
Variación en las medidas de contracción y dilatación de *Cedrela odorata* L. bajo diferentes dosis y frecuencias de riego en el Valle del Yaqui, Sonora.

O.A. Villaseñor-López^{1*}, Y. García-Quintana², L. Argente Martínez³ y J.A. Fernández Bocardo¹

Universidad de Pinar del Río, Facultad de Forestal y Agronomía, Departamento Biología, Calle Martí N° 270, Cuba, CP 20100, tel.: 53-048-779363.

Variation in measures of contraction and dilation of Cedrela odorata L. under different doses and frequencies of irrigation in the Yaqui Valley, Sonora.

Abstract

This work was carried out in a semi-arid area corresponding to the Experimental Technology Transfer Center of Technological Institute of Sonora, Yaqui Valley, Sonora, Mexico, with the aim of assessing the variability in measures of contraction and expansion of the species *Cedrela odorata* L. under different irrigation rates and frequencies. To this five dendrometers Ecomatik (DD- S) German made with cords placed and readings were recorded every 10 seconds total averaging every 30 minutes for 24 hours in plants subjected to four doses and frequency of watering (96 liters of water every ten days in June 2010; 192 liters of water every ten days in July 2010; 192 liters of water every seven days, August, October and November 2010 and 192 liters of water every three days, August 2011). The results showed an upward trend with a daily pattern of variation that characterizes the species. It was shown that the variations are greater when water stress are presented and once the stress is alleviated the gap is narrowing. High variability in measures of contraction and expansion of the stem was obtained, which indicated water stress until August 2011 that the mitigation of stress was achieved with a dose and frequency of irrigation of 192 liters of water every three days.

Key words: Ecomatik sensor, irrigation rates, cedro, variability.

Resumen

Este trabajo se realizó en una zona semiárida correspondiente al Centro Experimental de Transferencia de Tecnología del Instituto Tecnológico de Sonora, Valle del Yaqui, Sonora, México, con el objetivo de evaluar la variabilidad en las medidas de contracción y dilatación de *Cedrela odorata* L. bajo diferentes dosis y frecuencias de riego. Para ello se colocaron cinco dendrómetros Ecomatik (DD-S) de fabricación alemana conectados por cables y se registraron lecturas cada 10 segundos con promedios cada 30 minutos para obtener datos durante las 24 horas en plantas sometidas a cuatro dosis y frecuencias de riego (96 litros de agua cada diez días, junio 2010; 192 litros de agua cada diez días, julio 2010; 192 litros de agua cada siete días, agosto, octubre y noviembre 2010 y 192 litros de agua cada tres días, agosto 2011). Los resultados reflejaron una tendencia ascendente con un patrón diario de variación que caracteriza la especie. Las variaciones resultaron mayores cuando se presentaron situaciones de estrés hídrico y una vez que se mitigó se redujo la diferencia. Se obtuvo una alta variabilidad en las medidas de contracción y dilatación del tallo, lo cual indicó situaciones de estrés hídrico hasta agosto del año 2011 que se logró la mitigación del estrés con una dosis y frecuencia de riego de 192 litros de agua cada tres días.

Palabras clave: sensor ecomatik, dosis de riego, cedro, variabilidad.

*Autores de correspondencia
Email: ovidio.villaseñor@itson.edu.mx

Introducción

Los estudios de ecofisiología de las plantas forestales y los mecanismos asociados al crecimiento resultan una de las principales herramientas en la gestión de los recursos forestales a partir del cual con la utilización de sensores se logra la medición continua de la actividad cambial en los árboles como respuesta a los factores ambientales.

Los dendrómetros permiten medir las microrvariaciones del diámetro del tallo y de esta forma evitar que el árbol sufra estrés hídrico por falta de agua y al mismo tiempo no realizar aportes excesivos cuando éstos no mejoren el estado hídrico de la planta, debido a que es la propia evolución la que indicará si las contracciones son normales o existen variaciones atípicas, siendo esto un atributo a considerar para optimizar la programación de los riegos (Medina *et al.*, 2003).

