoliadas como sauces (*Salix* sp.), álamos (*Populus* sp.), abedules (*Betula* sp.) y arces (*Acer* sp.). El crecimiento de la yema apical y la floración se manifiesta mucho antes del crecimiento vegetativo (Percival y Sacre, 2014). Etapas iniciales de reproducción vegetativa dependen exclusivamente de las reservas que el árbol acumuló en el ciclo de crecimiento anterior (Percival y Sacre, 2014;

Ramírez *et al.*, 2018). Esto apoya la idea de que la aplicación exógena de carbohidratos estimula el crecimiento en árboles urbanos (Martínez *et al.*, 2013).



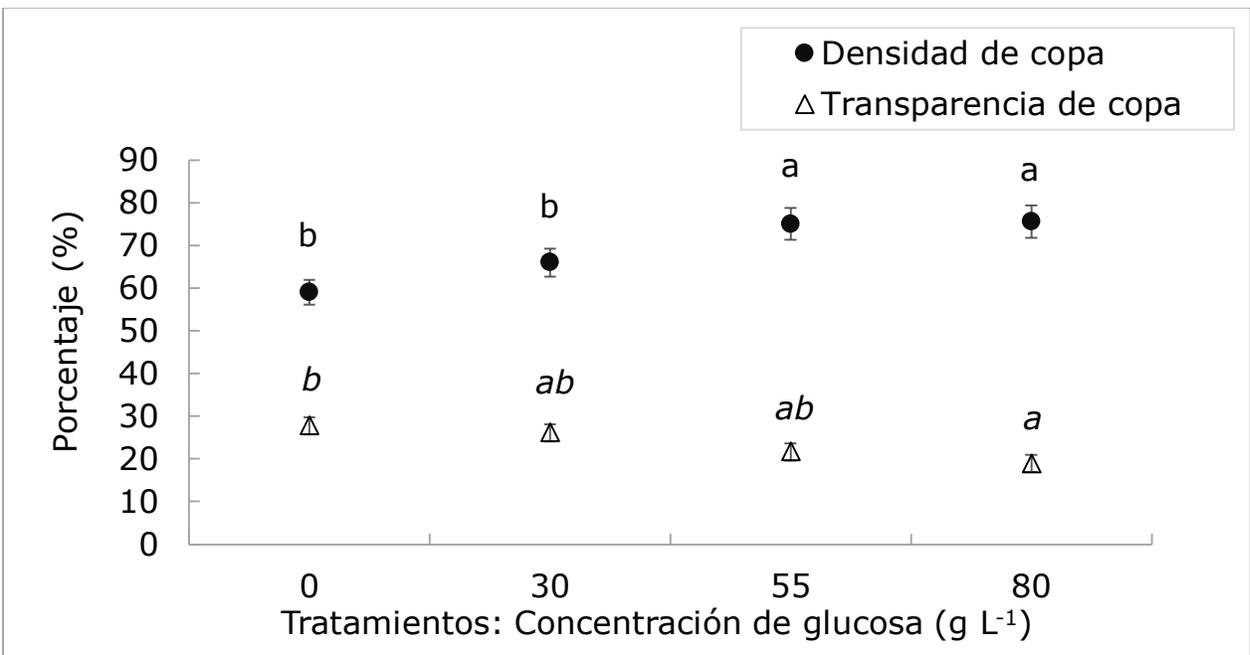
Las barras indican el error estándar. Letras iguales significan medias estadísticamente iguales (*Tukey*:  $P \leq 0.05$ ).

**Figura 2.** Incremento en altura (cm) de árboles de *Jacaranda mimosifolia* D.Don inyectados con cuatro concentraciones de glucosa.

