

CRECIMIENTO RADIAL DE MADERA DE NOGAL PECANERO
(*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) BAJO DIFERENTES LÁMINAS DE RIEGO

RADIAL GROWTH OF PECAN (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) WOOD UNDER
DIFFERENT WATER DEPTHS

Guillermo González Cervantes¹; José Luis González Barrios¹; María del C. Potisek Talavera¹; Luis M. Valenzuela Núñez¹; Armando López Santos²

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, INIFAP. km 6+500, margen derecha canal Sacramento, Gómez Palacio, Durango, México. Correo-e: gonzalez.guillermo@inifap.gob.mx

(*Autor para correspondencia)

²Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo, Domicilio conocido, Ciudad Bermejillo, Dgo.

RESUMEN

El nogal presenta una distinción genética debido a la formación de anillos producto del crecimiento anual, que resulta de los cambios entre factores ambientales, de manejo y genéticos en la productividad del nogal. Lo anterior condujo a realizar este estudio con el objetivo de describir las relaciones existentes entre la disponibilidad de agua a partir de la lámina anual de riego y el crecimiento anual de madera (anillos), con la ayuda de un sistema analizador de imagen. La observación y análisis de estas imágenes permitió distinguir la amplitud del crecimiento anual en relación con la lámina de riego, lo cual permitió identificar tres grupos: los crecimientos de madera con estrés hídrico (0.6 mm), sin estrés hídrico (2.3 a 2.7 mm) y con agua en exceso (4.2 mm).

PALABRAS CLAVE: Análisis de imagen, anillos de crecimiento, lámina de riego.

ABSTRACT

Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) has a genetic distinction due to the formation of annual growth rings, as a result of changes among environmental, management and genetic factors in the productivity of pecan. Such asseverations conducted to carry out the present study with the objective of describing the relationship between water availability corresponding to annual irrigation and annual wood growth (rings) using an image analyzer. Comments and analysis of these images allowed us to distinguish the extent of annual growth in relation to the irrigation. As a result, three groups were identified: wood growth with water stress (0.6mm), without water stress (2.3 to 2.7 mm) and with water excess (4.2 mm).

KEYWORDS: Image analysis, growth rings, water depth.

INTRODUCCIÓN

La producción de nuez pecanera en México aumentó de 40 mil a 80 mil toneladas en el periodo 1990-2010, lo que significa un incremento del 100 %. Dado que sólo el 5 % de los huertos están bajo condiciones de temporal, en el 95 % de la superficie restante el agua ha desempeñado un papel importante. Por ello los sistemas de riego en México, y particularmente en los estados de Chihuahua y Coahuila, que en conjunto aportan el 82 % de la producción nacional de nuez, se han venido actualizando tecnológicamente con el fin de incrementar la eficiencia y disponibilidad del agua hacia el sistema radicular. En otro contexto, el nogal pecanero se clasifica como un árbol caducifolio de la familia de las angiospermas. Éste presenta una distinción genética debido a la formación de anillos producto del crecimiento anual. En esta familia el flujo de la savia se realiza por un sistema conductor compuesto por el xilema y el floema (February *et al.*, 1995). El xilema conduce la savia bruta (Reyes *et al.*, 2002). El crecimiento anual de madera en coníferas es la información almacenada por el árbol (Vysotkaya y Vaganov, 1989) y es el resultado de la actividad cambial que muestra la influencia de factores ambientales (temperatura, humedad, frío, etc.), manejo (de agua, nutrición, poda, etc.) y genéticos (variedad y edad) que impactan en la productividad de los nogales. Lo anterior condujo al siguiente objetivo: describir el impacto del manejo de agua en el crecimiento anual de madera a partir de las relaciones existentes entre la lámina total de riego y el espesor o amplitud de dicho crecimiento, con la ayuda de un sistema analizador de imagen (Bouma *et al.*, 1979; German y Beven, 1981; Bullock y Mc Keague, 1984; Bruand, 1986; Curmi, 1988; Hallaire, 1997., Hallaire *et al.*, 1997; González 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en huertas de nogal pecanero de productores cooperantes situadas en la Comarca Lagunera (103° de longitud oeste y 25° de latitud norte) en los límites de los estados de Coahuila y Durango. La mayoría de las nogaleras están establecidas en suelos calcáreos aluviales profundos del cuaternario, a lo largo de los ríos Nazas y Aguanaval (Loyer y Moriaud, 1996), de textura que varía de franco a franco arenoso. Para describir la relación del crecimiento anual de madera y la disponibilidad de agua en suelo, se realizó un recorrido de campo sobre nogaleras establecidas en diversas partes de la Comarca Lagunera; ello permitió establecer un transecto de estudio del municipio de Nazas, Durango, hacia Gómez Palacio, Torreón, San Pedro y Matamoros, a través de la selección de huertos con diferente manejo de agua y suelo, que se muestran en el Cuadro 1.