El diámetro de estos órganos depende de dos componentes, del propio crecimiento de estos y de la pérdida de agua, existiendo variaciones a lo largo del día, encontrándose cada 24 horas con un máximo y un mínimo de grosor, a esta variación se le llama contracción, y las contracciones anormales indican un estrés del árbol (López, 2006).

Debido a la creciente degradación del Valle del Yaqui, Sonora, México, se está promoviendo la investigación y utilización de especies con posibilidades de adaptación para la actividad productiva, tal es el caso de *Cedrela odorata* L. de importancia económica, significando una alternativa viable para estas condiciones. Sin embargo para el establecimiento y manejo de las plantaciones se hace necesario el conocimiento de bases ecológicas y fisiológicas que permitan entender los mecanismos de adaptación y las variaciones que se presentan en cualquier ambiente, lo cual puede llegar a imponer serias restricciones en el crecimiento y desarrollo y provocar situaciones de estrés. Este trabajo presentó como objetivo evaluar la variabilidad en las medidas de contracción y dilatación de la especie *Cedrela odorata* bajo diferentes dosis y frecuencias de riego.

Materiales y método

El trabajo se realizó en una plantación de *Cedrela odorata* en el Valle del Yaqui Block 910,

perteneciente al Centro Experimental de Transferencia de Tecnología del Instituto Tecnológico de Sonora, ubicada al sur del estado de Sonora, México, entre la Sierra Madre Occidental y el Mar de Cortés, limitando al norte con Ciudad Obregón y al sur con el Valle del río Mayo; entre los paralelos 27°10' y 27°50' latitud norte, y los meridianos 109°55' y 110°36'. El área experimental fue georeferenciada mediante Sistema de Posicionamiento Global (GPS) Global Sat (Figura 1).

Se instaló un sistema de riego por goteo para abastecer el área experimental, de forma tal que se garantizó la misma presión para todos los árboles. Cada árbol contenía dos goteros de 4 litros/hora, recibiendo cada uno un total de 8 litros/hora. Además se instaló un centro procesador de información mediante un Data Logger Campbell Scientific y Multiplexor y se colocaron dendrómetros.

La contracción y dilatación del tallo se determinó en respuesta a diferentes dosis y frecuencias de riego, atendiendo a las necesidades hídricas de la especie en los diferentes periodos estacionales, desde verano hasta invierno, iniciándose en junio del año 2010 y finalizando en agosto del 2011.

- Nivel 1: 96 litros de agua cada diez días (junio 2010)
- Nivel 2: 192 litros de agua cada diez días (julio 2010)
- Nivel 3: 192 litros de agua cada siete días (agosto, octubre y noviembre 2010)
- Nivel 4: 192 litros de agua cada tres días (agosto 2011)

Para medir la contracción y dilatación máxima del día y la noche se colocaron cinco dendrómetros Ecomatik (DD-S) de fabricación alemana que proporcionan datos de manera permanente, conectados por cables, los cuales fueron alimentados por corriente eléctrica de 110 watts. Se registraron lecturas cada 10 segundos, promediando el total cada 30 minutos para obtener datos durante las 24 horas. El Data Logger contiene un software el cual se instaló a una Pc que se encuentra de manera permanente en el centro procesador de información. Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente mediante análisis de varianza de clasificación simple y prueba de comparación de medias de Tukey con un 95% de confiabilidad para demostrar la variabilidad entre la máxima

