
Parámetros hídricos de *Cedrela odorata* L. cultivada en la zona semiarida del Valle del Yaqui, Sonora, México.

O.A. Villaseñor-López^{1*}, Y. García Quintana², L.M. Tamayo-Esquer¹, M. Bonilla Vichot², J.A. Fernández-Bocardo¹

¹ Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de Febrero 818 Sur. Col. Centro. Cd. Obregón, Sonora, México, Tel (52 – 644) 4100900 Ext. 2124.

² Universidad Pinar del Río. Calle Martí final 270 esq. 27 de Noviembre. Pinar del Río, Cuba.

Hydric parameters of Cedrela odorata L. cultivated in the semiarid zone of Yaqui Valley, Sonora, Mexico.

Abstract

This work was performed in a semi-desert area of the Yaqui Valley, Sonora, Mexico, with the aim of characterizing hydric parameters in *Cedrela odorata* L. to do this we selected ten trees in a plantation of *Cedrela odorata* under drip irrigation often every three days, which were analyzed for hydric potential at 5:30, 13:00 and 18:00 hours directly in the field plus leaf samples were collected, stored in the laboratory under conditions of darkness and low temperature (8 °C), were performed and weight measures hydric potential every half hour, with the goal of building pressure-volume curves. The results showed significant differences between the measurements of hydric potential at dawn to noon and sunset, resulting in all cases with high values from -0.9 to -1.2 MPa. The behavior of hydric parameters obtained from pressure-volume curve indicated high relative water content values in the first measurements, appreciating that as the leaf loses water low water potential, with an exponential trend until the relationship is becomes rectilinear *Cedrela odorata* indicating that hydric potentials can drop to -1.62 MPa. Moreover, the average elasticity of the cell wall was low (1.18), indicating that this species develops physiological mechanisms that allow tolerate hydric stress conditions in the Yaqui Valley, proving to be efficient in the use of water.

Key words: potential, cell wall elasticity modulus, water stress, *Cedrela odorata*.

Resumen

Este trabajo se realizó en una zona semidesértica del Valle del Yaqui, Sonora, México, con el objetivo de caracterizar parámetros hídricos en la especie *Cedrela odorata* L. para ello se seleccionaron diez árboles en una plantación de *Cedrela odorata* bajo riego por goteo con frecuencia cada tres días, a los cuales se les determinó el potencial hídrico a las 5:30, 13:00 y 18:00 horas directamente en campo, y además se colectaron muestras de hojas que fueron almacenadas en el laboratorio en condiciones de oscuridad y baja temperatura (8 °C), a las que se le realizaron medidas de peso y potencial hídrico cada media hora, con el objetivo de construir curvas presión-volumen. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las medidas de potencial hídrico al alba, con el mediodía y al atardecer, resultando en todos los casos con valores altos desde -0.9 hasta -1.2 MPa. El comportamiento de los parámetros hídricos obtenidos a través de la curva presión-volumen indicó altos valores de contenido hídrico relativo en las primeras mediciones, apreciando que a medida que la hoja pierde agua baja el potencial hídrico, con una tendencia exponencial hasta que la relación se vuelve rectilínea, indicando que en *Cedrela odorata* los potenciales hídricos pueden descender hasta -1.62 MPa. Por otra parte el promedio de elasticidad de la pared celular resultó bajo (1.18), lo cual indica que esta especie desarrolla mecanismos fisiológicos que le permiten tolerar el estrés hídrico en las condiciones del Valle del Yaqui, resultando ser eficiente para el uso del agua.

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

Palabras clave: potencial hídrico, módulo de elasticidad pared celular, estrés hídrico, *Cedrela odorata*.

Introducción

Los estudios de indicadores fisiológicos en plantas forestales constituyen una herramienta importante para entender los mecanismos de adaptación en condiciones de estrés hídrico, conocer los niveles de plasticidad y sus límites de tolerancia con vistas a programar las actividades necesarias para cada especie y de esta manera entender su respuesta fisiológica.

El agua es un recurso finito fundamental para el desarrollo socioeconómico, así como para la salud de los ecosistemas. La única manera en la cual un factor ambiental, como el agua, puede afectar el crecimiento de las plantas, es a través de su influencia sobre los procesos fisiológicos. Casi todos los procesos en la planta son afectados directa o indirectamente por el suministro de agua. Según Johnsen y Major (2004), el agua es un factor predominante que determina la distribución geográfica de la vegetación y de los árboles.

