

DISTRIBUCIÓN DE LUZ EN NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis*) DESPUÉS DEL ACLAREO DE HUERTAS CON PROBLEMAS DE SOMBREO

J. A. Hernández de Santiago, J. G. Arreola Avila,
R. Trejo Calzada, A. Flores Hernandez

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. UACH. Apdo. postal 8, 35230. Bermejillo, Dgo. México.

RESUMEN. El experimento se llevó a cabo en el año 2005, en una huerta adulta de nogal pecanero con problemas de sombreo. El objetivo fue evaluar la distribución de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) dentro del dosel del árbol y crecimiento del brote después del aclareo. Se realizaron tres tratamientos de aclareo de la huerta: 0% (testigo), 25% y 50% de árboles eliminados. Se realizaron lecturas en diferentes puntos y direcciones cardinales de la copa del árbol después del aclareo. Las lecturas de la RFA fueron medidas a las 9:00 y 12:00 horas una sola vez a finales de Julio. La eliminación de árboles favoreció la penetración de luz en el interior de la copa, la elevada cantidad de luz observada en la parte superior y periférica de la copa, disminuyó en la parte inferior e interna de la misma. En cuanto a la orientación sobresalieron el S y SE con mayor intercepción de RFA en contraste los puntos N y NW, con menor captación. El mayor crecimiento del brote se observó en el S y el menor en el NW. Los resultados del estudio indican que en huertas adultas existe una elevada proporción de la copa con RFA menor del 50%, esta condición afecta negativamente la actividad fotosintética y por consecuencia la eficiencia de los insumos utilizados.

Palabras clave: Radiación Fotosintéticamente Activa, crecimiento del brote, huerta adulta, orientación.

SUMMARY. This study was carried out in 2005 in an adult pecan orchard, with the objective to evaluate the distribution of Photosynthetic Active Radiation (PAR) inside the tree canopy, and shoot growth after thinning the orchard. Readings in different points and orientations of tree canopy were carried out after tree thinning, only once at nine and twelve o'clock in late July. Removing of trees affected sunlight penetration in side the tree canopy. Light intensity was reduced from the upper toward the lower tree canopy. Higher values of PAR readings were found in the S and SE orientation, in contrast to N and NW canopy sides. The S canopy side showed higher shoot growth than the NW tree canopy. The results in this study indicated that in adult pecan orchards, there is a considerable proportion of the tree canopy with PAR values lower than 50%, this condition affects the Photosynthetic activity and utilized input.

Key words: Photosynthetic active radiation, shoot growth, adult orchard, orientation.

INTRODUCCIÓN

La superficie cultivada de nogal en la Comarca Lagunera es de 5,917 ha, de las cuales el 40% está establecido en los municipios del estado de Durango y el resto en los municipios del estado de Coahuila.

En cuanto a la participación municipal en la Comarca Lagunera, el municipio de Nazas aporta el 29.3% del total, seguido por Gómez Palacio (Dgo.) y San Pedro de las Colonias (Coah.).

Actualmente Nazas tiene una superficie nogalera de 1,500 ha plantadas con variedades Western y Wichita, que representa el mayor de los ingresos en este municipio, con un promedio de 2, 000 toneladas por año, a razón de 1.5 toneladas por hectárea.

El nogal pecanero requiere altas cantidades de luz para tener una alta eficiencia fotosintética. Por lo tanto el sombreo reduce de manera significativa el crecimiento estacional del brote, y tiene un efecto negativo en la producción, estabilidad y calidad de la nuez.

En el municipio de Nazas, Dgo. el 90% de las huertas que equivalen a una superficie de 1,350 ha son adultas. El problema de sombreo debido al entrecruzamiento de ramas entre árboles vecinos, se encuentra actualmente presente en 1,100 ha aproximadamente, esto equivale al 81% de la superficie de huertas adultas en producción.

La información disponible sobre la penetración de luz dentro de la copa del árbol y crecimiento del brote en huertas de nogal pecanero después del aclareo o

eliminación de árboles, es escasa. Por lo tanto, la propuesta de este estudio, fue evaluar la incidencia de radiación fotosintéticamente activa dentro de la copa del árbol y el crecimiento del brote, después del aclareo de árboles, en una huerta en producción sombreada de nogal pecanero.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área. El presente trabajo de aclareo de árboles se llevo a cabo en enero del 2005, en una huerta de nogal pecanero de 32 años de edad, localizada en el municipio de Nazas. El cual se localiza al noroeste del estado de Durango en las coordenadas 25°13'34'' de latitud norte y 104°06'39'' longitud oeste; a una altura de 1,250 metros sobre el nivel del mar.

El clima característico del municipio es tanto el templado subhúmedo (Cb (W_0) (W)) como el seco o estepario (Bs1kw). La temperatura media anual es de 20.8°C. La precipitación media anual es de 300 milímetros. La evaporación media anual es de 1,965.50 milímetros. La primera helada se registra en el mes de octubre y la última en el mes de marzo.