### Condición de copa

Los valores promedio de densidad de la corona (Dnc) fueron significativamente diferentes entre las concentraciones de glucosa ( $P \leq 0.05$ ). El más alto se produjo con 80 y 55 g L<sup>-1</sup> (75 % y 76 %, respectivamente), mientras que el promedio más bajo se observó en el control (0 g L<sup>-1</sup>) con 59 % (Figura 3). Más de 50 % de los árboles evaluados desarrollaron 70 % en densidad de copa, lo que indica una buena cantidad de follaje (Saavedra *et al.*, 2016). Es bien sabido que por encima de 75 % es inusual para la mayoría de las especies de árboles urbanos, a menos que crezcan en espacios abiertos (Westfall *et al.*, 2009). Los dnc representan un alto potencial de crecimiento y, por lo tanto, de supervivencia, en comparación con aquellos especímenes maduros

con menor cantidad de follaje (Zaragoza *et al.*, 2014; Maselli y Silveira, 2017). Se considera que los árboles sanos son aquellos con una densidad de copa superior a 50 % (Westfall *et al.*, 2009; Saavedra *et al.*, 2016), pero si es inferior a 30 %, tienen una alta probabilidad de morir en un año (Steinman, 2000). Los árboles de jacaranda evaluados portan una mejor densidad de dosel que otras especies ubicadas en espacios urbanos como el Parque San Juan de Aragón, la Alameda Norte, y el sur y el este de la Ciudad de México con promedios inferiores a 70 % (Zaragoza *et al.*, 2014; Saavedra *et al.*, 2016).



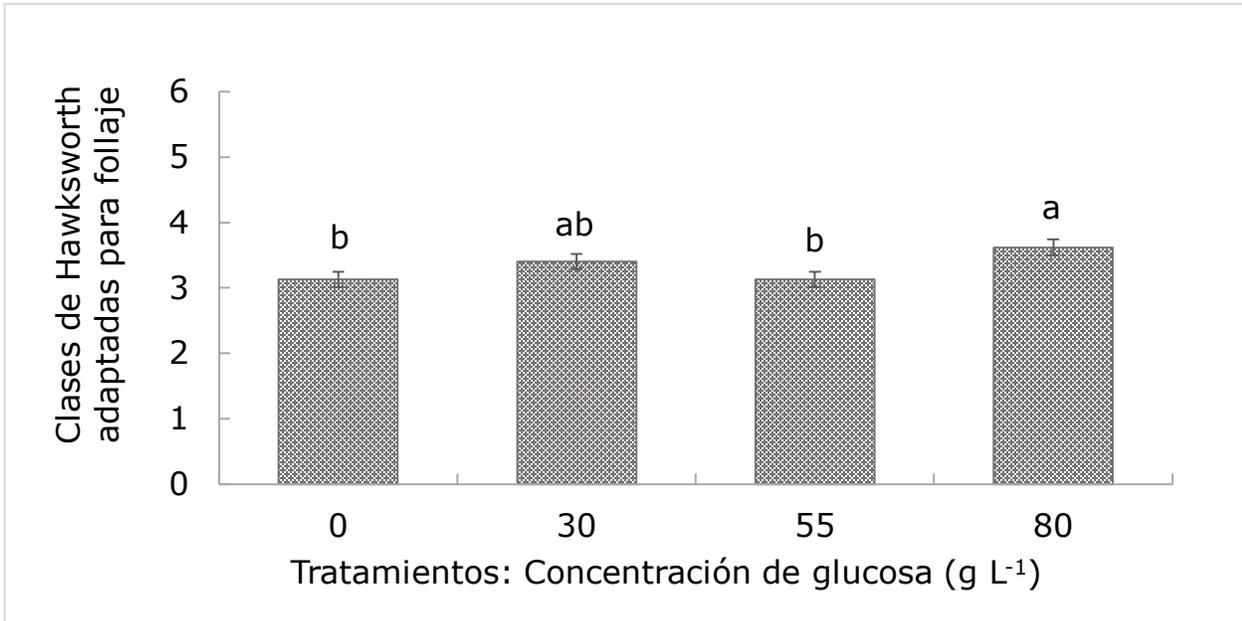
Las barras indican el error estándar. Letras iguales significan medias estadísticamente iguales ( $P \leq 0.05$ ) usando la suma de rangos de *Wilcoxon*.

**Figura 3.** Densidad y transparencia de copa de árboles de *Jacaranda mimosifolia* D. Don sometidos a cuatro tratamientos de concentración de glucosa.