El crecimiento celular es uno de los procesos fisiológicos más sensibles al déficit hídrico, ya que una sequía severa reduce el área foliar y acelera la senescencia de las hojas maduras; además, la fotosíntesis y la transpiración se alteran debido a la reducción de la turgencia, el cierre estomático y el bloqueo de la difusión del CO₂ hacia el mesófilo. Por lo tanto, es conveniente caracterizar las especies cultivables en cuanto al grado de adaptación a la sequía y evaluar el comportamiento fisiológico, el cual se puede caracterizar mediante el ajuste osmótico y elasticidad de la pared celular, entre otros (Parra, Berril y Castañeda, 2002).

En la zona semiárida del Valle del Yaqui, Sonora, se está promoviendo la utilización de especies forestales con posibilidades de adaptación. Este trabajo presenta como objetivo caracterizar los parámetros hídricos de *Cedrela odorata* L. bajo estas condiciones.

Materiales y método

Ubicación de la plantación y selección del material vegetal

El trabajo se realizó en una plantación de *Cedrela odorata* L., ubicada en el Valle del Yaqui, 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'.

Para el estudio se seleccionaron diez árboles, mediante la adaptación del método descrito por Oliet (2001). Los árboles fueron seleccionados teniendo en cuenta igualdad en cuanto a características fenotípicas, considerando que fueran árboles sanos, vigorosos, de buen porte, estructura homogénea y con una distancia mínima de 5 m de separación entre ellos (Villaseñor et al., 2010).

Determinación del potencial hídrico

La determinación del potencial hídrico se realizó en horas del alba o pre-amanecer (5:30 am) a una temperatura de 21 °C y humedad relativa del 57 %, al mediodía (1:00 pm) a una temperatura de 38 °C y humedad relativa del 23 % y al atardecer (6:00 pm) con una temperatura de 32 °C y humedad relativa de 40 %, el día 11 de julio del 2012, correspondiendo a la estación de verano. Para ello se utilizó la cámara de Scholander o de presión mediante la adaptación del método descrito por Lenz et al. (2006), a partir del cual se tomaron muestras de siete árboles, seleccionados en igualdad de condiciones, considerando sus características fenotípicas (árboles sanos, vigorosos, de buen porte, de estructura homogénea y con una distancia mínima de separación entre ellos de 5 m). Posteriormente se colocó el material vegetal en el interior del cilindro de la cámara y se aplicó una presión la cual hizo que saliera una gota de agua en la superficie del tallo, marcando así en el manómetro de la cámara el potencial hídrico de madrugada (de base o al alba), mediodía y atardecer. Este procedimiento se realizó directamente en las condiciones de campo en árboles con riego cada tercer día y sin riego (estrés), para validar el efecto de la estabilización del riego sobre el estado hídrico de la planta y por consiguiente en sus funciones fisiológicas. Para realizar la determinación en las plantas sin riego se suspendió el mismo en una parte de la parcela experimental.

Los valores de potencial hídrico fueron

determinados considerando como factor las plantas con riego cada tercer día y con estrés y las horas de evaluación al alba, mediodía y atardecer, los cuales fueron analizados estadísticamente mediante la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, una vez demostrado que no se cumplieron los supuestos teóricos de normalidad y homocedasticidad de la varianza.

Construcción de curvas presión-volumen

Para construir las curvas presión-volumen, primeramente se seleccionó una hoja de cada árbol bajo la estabilización del sistema de riego por goteo y se realizó un corte limpio del peciolo, las cuales se colocaron en agua destilada, protegiéndolas contra la deshidratación y se almacenaron en el laboratorio en condiciones de oscuridad y baja temperatura (8°C). En horas de la mañana del día siguiente cada hoja se pesó, utilizando una balanza analítica de 0.0001 mg de precisión y se introdujo en el cilindro de la cámara de presión para determinar el valor de su potencial y posteriormente se dejó a libre exposición. El procedimiento se repitió hasta que el peso de la hoja fue constante en intervalos regulares de tiempo; luego de alcanzar bajos potenciales hídricos la muestra se colocó en una estufa a 80 °C durante 48 horas para determinar el peso seco. Se determinó el contenido hídrico relativo (CHR) de cada muestra mediante la siguiente expresión (Lenz et al., 2006):

$$\text{CHR} = \frac{\text{Pf} - \text{Ps}}{\text{Pt} - \text{Ps}} * 100$$

Dónde:

Pf: Peso fresco de la hoja

Ps: Peso seco de la hoja

Pt: Peso a máxima turgencia

El peso fresco se calculó como el peso promedio antes y después de la medición del potencial hídrico.