Metodología. La huerta está plantada a una densidad de 122 árboles por ha, en un sistema de tres bolillo y con problemas severos de sombreo, con baja producción y notable alternancia a través de los años. Dos tratamientos de aclareo de árboles (25% o 50% de árboles eliminados) fueron llevados a cabo en el año 2005, en dos secciones de la huerta de 0.5 ha respectivamente. Dejando 92 y 61 árboles por ha después de la eliminación de árboles; un tercer tratamiento fue considerado como testigo sin aclarear.

Variables evaluadas. Para medir las variables propuestas en este estudio, en cada sección aclareada y no aclareada fueron medidas las circunferencias de los troncos de los árboles. Fueron medidos y seleccionados aquellos árboles que tenían una circunferencia de 115 cm. a 50 cm. del suelo. Para llevar a cabo las evaluaciones de las variables propuestas, fueron seleccionados cuatro árboles al azar por cada tratamiento.

Radiación Fotosintéticamente Activa. Se analizaron lecturas de RFA tomadas dentro de la copa a 1.5, 3, 4.5 y 6 m del tronco hacia la periferia de la copa y a 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5 y 10 m. a partir del piso de la huerta hacia la parte superior de la copa. Estas lecturas se realizaron alrededor del árbol, considerando cada uno de 8 lados del árbol como sigue: N, Ne, E, Se, S, Sw, W y Nw. Utilizando una cuerda de 6 m. de longitud para localizar cada punto de las lecturas. Para poder acceder a cada uno de los puntos del dosel se utilizó una torre

para podar. La medida de la densidad de flujo de fotones de la RFA fue tomada en el mes de julio por única vez a las 9:00 y 12:00 horas. Se utilizó un sensor de luz LI-191 SB (Li-COR., Inc. Lincoln, Ne).

Para la evaluación de crecimiento de brote, se seleccionaron 10 brotes que fueron localizados en el exterior de la periferia, localizada en cada uno de los ocho planos en cada árbol, donde se seleccionaron y etiquetaron para determinar su longitud.

Análisis estadístico. Para determinar el efecto de la eliminación de los árboles sobre la RFA dentro de la copa de estos, se utilizó un diseño experimental completamente al azar con clasificación anidada, usando el siguiente modelo:

$$RFA = \text{trat rep}(\text{trat}) \text{ dist rep}(\text{trat*dist}) \text{ orienta};$$

Donde:

trat= grado de aclareo (0, 25% y 50%)
 rep= número de repeticiones (4)
 dist= altura dentro de la copa (1.5, 3, 4.5, 6, 7.5 y 10m)
 orienta= orientación dentro de la copa (N, Ne, E, Se, S, Sw, W y Nw)

La penetración de RFA se analizó para las distancias a partir del tronco de 1.5, 3, 4.5 y 6 m respectivamente. Se reportan las medias de luminosidad, de distancia, altura y orientación para los tres niveles de aclareo. El análisis para longitud del brote se determinó considerando el siguiente modelo, utilizando para ello el paquete estadístico SAS (1991), Sistema para modelos lineales.

Longitud del brote = $\text{trat rep}(\text{trat}) \text{ brote rep}(\text{trat*brote}) \text{ orienta}$

Donde:

trat= aclareo (0, 25% y 50%)
 rep= número de repeticiones (4)
 orienta= posición de los brotes en la periferia de la copa (N, Ne, E, Se, S, Sw, W y Nw)
 brote= número de brote

Los datos se introdujeron al modelo estadístico como sigue: para la primer distancia la cual fue de 1.5 m a partir del tronco, en donde se analizaron las seis alturas para cada uno de los ocho rumbos para las dos horas, 9:00 y 12:00 horas respectivamente. Posteriormente se corrieron los datos para la siguiente distancia que era la de 3 m con la única diferencia de que no fueron seis alturas sino cuatro, esto es debido a la conformación de la copa, ya que solo cuatro de las seis alturas establecidas al principio contaban con área foliar en la

cual se realizó la lectura. Las posteriores distancias a partir del tronco como son la de 4.5 y 6 m también fueron afectadas por la conformación de la copa, ya que para la primera solo se consideraron tres y para la segunda solo dos alturas. La RFA a 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5 y 10 m partir del piso de la huerta se determinó en forma similar a la distancia a partir del tronco; para la primer altura, 1.5 m, se consideraron ocho valores, para la altura de 3 m, se consideraron ocho valores, para altura de 4.5 m se consideraron 16 valores, para la altura de 6.0 se consideraron 24 y para las alturas de 7.5 y 10 m se consideraron 32 valores por árbol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de árboles después del aclareo. Al evaluar la recepción de RFA a las 9:00 horas (Figuras 1 a, b, c y d), se observó que la mayor intercepción por la copa del árbol se presentó, cuando se eliminó el 50% de los árboles, dejando 61 árboles por ha. Este comportamiento fue debido a la menor competencia por luz por los árboles vecinos. La intercepción de luz por la copa de los árboles en este tratamiento, equivalió al doble de la intercepción ocurrida en el testigo (122 árboles por ha) y en el tratamiento con el 25% de aclareo (92 árboles por ha).