Los valores promedio de la transparencia de copa (Trc) fueron significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ). El más alto para esta variable lo exhibieron los árboles testigo ( $0 \text{ g L}^{-1}$ ), con 28 %, mientras que el más bajo corresponde al tratamiento con  $80 \text{ g L}^{-1}$  de glucosa con un promedio de 19 % (Figura 3). También se observó que, al menos, 50 % de los ejemplares estudiados presentaron un promedio de 25 % de Trc, lo que sugiere que la cantidad de follaje en los árboles es suficiente para llevar a cabo procesos fundamentales como la fotosíntesis y la respiración; sin embargo, la copa no es lo suficientemente densa como para bloquear el paso de la luz (Zaragoza *et al.*, 2014).

Valores altos de Trc se relacionan de forma directa con factores estresantes, como el ataque de plagas, sequías, actividades de poda, contaminación atmosférica, compactación del suelo o vandalismo (Schomaker *et al.*, 2007; Zaragoza *et al.*, 2014); sin embargo, el arbolado evaluado mostraba compactación y poda, principalmente. Cifras inferiores a 30 % de esta variable en el arbolado indican una condición saludable (Saavedra *et al.*, 2016). En general, para los árboles estudiados en el Boulevard Texcoco-Chapingo están por debajo del límite mencionado como para no ser considerados en un estado de degradación o estrés (Figura 3).

El nivel de producción de follaje estuvo influido por la concentración más alta de glucosa ( $P \leq 0.05$ ). A pesar de esto, esta variable, independientemente de la concentración de glucosa, se ubicó entre las clases 3 y 4 (Hawksworth, 1977); por lo tanto, se consideran valores satisfactorios. La producción de follaje se relaciona directamente con la variable Dnc descrita, por lo que se observó que a mayor valor de Dnc, también se incrementó el follaje, como lo muestran los resultados para la concentración de  $80 \text{ g L}^{-1}$  (Figura 4). Esta cantidad de hojas le permite al arbolado sobrevivir y realizar sus funciones de forma correcta (Zaragoza *et al.*, 2014).



Las barras indican el error estándar. Letras iguales significan medias estadísticamente iguales (*Tukey*:  $P \leq 0.05$ ).

**Figura 4.** Clases de Hawksworth adaptadas para evaluar la producción de follaje en árboles de *Jacaranda mimosifolia* D. Don sometidos a cuatro tratamientos de concentración de glucosa.

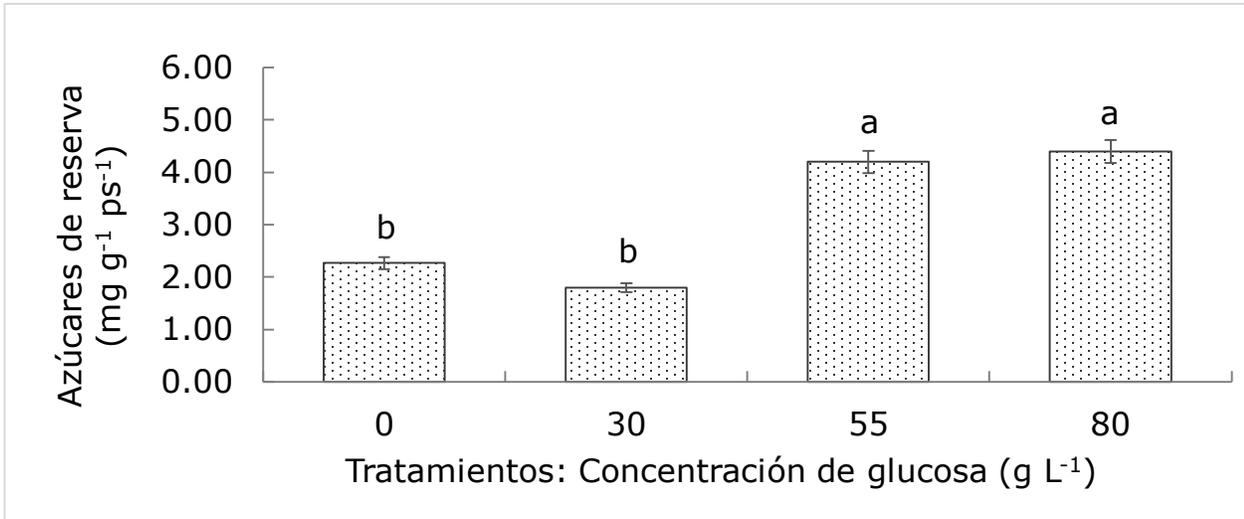
### Azúcares totales y azúcares reductores