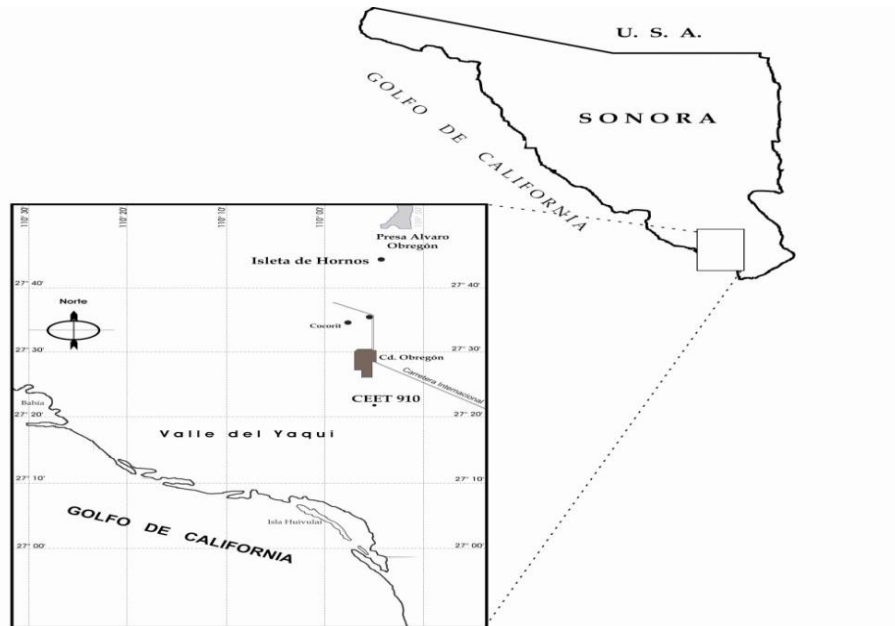


Figura 1. Ubicación geográfica del área experimental

contracción y dilatación del tallo de esta especie por dosis y frecuencia de riego.

Resultados y discusión

Los niveles medios de contracción y dilatación del tallo en los árboles seleccionados del primer ensayo (dosis y frecuencia de 96 litros de agua cada diez días) se muestran en la figura 2, donde se apreció que los dendrómetros registraron variaciones diarias en la contracción y dilatación del tallo, además se presentaron diferencias entre el valor mínimo de contracción y el máximo de dilatación del tallo, oscilando entre 200 y 500 μm de máxima contracción diurna, con una tendencia descendente, lo cual indica situaciones de déficit hídrico en los árboles representado en las lecturas de los dendrómetros comprendidas hasta el 30 de junio del 2010 correspondiente al verano con temperaturas máximas registradas de 41,6 °C y mínimas de 25,6 °C y sin precipitaciones.

Fereres *et al.* (1999), refieren que en los estudios de contracción y dilatación del tallo el movimiento ascendente del agua es en gran medida durante el día cuando los estomas están abiertos, pero que este continúa durante la noche, incluso después que la transpiración ha cesado donde la absorción de agua

continuará hasta que alcance la mayor turgencia.

La mayor dilatación del tallo (DT MAX) se produjo al amanecer, antes de la salida del sol, alrededor de las 6:00 horas de la mañana, mientras que la mayor contracción (DT MIN) se produjo al atardecer, sobre las 18:00 horas. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Wei *et al.* (2007), los cuales registraron la máxima contracción en horas de la mañana durante el periodo junio-julio. A su vez Goldhamer *et al.* (1999), reportaron variaciones diarias en árboles de *Viburnum tinus* L. con un máximo que se alcanza cuando la hidratación de los órganos es mayor y un mínimo a las horas de mayor deshidratación. Una contracción diurna anormal indica un estrés hídrico de la planta, resultando un indicador para establecer los límites de riego.

Taiz y Zeiger (2006), plantean que el estrés ejerce una influencia negativa sobre la planta y las respuestas celulares incluyen cambios en la división celular y en la arquitectura de la pared celular, con un aumento de la tolerancia al estrés de las células.

Por su parte Ortuño *et al.*, (2006 a y b) han reportado cierta relación entre el grado de contracción y dilatación del tronco y los cambios en el nivel de agua.

En el segundo ensayo de riego se aumentó la dosis a 192 litros de agua cada diez días. En la figura 3, se observan las contracciones y dilataciones del tallo en forma ascendente durante los primeros seis días y posteriormente un comportamiento descendente en el momento que se presentó déficit hídrico, lo que determina que la planta presentó estrés hídrico cuatro veces durante el mes. Se obtienen incrementos en la dilatación del tallo, asociados al aumento de la dosis de riego (R) y la presencia precipitaciones (P).