Para la selección y obtención de muestras de madera de nogal, en cada huerto se seleccionaron tres árboles de características similares en tamaño y copa del árbol, y enseguida se procedió a coleccionar ramas verticales de diámetro de 15 a 20 cm. Esto se realizó durante la poda del cultivo en los meses

INTRODUCTION

Pecan nut production in Mexico increased from 40,000 to 80,000 tons in the period 1990-2010, which means an increase of 100 percent. Since only 5 % of the orchards are under rainfed conditions, in the remaining surface (95 %) water has played an important role. Therefore, irrigation systems in Mexico, particularly in Chihuahua and Coahuila, which together provide 82 % of the national production of pecan nut, have been technologically updated in order to increase the efficiency and availability of water to the root system. In another context, pecan tree is classified as a deciduous tree belonging to the family of angiosperms. Pecan tree presents a genetic distinction due to the formation of annual growth rings. In this family the sap flow is performed by a conductive system composed of xylem and phloem (February *et al.*, 1995). Xylem conducts crude sap (Reyes *et al.*, 2002). The annual growth of coniferous wood is the information stored per tree (Vysotkaya and Vaganov, 1989) and is the result of cambial activity showing the influence of environmental (temperature, humidity, cold, etc.), management (of water, nutrition, pruning, etc.) and genetic (variety and age) factors affecting the productivity of pecan trees. This led to the following objective: describe the impact of water management in the annual wood growth from the relationship between total irrigation depth and thickness or extent of that growth, using an image analyzer (Bouma *et al.*, 1979; German and Beven, 1981; Bullock and Mc Keague, 1984; Bruand, 1986; Curmi, 1988; Hallaire, 1997., Hallaire *et al.*, 1997; González 2002).

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in pecan orchards of cooperating producers located in the Laguna region (103° W and 25° N) within the limits of Coahuila and Durango. Most pecan trees are on deep quaternary alluvial calcareous soils along the rivers Nazas and Aguanaval (Loyer and Moriaud, 1996), with texture ranging from loam to sandy loam. To describe the relationship of annual wood growth and water availability in soil, we visited pecan trees orchards established in different parts of the Laguna region, this allowed to establish a transect study of Nazas, Durango, to Gómez Palacio, Torreón, San Pedro and Matamoros, through the selection of orchards with different soil and water management, as shown in Table 1.

A total of three trees of similar size and crown were selected in each orchard for selecting and collecting samples of pecan wood, and immediately we proceeded to collect vertical branches with a diameter of 15 to 20 cm. This was done during crop pruning (December to February); then, the sample was taken to the laboratory for analysis.

Branches were cut into slices with a diameter of 10-20 cm and 5 cm thick, for the characterization and morphology of growth rings. Then, we proceeded to polish the surface of

CUADRO 1. Características generales de las huertas seleccionadas.

TABLE 1. Main features of the selected orchards.

Municipio / Municipality	Sistema de labranza / Tillage System	Sistema de riego / Irrigation System	Lámina de riego anual / Annual irrigation (m)	Producción / Production (t-ha ⁻¹)
Gómez Palacio	Discos / Disk	gravedad / gravity	0,6	0,3
Torreón	Discos / Disk	aspersión / spraying	1,3 – 1,5	0,7
San pedro	Cero / Zero	aspersión / spraying	1,3 – 1,6	1,2
Mieleras	Discos / Disk	gravedad / gravity	1.6-1.7	1.4
Nazas	Discos / Disk	gravedad / gravity	> 1.9	2

de diciembre a febrero, y luego la muestra se trasladó al laboratorio para su análisis.