El análisis de carbohidratos mostró que tanto azúcares totales como reductores en brotes, tronco y el almidón en raíces registraron una variación anual, con valores máximos en el período de otoño, y que disminuyeron paulatinamente en el invierno, para finalmente llegar a sus valores más bajos durante la primavera, poco después del período de emergencia de follaje. Esta fluctuación se debe a que los azúcares son utilizados en procesos como la respiración durante el invierno y la producción de nuevos tejidos en primavera (Valenzuela *et al.*, 2013; Ramírez *et al.*, 2018). Esta variación anual se ha consignado en los niveles de carbohidratos en especies como: encino siempreverde (*Quercus virginiana* Mill.), el naranjo (*Citrus sinensis* L.), la mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) y el mango (*Mangifera indica* L.) (Martínez *et al.*,

2009; Gamboa y Marín, 2012; Laskowski, 2014). Todas las variables presentaron variaciones relacionadas con las etapas fenológicas del árbol (Laskowski, 2014).

No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en azúcares totales y reductores en brotes, ni en almidón proveniente de las raíces de árboles de jacaranda. Los azúcares totales en el tronco las presentaron ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento de  $80 \text{ g L}^{-1}$ , mientras que los azúcares reductores, no mostraron evidencia estadística que indicara una alteración de esta variable con la inyección de glucosa al tronco; estudios previos revelaron un incremento de azúcares reductores, como un indicador del aumento de la vitalidad (Martínez *et al.*, 2009; Laskowski, 2014), lo que no se confirmó en el estudio actual. La determinación de azúcares totales incluye azúcares reductores y fracciones de polisacáridos como el almidón, un importante carbohidrato de reserva en diferentes órganos del árbol (raíz, tallo y ramas) utilizado para situaciones de carencia energética (Martínez *et al.*, 2013; Piper y Fajardo, 2016). Por lo tanto, es posible estimar indirectamente la reserva de carbohidratos de los árboles con una simple diferencia entre los valores de estos azúcares. En este sentido se encontró evidencia estadística ( $P < 0.05$ ) señalando que árboles inyectados con concentraciones altas de glucosa mantienen más del doble de la cantidad de reservas en el tronco que aquellos tratados con concentraciones bajas de glucosa (Figura 5).





Las barras indican el error estándar. Letras iguales significan medias estadísticamente iguales (*Tukey*:  $P \leq 0.05$ ).

**Figura 5.** Concentración de azúcares solubles en el tronco de árboles de *Jacaranda mimosifolia* D. Don sometidos a cuatro tratamientos de concentración de glucosa.

En otro estudio, Ramírez *et al.* (2018) se ha identificado que árboles urbanos como el arce (*Acer platanoides* L.) tienen una reserva de carbohidratos mayor que los árboles que crecen en condiciones naturales; esta característica mejora su capacidad de afrontar períodos de desbalance en los niveles de carbohidratos relacionados con los factores abióticos.