Krepkowski *et al.* (2012), en un estudio con

Podocarpus falcatus mediante dendrómetros Ecomatik encontró patrones anuales de contracción, con una alta variabilidad estacional, determinando que el crecimiento para la especie está muy influenciado por las precipitaciones. Esto demuestra la importancia de las variables climáticas para entender patrones de variación.

La temperatura máxima registrada en este estudio para el ensayo experimental fue de 39.7 °C y la mínima de 22.6 °C con precipitaciones de 20,8 mm durante los días 16, 26, 29 y 31.

En el mes de agosto del 2010 se programó la

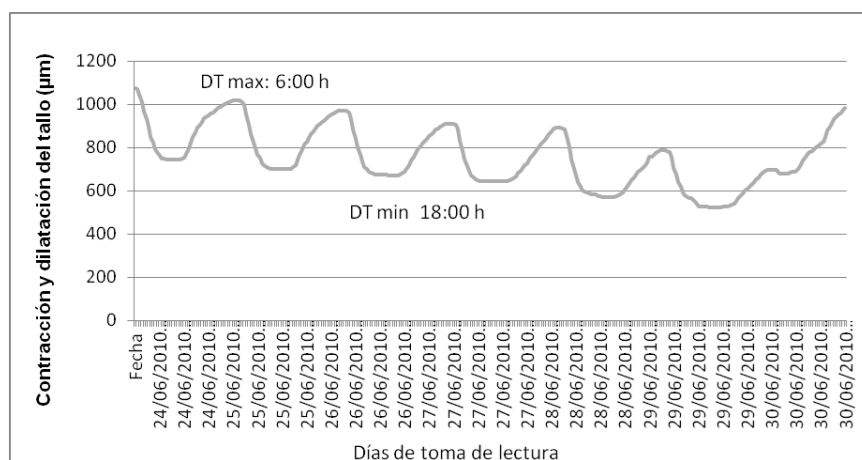


Figura 2. Contracción y dilatación del tallo con una dosis y frecuencia de riego de 96 litros de agua cada diez días en el mes de junio.

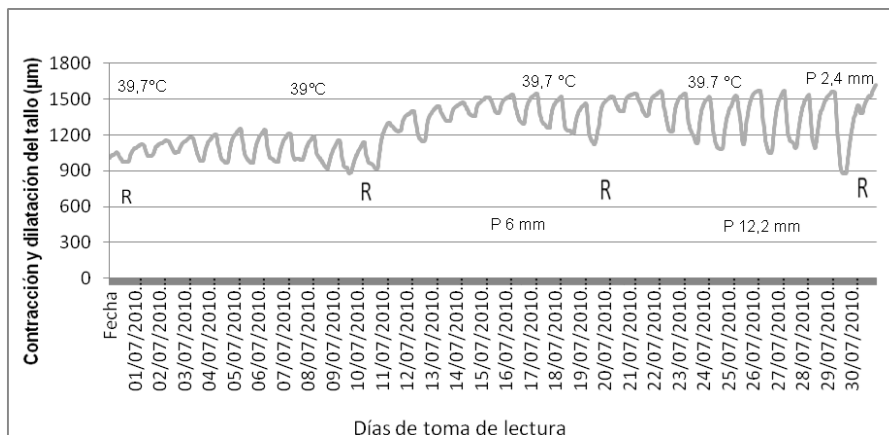


Figura 3. Contracción y dilatación del tallo con una dosis y frecuencia de riego de 192 litros de agua cada diez días en el mes de julio.

frecuencia de riego cada siete días con la misma dosis de agua de 192 litros por sesión, correspondiendo al tercer ensayo (figura 4), donde se apreció una tendencia ascendente los primeros tres días de riego, mostrando déficit los cuatro días posteriores y suministrada nuevamente la dosis de riego se manifestó una respuesta positiva.

Se reportaron, para este periodo, precipitaciones (P) de 14 mm durante los días 5, 13, 19, 20, 21, 26 y 28, las cuales provocaron una ligera mitigación del estrés al presentar una diferencia menor en la máxima contracción diurna. Conejero *et al.* (2007), y Moreno *et al.* (2007), refieren que la máxima contracción diaria es un indicador adecuado de los cambios del estado hídrico de las plantas.