Para la caracterización y morfología de los anillos de crecimiento, las ramas se cortaron en rodajas con un diámetro de 10 a 20 cm y 5 cm de espesor. Enseguida se procedió a pulir la superficie de la rodaja con diferente grano de lija hasta dejar una superficie lisa y homogénea, para después aplicar un marcador (fluoroglucinol) que penetra en la madera y a base de contraste de color se diferencia el material sólido del espacio vacío o sistema de conducción. Después se obtienen imágenes de la superficie de las rodajas con la ayuda de una cámara digital (OLIMPUS CCD) de 4.1 megapíxeles, conectada a un microscopio estereoscópico (OLIMPUS) a una distancia de 10 mm, bajo una matriz rectangular de 14 x 10 mm, o sea 140 mm² (Figura 1), con una resolución de 6 µm por píxel; esto permite medir la amplitud del anillo y describir la morfología de los espacios conductores. El análisis de cada imagen se realizó con la ayuda de un analizador Image Pro Plus® v4.5 (Media Cibernética, Maryland, USA) bajo microcomputadora personal en el laboratorio de imagen del Cenic-Raspa-INIFAP.

La caracterización morfológica sobre cada anillo de crecimiento de la superficie a analizar, se realizó a partir de la amplitud del crecimiento anual mediante operaciones morfológicas matemáticas directamente en el programa computacional Image Pro Plus®, para ello, con anterioridad se debe calibrar dicho programa a partir de la digitalización de una hoja milimétrica que permite definir la matriz rectangular y la resolución espacial de análisis.

the slice using different grain sandpaper to leave a smooth and homogeneous surface, and later we applied a marker (phloroglucinol) that penetrates into the wood and based on color contrast we differentiate solid material from the empty space or conductive system. Then, surface images of the slices are obtained using a digital camera (OLIMPUS CCD) of 4.1 megapixels, connected to a stereoscopic microscope (OLIMPUS) at a distance of 10 mm, under a rectangular array of 14 x 10 mm, i.e., 140 mm² (Figure 1), with a resolution of 6 µm per pixel, this allows to measure the extent of the ring and describe the morphology of the conductive areas. The analysis of each image was performed using an analyzer Image Pro Plus® v4.5 (Cyber media, Maryland, USA) using a microcomputer in the imaging laboratory of Cenic-Raspa-INIFAP.

The morphological characterization on each growth ring of the surface to be analyzed was performed from the extent of the annual growth by means of mathematical morphological operations using the Image Pro Plus® software program. For this purpose, this program must be calibrated previously scanning a millimeter paper that defines the rectangular array and the analysis spatial resolution.

RESULTS

Figures 2, 3 and 4 show the results of the image analysis of pecan trees, variety Western in relation to wood growth with different water management. Comments on these figures allow to differentiate the growths. The pecan orchard at Gómez Palacio, under gravity irrigation system and annual water depth of 0.6 mm, is characterized by having an annual

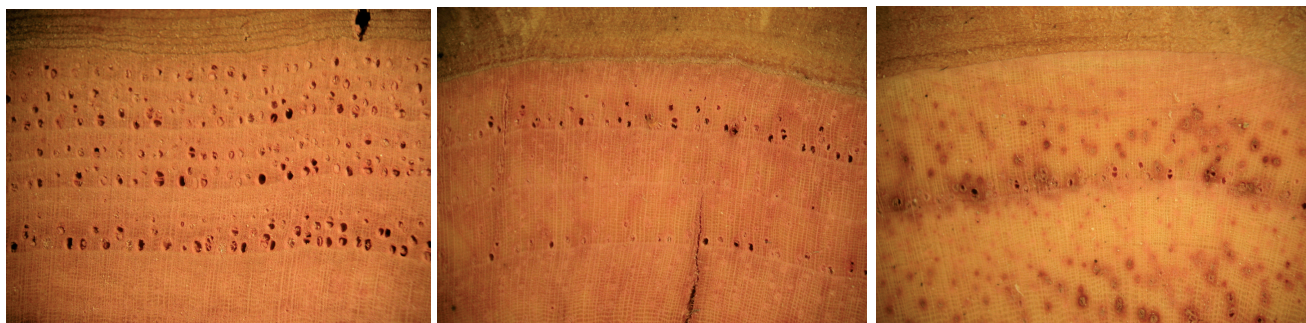


Figura 1. Superficie de madera de nogal para el análisis morfológico.
Figure 1. Pecan wood surface for morphological analysis.