El peso a máxima turgencia se estimó mediante un análisis de regresión lineal entre el potencial hídrico y peso fresco, tomando los datos correspondientes a las primeras mediciones que ofrecieron un mayor grado de correlación según Kubiske y Abrams (1991). A partir de estos datos se elaboró la curva presión-volumen, en la cual el eje de las ordenadas representa el valor del inverso del potencial hídrico ($1/\Psi_w$) en MPa^{-1} y el eje de las abscisas, el valor de

1-CHR. En el eje de las abscisas, la escala normalmente empleada es de orden decreciente, iniciando por CHR igual al 100% en donde se cruzan los ejes.

Se determinó además la relación entre el peso turgente y el peso seco de las muestras.

Componentes del potencial hídrico

Una vez construida la curva presión-volumen se determinaron los componentes del potencial hídrico según metodología descrita por Azcon-Bieto y Talón (2001):

El contenido hídrico simplástico (CHS), determinado a partir de la extrapolación de la recta que relaciona $1/\Psi_w$ y 1-CHR.

El contenido hídrico relativo a turgencia cero (CHR^0), correspondiente al punto de inicio de la plasmólisis.

El potencial osmótico a plena turgencia (Ψ_s^{100}), mediante la extrapolación de la zona lineal de la curva presión-volumen, a partir del punto de pérdida de turgencia hasta el valor de $1/\Psi_w$ correspondiente al 100% del contenido de agua del tejido (CHR), siendo CHR al 100% el inverso de la presión de equilibrio, equivalente a la presión osmótica a plena turgencia.

El potencial osmótico a turgencia cero (Ψ_s^0), correspondiente al valor del potencial en el punto de inicio de la plasmólisis.

Además se determinó el módulo de elasticidad de la pared celular (e), utilizando la ecuación propuesta por De Almeida (1997):

$$e = \frac{P1 - P2}{R1 - R2} * (Rm - Ra)$$

Dónde:

P1: Presión en el punto 1

P2: Presión en el punto 2

R1: CHR en el punto 1

R2: CHR en el punto 2

Rm: Promedio de CHR de R1 y R2

Ra: Fracción de agua apoplástica.

Resultados y discusión

La disponibilidad de agua es un factor que determina en la distribución de las especies vegetales. El éxito de una repoblación forestal depende, en gran medida, de la capacidad de desarrollo de las plantas bajo situaciones de estrés

hídrico. En la figura 1, se presentan los valores obtenidos de potencial hídrico en horas del alba, mediodía y atardecer, mostrando diferencias significativas entre las medidas de potencial hídrico a las 5:30 con las 13:00 y 18:00 horas, no siendo así entre las 13:00 y 18 horas, manteniéndose con el mismo valor de potencial hídrico (-1.2 MPa) aun cuando al atardecer (18:00 horas) las temperaturas son menores.

De manera general los valores que se reportan de potencial hídrico en *Cedrela odorata* se consideran altos, lo cual pudiera deberse a la frecuencia de riego a la cual está sometida esta plantación (riego cada tercer día) que le permite independientemente de que se encuentre en una zona semiárida caracterizada por la sequedad del medio mantener potenciales hídricos elevados.

En las figuras 2, 3 y 4, se muestra el comportamiento de los datos obtenidos para la construcción de las curvas presión-volumen a partir de las pesadas y medidas de potencial hídrico a intervalos de tiempo de media hora, mostrando un comportamiento similar a los resultados de Azcon-Bieto y Talón (2001) y Polania *et al.*, (2003). Se observa que las primeras mediciones, al encontrarse las hojas saturadas, el contenido de humedad relativo resultó alto, por lo tanto, el potencial hídrico también resulta alto, ya que las células se encuentran hidratadas ocasionando que la

concentración de solutos sea baja, y como el potencial del agua pura es 0, el potencial hídrico de las hojas saturadas será cercano a cero. Se aprecia que a medida que la hoja perdió agua, el potencial hídrico bajó, con una tendencia exponencial hasta que la relación se volvió rectilínea; las células deshidratadas retienen el agua que les queda a altos potenciales, debido a diferentes mecanismos, como el ajuste osmótico. En *Cedrela odorata* L. el potencial hídrico puede descender hasta valores de -1.62 MPa.