La temperatura máxima registrada en el mes de agosto del año 2010 fue de 42 °C y mínima de 24.2 °C, lo que indica un aumento de 2,3 grados en relación al mes anterior que se evidenció en mayor contracción durante los primeros días.

Se apreció un aumento ligero en los valores máximos de dilatación del tallo de 200 a 500 μm, siendo todavía insuficiente la dosis de agua para las necesidades de las plantas al estar sometidas repetidamente a condiciones de estrés hídrico.

En el mes de octubre se registraron temperaturas máximas de 38 °C y mínimas de 12 °C con ausencia completa de precipitaciones, lo que representa una diferencia de cuatro grados en su temperatura más alta, comparada con el mes de agosto donde los árboles han sido sometidos a menor estrés por

factores climáticos, lo cual se evidencia en la figura 5 para una dosis y frecuencia de riego de 192 litros cada siete días con una tendencia ascendente los primeros cuatro días y descendente el resto de los días antes del riego. La disminución de la temperatura en el clima de otoño hizo posible que las plantas no fueran sometidas a una presión constante, ejercida en los meses de verano, permitiendo una dilatación y contracción del tallo más uniforme entre el día y la noche que hizo que la planta tuviera una respuesta mejor, sin embargo la tendencia descendente sigue indicando, hasta este momento, no ha sido posible la mitigación del estrés hídrico.

En el mes de noviembre del 2010 (Figura 6), durante el periodo comprendido entre el 10 y el 30 de noviembre se registraron temperaturas máximas de 31.4 °C y mínimas de 5 °C, evidenciándose mitigación del estrés hídrico a través de los registros de los dendrómetros en forma ascendente para una dosis y frecuencia de riego de 192 litros de agua cada siete días, lo cual indicó ser la dosis adecuada para el periodo de otoño.

En los primeros días del mes de diciembre las temperaturas empezaron a descender y se suspendieron los riegos con el fin de inducir lentamente el estrés hídrico que coincidió con el periodo de dormancia invernal en las plantas. Se obtuvieron niveles de contracción y dilatación con un incremento menor comparado con el mes de noviembre.

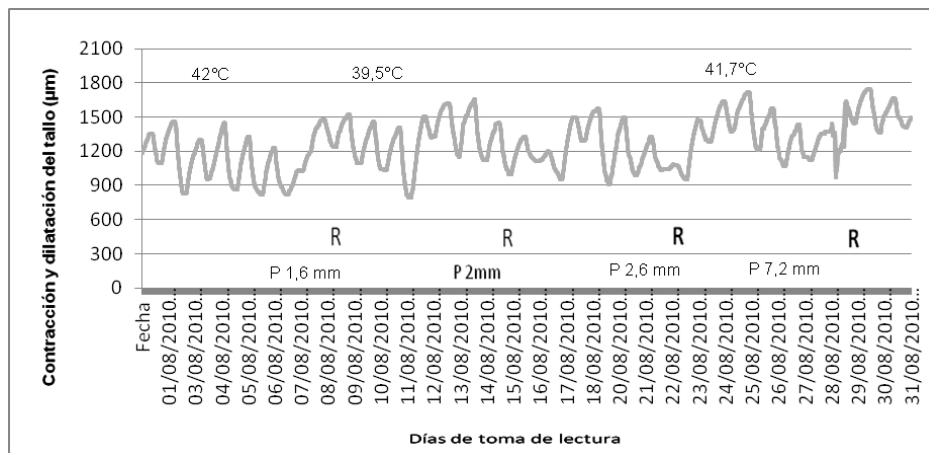


Figura 4. Contracción y dilatación del tallo con una dosis y frecuencia de riego de 192 litros de agua cada siete días en el mes de agosto.