Crecimiento anual / annual growth (mm)



Figura 2. Árbol de nogal con un crecimiento anual de 0.6 mm.
Figure 2. Pecan tree with annual growth of 0.6 mm.

Crecimiento anual / annual growth (mm)

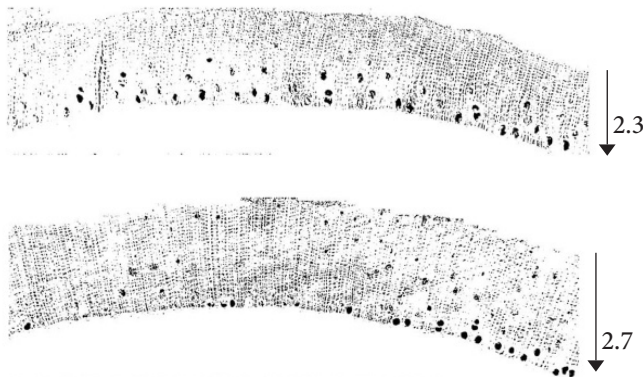


Figura 3. Árbol de nogal y el crecimiento anual de madera.
Figure 3. Pecan tree and annual wood growth.

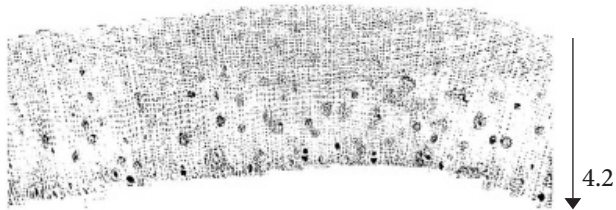


Figura 4. Crecimiento anual de madera y morfología del sistema de conducción.
Figure 4. Annual wood growth and morphology of the conductive system

RESULTADOS

Las Figuras 2, 3 y 4 presentan los resultados obtenidos del análisis de imagen de nogales de la variedad Western en relación al crecimiento de madera, con diferente manejo de agua. La observación de dichas figuras permite diferenciar los crecimientos.

La huerta de nogal establecida en el municipio de Gómez Palacio bajo un sistema de riego por gravedad y una lamina anual de 0.6 metros, se caracteriza por presentar un crecimiento anual de madera de 0.6 mm al año. Este crecimiento reducido impacta en la morfología y distribución espacial del sistema de conducción, según se observa en la misma figura.

A diferencia de huertos de nogal bajo el mismo sistema de irrigación (gravedad) pero con un incremento de lámina

wood growth of 0.6 mm per year. This reduced growth has impact on the morphology and spatial distribution of the conductive system, as shown in the following figure.

Unlike pecan orchards under the same irrigation system (gravity) but with an annual increase of 1.2 to 1.6 meters water depth, these pecan trees are characterized by having an increase in growth ranging from 2.3 to 2.7 mm, respectively (Figure 3); this growth is associated with better spatial distribution of pores conductors of crude sap.

Moreover, orchards using a water depth of 1.9 meters under gravity irrigation show an annual growth up to 4.2 mm, with a great impact on the morphology of the conductive system of water and mineral salts.

Comments and analysis of these images allowed to distinguish the extent of annual growth with respect to the irrigation applied, As a result, three groups were observed: wood growth with water stress (0.6mm), without water stress (2.3 to 2.7 mm) and with water excess (4.2 mm).

CONCLUSIONS

The image analysis technique allowed to distinguish the annual wood growth and volume of water applied to the soil, as shown by the increase of the extent of the formation of annual rings with a direct relationship to increased irrigation applied. Traditional methods to quantify the annual wood growth do not allow to describe the morphology of growth rings; on the contrary, the analysis of image provides a better description and allow us to differentiate the extent of growth of pecan wood with different water depths.

anual de 1.2 a 1.6 metros, estos nogales se caracterizan por presentar un incremento en el crecimiento que varía de 2.3 hasta 2.7 mm, respectivamente (Figura 3); dicho crecimiento se acompaña de una mejor distribución espacial de los poros conductores de savia bruta.