Por otra parte, con la regresión lineal se estimó el valor del peso a máxima turgencia, resultando en 2.29 g, el cual permitió el cálculo del contenido hídrico relativo.

Para la especie en estudio, la relación existente entre peso turgente/peso seco de las hojas, la cual estima la acumulación de solutos en el tejido, se encuentra en un valor de 7.63; relativamente alto comparado con los obtenidos por Ruiz (1999), en chachafruto que fue de 0.22 y Polania *et al.*, (2003) en caña de azúcar que osciló de 3.27-3.49, lo cual indica que la especie *Cedrela odorata* es altamente eficiente en el uso del agua.

La figura 5, muestra la extrapolación de la recta a partir del punto de inicio de la plasmólisis, obteniendo el valor de potencial osmótico a plena turgencia mediante la ecuación de la regresión con un R^2 de 0.99.

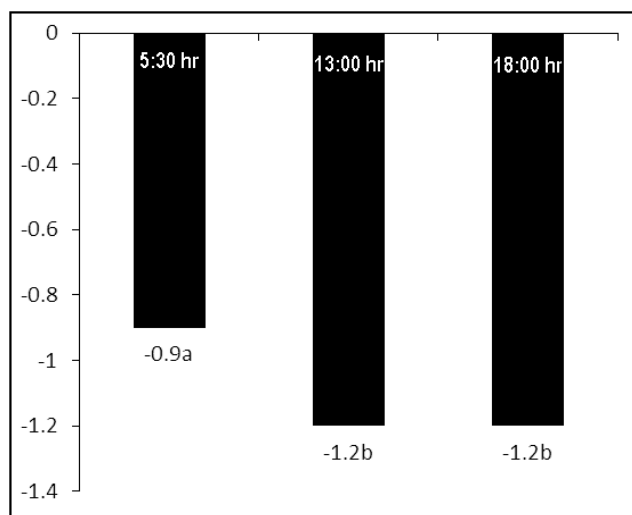


Figura 1. Valores medios de potencial hídrico por horas para *Cedrela odorata* L.

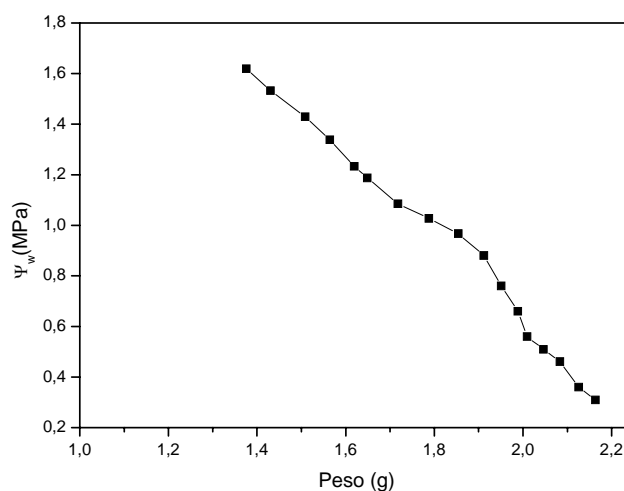


Figura 2. Medidas de potencial hídrico y peso fresco de las hojas de *Cedrela odorata* L. en intervalos cada 30 minutos.

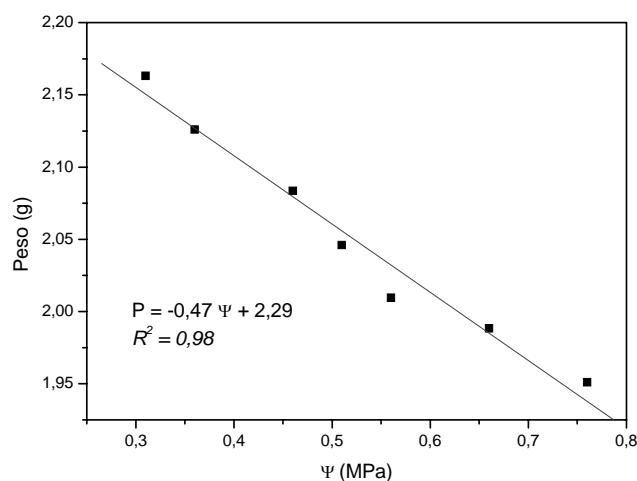


Figura 3. Representación de la regresión lineal para estimación del peso a máxima turgencia.