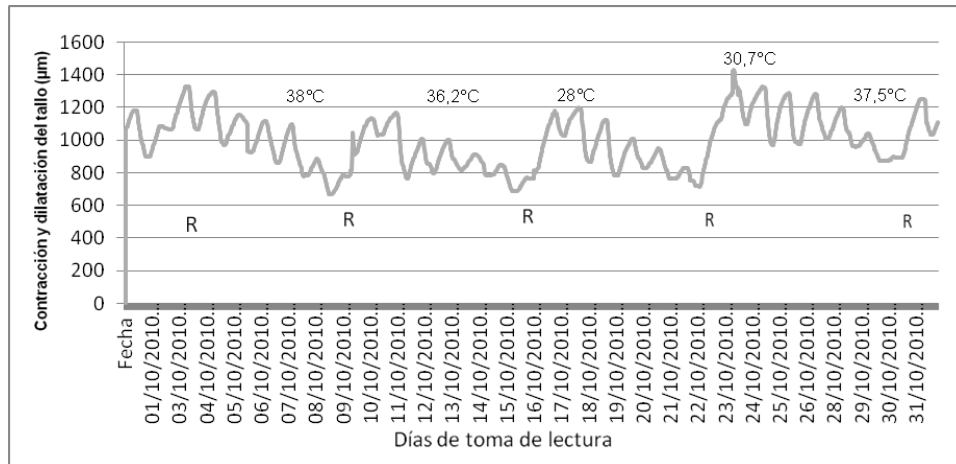


Figura 5. Contracción y dilatación del tallo con una dosis y frecuencia de riego de 192 litros de agua cada siete días en el mes de octubre.

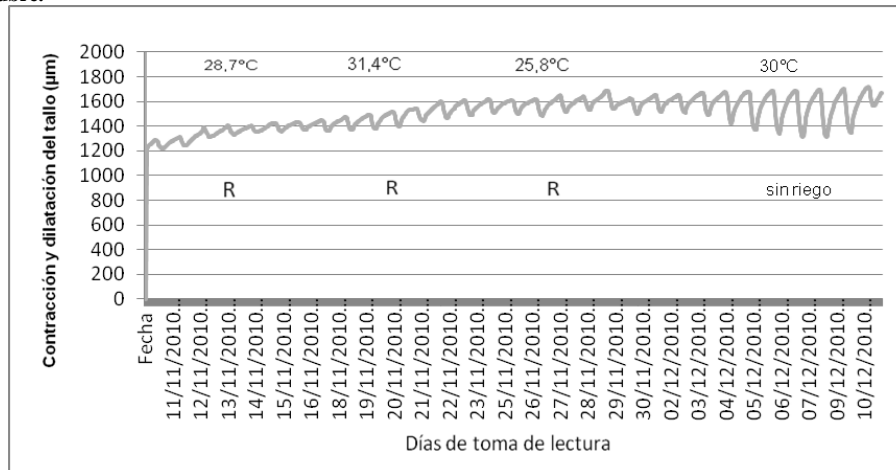


Figura 6. Contracción y dilatación del tallo con una dosis y frecuencia de riego de 192 litros de agua cada siete días en el mes de noviembre.

A partir del mes de enero del año 2011 los sensores registraron contracciones y dilataciones mínimas del tallo, propios de la dormancia invernal (Figura 7), lo cual indica que el riego debe suspenderse porque la planta realiza lentamente sus funciones y el requerimiento de agua es menor, de tal manera que en los meses de invierno quedaron suspendidos los riegos hasta la aparición de nuevos brotes en el mes de mayo donde las temperaturas mínimas llegaron a los 20 °C y las máximas superaron los 35 °C. En agosto del 2011 al aumentar la frecuencia de riego (192 litros de agua cada tres días) se observó que los árboles no mostraron diferencias entre las variaciones diurnas y nocturnas del tallo, lo que evidenció mitigación del estrés hídrico (Figura 8).

Se apreció, de manera general, una tendencia ascendente en el patrón de comportamiento, lo que representa que esta dosis de riego es la adecuada para los meses calurosos, a partir del mes de mayo y finalizando el mes de octubre donde el riego disminuyó a un 50% en los meses de noviembre y diciembre, hasta suspenderse entre los meses de enero-abril. Estos resultados se corresponden con lo obtenido por Goldhammer y Fereres (2001), los cuales refieren distintos protocolos para cultivos leñosos de árboles jóvenes y adultos con riegos cada dos y tres días en base a la intensidad de señal utilizada por los sensores.