Por su parte, las huertas que utilizan una lámina anual de 1.9 metros bajo riego por gravedad presentan un crecimiento anual de hasta 4.2 mm, con un impacto excelente en la morfología del sistema de conducción de agua y sales minerales

La observación y análisis de estas imágenes permitió distinguir la amplitud del crecimiento anual respecto de la lámina de riego aplicada, con base en lo cual se pueden distinguir tres grupos: los crecimientos de madera con estrés hídrico (0.6 mm), sin estrés hídrico (2.3 a 2.7 mm) y con agua en exceso (4.2 mm).

CONCLUSIONES

La técnica del análisis de imágenes permitió distinguir el crecimiento anual de madera y el volumen de agua aplicada al suelo, como lo muestra el incremento de la amplitud de la formación de los anillos anuales con una relación directa al incremento de la lámina de riego aplicada. Los métodos tradicionales para cuantificar el crecimiento anual de madera no permiten describir la morfología de los anillos de crecimiento; por el contrario, la obtención y análisis de imagen permiten una mejor descripción y diferenciar la amplitud de crecimiento de madera de los nogales con diferente lámina de agua aplicada.

LITERATURA CITADA

- Bouma, J.; Jongerius, A.; Schoonderbeek, D. 1979. Calculation of saturated hydraulic conductivity of some pedal clay using micromorphometric data *Soil Sci. Soc. Am J.*, 43, 261-264 p.
- Bruand, A. 1986. Contribution à l'étude de la dynamique de l'espace poral. Utilisation des courbes de retrait et des courbes de rétention d'eau. *Sci. Sol*, 24, 351-362 p.
- Bullock, P.; McKeague, J. A. 1984. Estimating air-water properties of a clay soil. *Comptes Rendus du colloque fonctionnement hydrique et comportement des sols*, Dijon, 22-25 mai 1984, A.F.E.S., 55-67 pp.
- Curmi, P. 1988. Structure, espace poral du sol et fonctionnement hydrique. Analyse de quelques cas concrets. *Sci. Sol*, 26, 3, 203 - 214 p.
- February Ed C.; Stock, W. D.; Bond, W. J.; Le Roux, D. J. 1995. Relationships water availability and selected vessel characteristics in eucalyptus grandis and two hybrids. *IAWA Journal Vol 16(3)* 269-276.
- German, P.; Beven, K. 1981. Water flow in soil macropores. I. An experimental infiltration. *J. Soil Sci.*, 32, p. 1-13
- González, C. G. 2002. Fonctionnement hydrodynamique des sols de versant en amont de petits barrages en region semi-aride du Nord Mexique (Ranch Atotonilco). Thèse de doctorat, Université d'Angers, France.
- Hallaire, V. 1997. Description of microcrack orientation in a clayey soil using image analysis. (A.j. Ringrose-Voase, Gs Humphreys, eds) Elsevier, Amsterdam.
- Hallaire, V.; Curmi, P.; Widiatmaka. 1997. Morphologie de la porosité et circulations préférentielles en saturé. Cas des horizons d'un système pédologique armoricain. *Etude et Gestions des sols*, 4,2. 115-126 pp.
- LOYER J. Y.; MORIAUD S. 1996. Tipología de las unidades de paisaje en la Región Hidrológica 36. Uso y manejo del Agua en las Cuencas Hidrográficas del Norte de México. Proyecto CENID RASPA y ORSTOM. Folleto Científico No. 6 INIFAP-ORSTOM. Gómez Palacio Dgo. 117 p.
- Reyes Santamaria, I.; Terrazas, T.; Barrientos-Priego, A.; Trejo, C. 2002. Xylem conductivity and vulnerability in cultivars and races of avocado. *ELSEVIER, Scientia Horticulturae* 92 (2002) 97-105
- Vysotskaya, L. G.; Vaganov, E. A. 1989. Components of variability of radial cell size in tree rings of conifers. *IAWA, bulletin n.s.*, Vol 10(4) 417-428.