En la tabla 1, se presentan los parámetros hídricos calculados a partir de la curva presión-volumen.

En cuanto a los parámetros hídricos calculados el contenido hídrico simplástico se encontró en un 59%, y el contenido hídrico relativo a turgencia cero resultó en un 81 %, esto indica que la planta inicia la plasmólisis celular con una pérdida de un 19 % del contenido hídrico relativo. El potencial osmótico a plena turgencia y a turgencia cero se encontró en valores de -0.66 y -0.87 respectivamente, los cuales permiten la absorción de agua y el mantenimiento

de la turgencia celular.

La especie *Cedrela odorata* mostró un valor promedio de elasticidad de la pared celular bajo (1.18 MPa), lo cual indica un ajuste elástico por lo que esta especie desarrolla mecanismos fisiológicos que le permiten mantener la turgencia celular en las condiciones del Valle del Yaqui, resultando eficiente en el uso del agua. Azcon-Bieto y Talón (2001), plantean que especies con menores módulos promedio de elasticidad de la pared celular son más tolerantes al estrés hídrico, al ser más elásticas sus

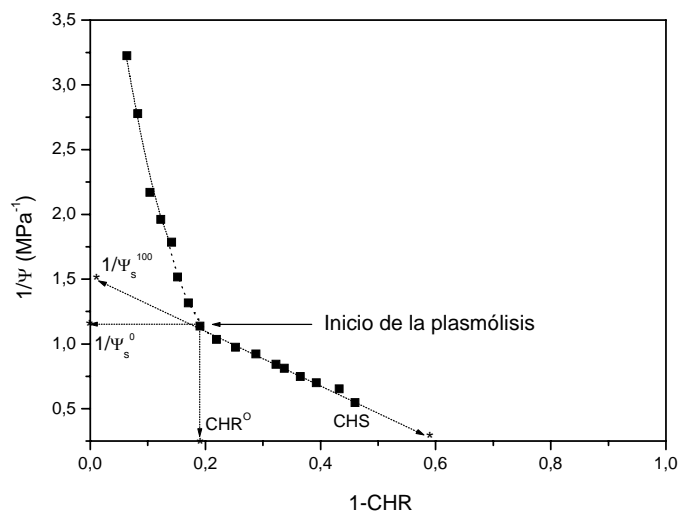


Figura 4. Curva presión-volumen para *Cedrela odorata* L.

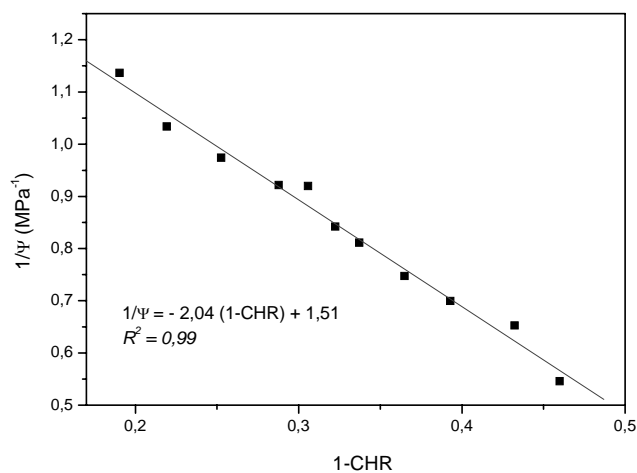


Figura 5. Potencial osmótico a plena turgencia (Ψ_s^{100}) .

Tabla 1. Parámetros hídricos calculados a partir de la curva presión-volumen en la especie *Cedrela odorata* L.

Parámetros hídricos	Valor medio	Unidad
Contenido hídrico simplástico (CHS)	59±1,62	%
Contenido hídrico relativo a turgencia cero (CHR ⁰)	81±1,03	%
Potencial osmótico a plena turgencia (Ψ_s^{100})	0,54±0,05	MPa
Potencial osmótico a turgencia cero (Ψ_s^0)	0,87±0,14	MPa
Módulo de elasticidad de la pared celular (e)	1,18±0,04	MPa

células, ya que presentan una alta tasa de ajuste que les sirve para retener agua a diferentes potenciales hídricos.