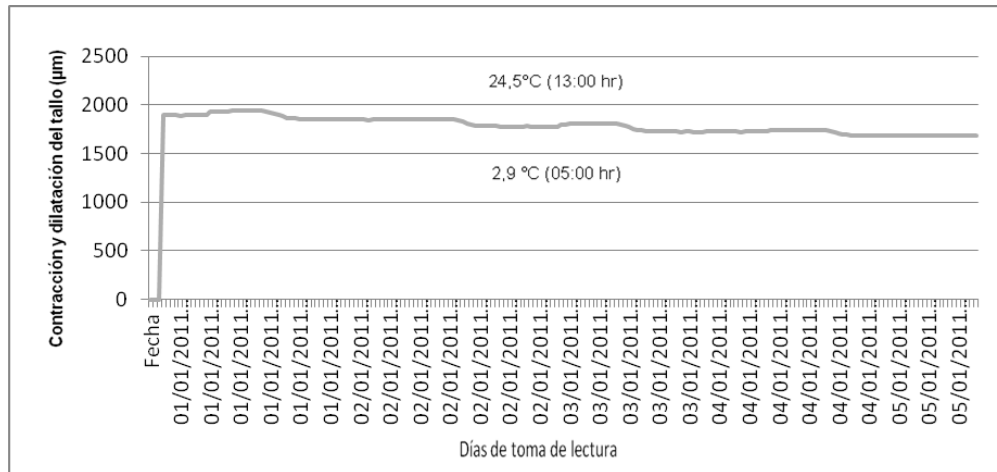


Figura 7. Contracción y dilatación del tallo sin riego en el mes de enero.

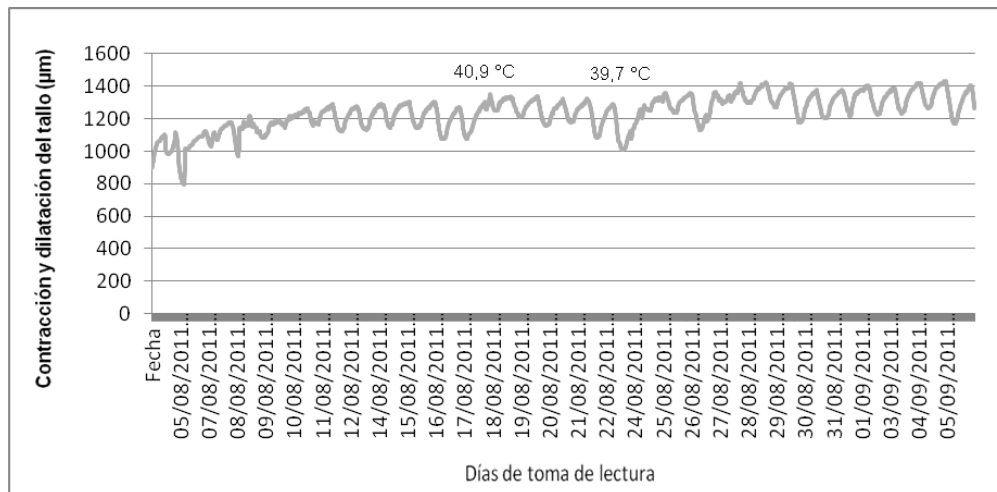


Figura 8. Contracción y dilatación del tallo con una dosis y frecuencia de riego de 192 litros de agua cada tres días en el mes de agosto.

En la tabla 1 se muestran los valores medios y desviación estándar de las variaciones entre la máxima dilatación y contracción por dosis y frecuencias de riego con diferencias significativas entre los ensayos empleados. La menor variación se presentó en el tratamiento de 192 l 3⁻¹ días correspondiendo a la dosis donde se logró mitigación del estrés hídrico, lo cual corrobora lo descrito anteriormente con la dosis y frecuencia a emplearse.

Conclusiones

La especie *Cedrela odorata* se caracterizó por un

patrón diario de comportamiento variable en las medidas de dilatación y contracción del tallo, lo cual permitió entender la dinámica de crecimiento.