### Fluorescencia de clorofila

La fluorescencia de la clorofila no mostró diferencias significativas en ninguno de los tratamientos ( $P > 0.05$ ). Esta variable se mantuvo constante a lo largo de la evaluación con valores  $F_v/F_m$  promedio de 0.787 para las concentraciones de 0 g L<sup>-1</sup>, 0.810 para 30 g L<sup>-1</sup>, 0.804 para 55 g L<sup>-1</sup>, y 0.811 para 80 g L<sup>-1</sup> de glucosa. Los árboles con valores de  $F_v/F_m$  entre 0.78 y 0.85 se consideran saludables y libres de cualquier tipo de estrés (Johnstone *et al.*, 2013; Uhrin y Supuka, 2016; Callow *et al.*, 2018). Con base

en esta variable, los árboles no exhibieron indicios evidentes de estrés, pues se mantuvieron en una condición de vitalidad constante durante todo el experimento. Lo contrario ocurre en el encino siempre verde (*Quercus virginiana* Mill.), el arce sicómoro (*Acer pseudoplatanus* L.) y el kusum (*Schleicera oleosa* Merr), en los que la fluorescencia de la clorofila fue estimulada por la inyección de carbohidratos o alterada por factores abióticos propios de ambientes urbanos tales como el estrés hídrico, compactación o daños mecánicos (Martínez *et al.*, 2009; Uhrin y Supuka, 2016; Suryanto *et al.*, 2018).

## **Conclusiones**

La inyección de 80 g L<sup>-1</sup> glucosa al tronco de árboles de jacaranda estimuló positivamente el crecimiento en diámetro y altura. La condición de copa se mantuvo con una buena densidad y una buena producción de follaje, e indica un buen estado de salud del arbolado; lo cual coincidió con una mayor cantidad de carbohidratos de reserva. No se encontró evidencia de una alteración de la condición de vitalidad con el uso de la fluorescencia de clorofila. Por tanto, la aplicación de glucosa al tronco promueve el crecimiento vegetativo y en menor medida estimula la vitalidad de los árboles de la especie *Jacaranda mimosifolia* en zonas urbanas de la ciudad de Texcoco de Mora.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el financiamiento del proyecto y al municipio de la ciudad de Texcoco de Mora por permitir llevar a cabo este proyecto en sus áreas verdes urbanas.

## **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Contribución por autor

Luis Manuel Morales Gallegos: instalación del proyecto en campo, toma de datos en campo, redacción de manuscrito; Tomás Martínez Trinidad: dirección, planeación y seguimiento de proyecto, análisis de datos y revisión de manuscrito; Armando Gómez Guerrero: planeación y seguimiento del proyecto, así como revisión del manuscrito; Ramón Razo Zárate: seguimiento del proyecto y revisión del manuscrito; Javier Suárez Espinoza: análisis de datos y revisión del manuscrito.

## Referencias

- Acimovic, S. G., G. C. McGhee, G. W. Sundin and J. C. Wise. 2015. Evaluation of trunk-injected bactericides and prohexadione-calcium of environmentally friendly control of fire blight (*Erwinia amylovora*) in apples. Plant Protection Society of Serbia 1:129-134.
- Acimovic, S. G., B. M. Cregg, G. W. Sundin and J. C. Wise. 2016. Comparison of drill-and needle-based tree injection technologies in healing of trunk ports on apple trees. Urban Forestry and Urban Greening 19(1):151-157.
- Allen, K. S., R. W. Harper, A. Bayer and N. J. Brazee. 2017. A review of nursery production system and their influence on urban tree survival. Urban Forestry and Urban Greening 21(1):183-191.
- Callow, D., P. May and D. M. Johnstone. 2018. Tree vitality assessment in urban landscapes. Forests 9(5):1-7.
- Costonis, A. C. 1981. Tree injection: Perspective macro-injection/micro-injection. Journal of Arboriculture 7(10):275-278.