Lenz *et al.* (2006), refieren que las paredes celulares más elásticas presentan menores valores de módulo de elasticidad de la pared celular, permitiendo el ajuste de la pared a medida que entra o sale agua de la célula y se mantuvo una presión constante fundamental para seguir con los diversos procesos fisiológicos de la planta. Por su parte Ruiz (1999), agrega que paredes celulares rígidas con altos módulos volumétricos de elasticidad no permiten tal ajuste y por lo tanto, no son capaces de mantener su presión, la cual no es suficiente para mantener la tasa de división celular y otros procesos de vital importancia para la planta.

Algunos investigadores han medido el módulo de elasticidad de la pared celular en algunas especies. Lenz *et al.* (2006), reportan para *Prosopis pallida* módulos de elasticidad de 16-24 MPa y Corcuera (2003), para el género *Quercus* valores entre 11-20 MPa. Si se comparan los valores obtenidos por estos autores se puede decir que la especie en estudio es más tolerante al estrés hídrico.

Conclusiones

Se muestran diferencias significativas entre las medidas de potencial hídrico en *Cedrela odorata* L. al alba con el mediodía y atardecer, no siendo así en estas últimas, resultando en todos los casos valores altos desde -0.9 hasta -1.2 MPa.

Los parámetros hídricos obtenidos a través de la curva presión-volumen indican que a medida que la hoja pierde agua baja el potencial hídrico hasta -1.62 MPa con una tendencia exponencial hasta que la relación se vuelve rectilínea.

El promedio de elasticidad de la pared celular resultó bajo (1.18), lo cual indica que esta especie desarrolla mecanismos fisiológicos que le permiten tolerar el estrés hídrico en las condiciones del Valle del Yaqui, resultando ser eficiente para el uso del agua.

Bibliografía

- Azcon-Bieto J. y M. Talon. 2001. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Interamericana McGraw - Hill. España. 450 p.
- Corcuera, L. 2003. Comparación de dos métodos para generar curvas presión-volumen en especies de género *Quercus*. Invest. Agrar.: Recur. For. 12 (1): p111-121.
- De Almeida, Francisco. 1997. En: Curso de relaciones hídricas. Corpoica. English (US). p 11.
- Johnsen, K.H y J.E. Major. 2004. Técnicas ecofisiológicas en la evaluación de germoplasma. Manejo de Recursos genéticos forestales. Documentos presentados en el segundo Seminario Taller sobre Manejo de Recursos Genéticos Forestales realizado los días 11 y 12 de Abril de 1995 en la Universidad Autónoma de Chapingo. Segunda Edición. Comisión Nacional Forestal. p 159.
- Kubiske, M. E. y M. D. Abrams. 1991. Seasonal, diurnal and rehydration- induce variation of pressure-volume relationships in *Pseudotsugamenziesii*. *Physiologia Plantarum* 83:107-116.
- Lenz, T., Wright, I. and Westoby, M. 2006. Interrelations among pressure-volume curve traits across species and water availability gradients. *Physiologia Plantarum*. (127) 423-433.
- Oliet, P.J. 2001. Aplicaciones de la medida del estado hídrico en el viverismo. Universidad de Cordova, Dpto. Ingeniería Forestal. España. 17 p.
- Parra, R; Becerril, E. y C. Castañeda. 2002. Transpiración, resistencia estomática y potenciales hídricos en Manzano injertado sobre porta injertos clonales. Vol. 20 (2) No. 2. <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/2/art113-121.pdf>. México.
- Polania J.A.; S. Mejía de T., L. Rodríguez A. 2003. Curva Presión Volumen de la caña de azúcar variedad CC 8592 en condiciones del Valle del Cauca. *Acta Agronómica* Vol. 52 (1-4). p. 71-76.
- Ruiz J. 1999. Potencial hídrico y curva presión volumen en Chachafruto *Erythrina edulis*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 60 p.
- Villaseñor, L.O. y B.R. Cabanillas. 2010. Establecimiento de plantaciones forestales comerciales con sistema de riego por goteo en suelos agrícolas del Valle del yaqui, México. Vol. 20. *Revista Forestal Baracoa*, Cuba. p.39