Se demostró que las variaciones en la contracción y dilatación del tallo son mayores cuando se presentan situaciones de estrés hídrico y una vez que se mitiga el estrés se acortan las diferencias.

Se obtuvo una alta variabilidad en las medidas de contracción y dilatación del tallo, lo cual indicó situaciones de estrés hídrico hasta agosto del año 2011 que se logró la mitigación del estrés con una dosis y frecuencia de riego de 192 litros de agua cada tres días.

Tabla 1. Valores medios y desviación estándar de las variaciones entre la máxima dilatación y contracción para las distintas dosis y frecuencias de riego.

Dosis y frecuencia de riego	Media \pm desviación estándar
96 l 10 ⁻¹ días	1505,26 ^a \pm 424,99
192 l 10 ⁻¹ días	1279,63 ^b \pm 254,29
192 l 7 ⁻¹ días	916, 97 ^c \pm 249,11
192 l 3 ⁻¹ días	561,63 ^d \pm 89,54

Letras desiguales difieren significativamente para la prueba de Tukey con una P<0,05.

Bibliografía

- Conejero, W., Ortuño, M.F., Mellisho, C.D. y Torrecillas, A.. 2007. Influence of crop load on maximum daily trunk shrinkage reference equations for irrigation scheduling of early maturing peach trees. *Agric. Water Manage.* 97 (2), 333–338.
- Fereres, E., Goldhamer, D., Cohen, M., Girona, J., y Mata, M.. 1999. Continuous trunk diameter recording can reveal water stress in peach trees. *California, Agriculture U.S.A.* 53 (4): 21-25.
- Goldhamer, D. A., Fereres, E., Girona, J., Mata, M. y Cohen, M. 1999. Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water status monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* (124) 37-44.
- Goldhammer, D.A. y Fereres, E. 2001. Irrigation scheduling protocols using continuously recorder trunk diameter measurements. *Irrigation science,* (20) 115-125.
- Medina, D., Gómez, R. y Windler, J. 2003. Manejo del riego del aguacate mediante el uso de dendrómetros. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate).* 273-281.
- Moreno, F., Ortuño, M.F., García O.Y.; Alarcón J.J., Conejero, W., Nicolás E.; Fernández J.E. y Martín, P.M.J., Torrecillas A.. 2007. Estado actual de la programación del riego en limonero mediante medidas del estado hídrico. *Fundación para el Fomento de la Ingeniería del agua.* Sevilla, España. 14 (3) 216-221.
- López, R.G.F. 2006. *Ecofisiología de árboles.* Universidad Autónoma de Chapingo. primera edición. Texcoco, Estado de México, México. 360.
- Ortuño, M.F., García O.Y., Conejero, W., Ruiz, S.M.C., Alarcón, J.J y Torrecillas, A. 2006^a. Stem and leaf water potential, gas exchange, sap flow and trunk diameter fluctuation for detecting water stress in lemon trees. *Trees structure and function.* (20) 1-8.
- Ortuño, M.F., García O.Y., Conejero, W., Ruiz, S.M.C., Mounzer, O., Alarcón, J.J y Torrecillas, A. 2006^b. Relationships between climatic variables and sap flow, stem water potential and maximum daily trunk shrinkage in lemon trees. *Plants and soil.* (279) 229-242.
- Krepkowski, J. Brauning, A. and Gebrekirstos, A. 2012. Growth dynamics and potential for cross dating and multi century climate reconstruction of *Podocarpus falcatus* in Ethiopia. *Dendrochronologia.* Institute de geography. University of Erlangen Nuremberg, Kochstr, Germany. (30) 1-9.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2006. *Fisiología vegetal, Volumen II,* Universidad de California en Los Angeles, U.S.A. 1130.
- Wei X., Waiyanheei, Y., Pengtao, L., Hailong, L. Zhongjie y Wei. G. 2007. Growth in stem diameter of *Larix principis rupprechtii* and its response to meteorological factors in the south of Liupan Mountain. *Forestry Ecological and Environmental Key Laboratory of National Forestry Ministry.* Academy of Forestry, Beijing, China.