- Dal Maso, E., J. Cocking and L. Montecchio. 2014. Efficacy tests on commercial fungicides against ash dieback *in vitro* and by trunk injection. *Urban Forestry & Urban Greening*. 13(4):697-703.
- Gamboa P., J. R. y W. Marín M. 2012. Fenología, producción y contenido de almidón en árboles de mango en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 23(1):81-91.
- Gutiérrez C., M. C. y C. A. Ortiz S. 1999. Origen y evolución de los suelos en el ex lago de Texcoco, México. *Agrociencia* 33(2):200-208.
- Hawksworth, F. G. 1977. The 6-class dwarf mistletoe rating system. General Technical Report Rm-48. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, CO USA. 7 p.
- R Core Team. 2015. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Wien, AT USA. n/p.
- Johnstone, D., G. Moore, M. Tausz and M. Nicolas. 2013. The measurement of plant vitality in landscape trees. *Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry* 35(1):18-27.
- Kobza, M., G. Juhásová, K. Adamčíková and E. Onrusková. 2011. Tree injection in the management of Horse-Chestnut leaf miner. *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Gesunde Pflanzen* 62:139-143.
- Koeser, A. K., E. F. Gilman, M. Paz and C. Harchick. 2014. Factors influencing urban tree planting program growth and survival in Florida, United States. *Urban Forestry and Urban Greening* 13(4):655-661.
- Laskowski, L. E. 2014. Contenido de carbohidratos en hojas y raíces de plantas de naranja "Valencia" y mandarina "Dancy" durante un ciclo anual de crecimiento. *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ* 31:1-22.

Martínez T., T., W. T. Watson, M. A. Arnold, L. Lombardini and N. Appel. 2009. Carbohydrate injections as a potential option to improve growth and vitality of live Oaks. *Arboriculture and Urban Forestry* 35(3):142-147.

Martínez T., T., W. T. Watson, M. A. Arnold and L. Lombardini. 2010. Microbial activity of a clay soil amended with glucose and starch under live Oaks. *Arboriculture and Urban Forestry* 36(2):66-72.

Martínez T., T., F. O. Plascencia E. y L. Islas R. 2013. La relación entre los carbohidratos y la vitalidad en árboles urbanos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19(3):459-468.

Maselli L., G. and M. Silveira B. 2017. Dendrobiochemistry, a missing link to further understand carbon allocation during growth and decline of trees. *Trees* 31(6):1745-1758.

Miyajima, I., C. Takemura, N. Kobayashi, M. S. Soto and G. Facciuto. 2013. Flower bud initiation and Development of *Jacaranda mimosifolia* (Bignoniaceae) in Japan. *Acta Horticulturae* 1000(7):71-76.

Moser, A., E. Uhl, T. Rötzer, P. Biber, J. Dahlhausen, B. Lefer and H. Pretzsch. 2017. Effects of climate and the urban heat island. Effect on urban tree growth in Houston. *Open Journal of Forestry* 7(4):428-445.

Moser, A., E. Uhl, T. Rötzer, P. Biber, J. M. Caldentey and H. Pretzsch. 2018. Effects of climate trends and drought events on urban tree growth in Santiago de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 45(1):35-50.

Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry* 153:375-380.

Palevitz, B. A. and E. H. Newcomb. 1970. A study of sieve element starch using sequential enzymatic digestion and electron microscopy. *The Journal of Cell Biology*. 45:383-398.

- Percival, G. C., G. A. Fraser and S. Barnes. 2004. Soil injections of carbohydrates improve fine root growth of established urban trees. *Arboricultural Journal* 28(1-2):95-101.
- Percival, G. C. and K. Sacre. 2014. The influence of soluble carbohydrates, slow-release nitrogen and plant growth regulator on transplant survival of trees. *Arboricultural Journal* 36(3):140-160.
- Perry, T. O., F. S. Santamour, R. J. Stipes, T. Shear and A. L. Shigo. 1991. Exploring alternatives to tree injection. *Journal of Arboricultural* 17(8):217-226.
- Piper, F. I. and A. Fajardo. 2016. Carbon dynamics of *Acer pseudoplatanus* seedlings under drought and complete darkness. *Tree Physiology* 36(11):1400-1408.
- Quentin, A, E. Pinkard, M. Ryan, *et al.* 2015. Non-structural carbohydrates in woody plants compared among laboratories. *Tree Physiology* 35(11): 1146-1165.
- Ramírez, J. A., I. T. Handa, J. M. Posada, S. Delagrangue and C. Messier. 2018. Carbohydrate dynamics in roots, stems, and branches after maintenance pruning in two common urban trees species of North America. *Urban Forestry and Urban Greening* 30:24-31.
- Saavedra R, L. L., D. Alvarado R., P. Hernández D., T. Martínez T., G. Mora A. y J. Villa C. 2016. Condición de copa, indicadores de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Madera y Bosques* 22(2):15-27.
- Scholz, T., A. Hof and T. Schmitt. 2018. Cooling effects and regulating ecosystem services provided by urban trees-novel analysis approaches using tree cadaster data. *Sustainability* 10(3):2-18.
- Schomaker, M. E., S. J. Zarnoch, W. A. Bechtold, D. J. Latelle, W. G. Burkman and S. M. Cox. 2007. Crown-condition classification: a guide to data collection and analysis. USDA Forest Service. Southern Research Station. General Technical Report SRS-102. Asheville, NC USA. 78 p.

Sharma, D., M. I. Sabela, S. Kanchi, P. S. Mdluli, G. Singh, T. A. Stenstrom and K. Bisetty. 2016. Biosynthesis of ZnO nanoparticles using *Jacaranda mimosifolia* flowers extract: Synergistic antibacterial activity and molecular simulated facet specific adsorption studies. *Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology* 162:199-207.

Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. *The Journal of Biological Chemistry* 195:19-23.

Steinman, J. 1998. Tracking the health of trees over time on forest health monitoring plots. *In: Hansen, M and T. Burk (eds.). Proceedings held at Boise Centre on the Grove. Integrated tools for natural resources inventories in the 21<sup>st</sup> century. USDA Forest Service. 16-20 August. Boise, ID USA. pp. 334-339.*

Stojnic, S., S. Pekec, M. Kebert, A. Pilipovic, D. Stojanovic, M. Stojanovic and S. Orlovic. 2016. Drought effects on physiology and biochemistry of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) and Hornbeam (*Carpinus betulus* L.). Saplings grown in urban area of Novi Sad, Serbia. *South-East European Forestry* 7(1):1-8.

Suryanto, H., S. Supriyanto and N. F. Haneda. 2018. Molasses injection to improve growth and vitality of Kesambi (*Schleicera oleosa* Merr) as lac insect host plant. *Journal Penelitian Kehutanan Wallacea* 7(2):173-181.

Uhrin, P. and J. Supuka. 2016. Quality assessment of urban trees using growth visual and chlorophyll fluorescence indicators. *Ekológia (Bratislava)* 35(2):160-172.

Valenzuela N., L. M., P. Maillard, J. L. González B. y G. González C. 2013. Balance de carbohidratos en diferentes compartimentos vegetales de encino (*Quercus pétrea* y haya (*Fagus sylvatica*), sometidos a defoliación y sombra. *Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas* 8(1):33-38.

Westfall, J. A., A. W. Bechtold and K. C. Randolph. 2009. Tree crown indicator. *In*: Westfall, J. A. (ed.). FIA National Assessment of data quality for forest health indicators. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. North-eastern research service. General Technical Report NSR-53. Newtown Square, PA USA. pp. 3-15.

Wise, J. C, A. H. VanWoerkom, S. G. Acimovic, G. W. Sundin, B. M. Cregg and C. Vandervoort. 2014. Trunk injection: Discriminating delivering system for horticulture crop IPM. *Entomology, Ornithology and Herpetology* 3(2):2-7.

Witham, F. H., D. F. Blaydes and R. M. Devlin. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York, NY USA. 245 p.

Zaouchi, Y., S. Rezgui and T. Bettaieb. 2015. Influence of mycorrhization an adaptation capacity of *Jacaranda mimosifolia* D. Don grow in urban conditions. *Journal of New Sciences* 18(5):679-688.

Zaragoza H, A. Y., V. M. Cetina A., M. A. López L., A. Chacalo H., M. L. de la Isla B. y H. González R. 2014. Indicador condición de copa y su aplicación en tres parques del Distrito Federal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(25):1-16.

Zhang, C. J., S. H. Lim, J. W. Kim, G. Nah, A. Fischer and D. S. Kim. 2016. Leaf chlorophyll fluorescence discriminates herbicide resistance in *Echinochloa* species. *Weed Research* 56(6):424-433.