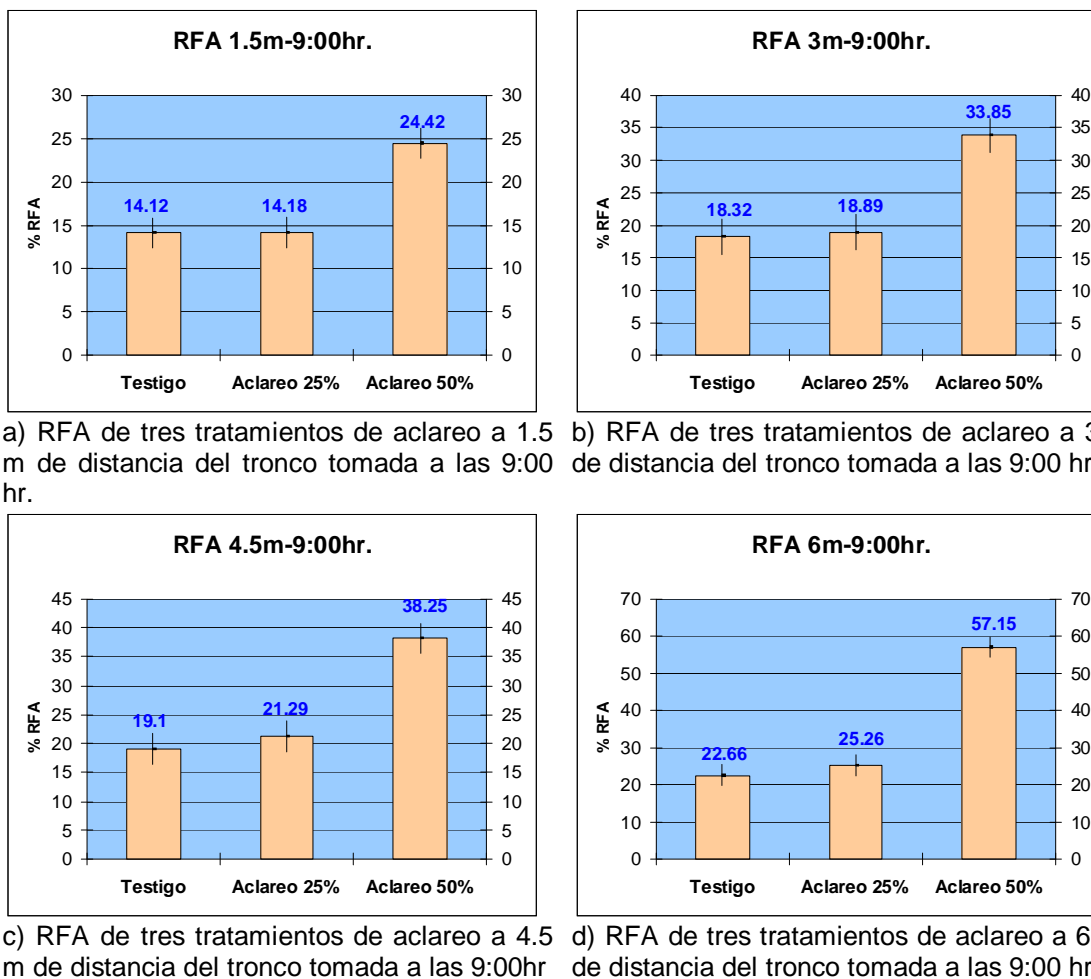


Figura 1. Recepción de RFA en el interior de la copa a las 9:00 horas; a) 1.5 m, b) 3.0 m, c) 4.5 m y d) 6.0 m de distancia a partir del tronco hacia la periferia, después de la eliminación de árboles de nogal pecanero con problemas de sombreo.

En la Figura 1, las barras representan la media de 192, 128, 96 y 64 observaciones para las cuatro distancias respectivamente, incluyendo el error estándar indicado por la línea vertical. Así también, se observó en las tres densidades de plantación después de la eliminación de árboles, que la intercepción de luz en el interior de la copa, aumentó a medida que el sensor se desplazó del tronco hacia la periferia de la copa.

Cuando se evaluó la intercepción de luz a las 12:00 horas (Figura 2 a, b, c, y d) se observó también, que esta fue mayor en la sección de la huerta después de eliminar el 50% de los árboles. Sin embargo, la intensidad de luz en la copa de los árboles para este tratamiento, no fue doblemente mayor que en los otros dos tratamientos, excepto cuando se evaluó en la periferia de la copa a seis metros del tronco. Este

comportamiento pudo ser resultado del menor efecto de competencia causado por árboles vecinos debido, a la ubicación del sol en el cenit a esta hora del día.

En la Figura 2, las barras representan la media de 192, 128, 96 y 64 observaciones para las cuatro distancias respectivamente; incluyendo el error estándar, indicado por la línea vertical.

La tendencia hacia una mayor intensidad de luz a medida que las evaluaciones de RFA se efectuaron del tronco hacia la periferia de la copa del árbol, coincide con las observaciones realizadas por Malstrom (1982). Dicha tendencia observada tanto a las 9:00 horas como a las 12:00, para las tres densidades de plantación, después de efectuados los tratamientos de eliminación de árboles; pudo deberse al diferente espaciamiento

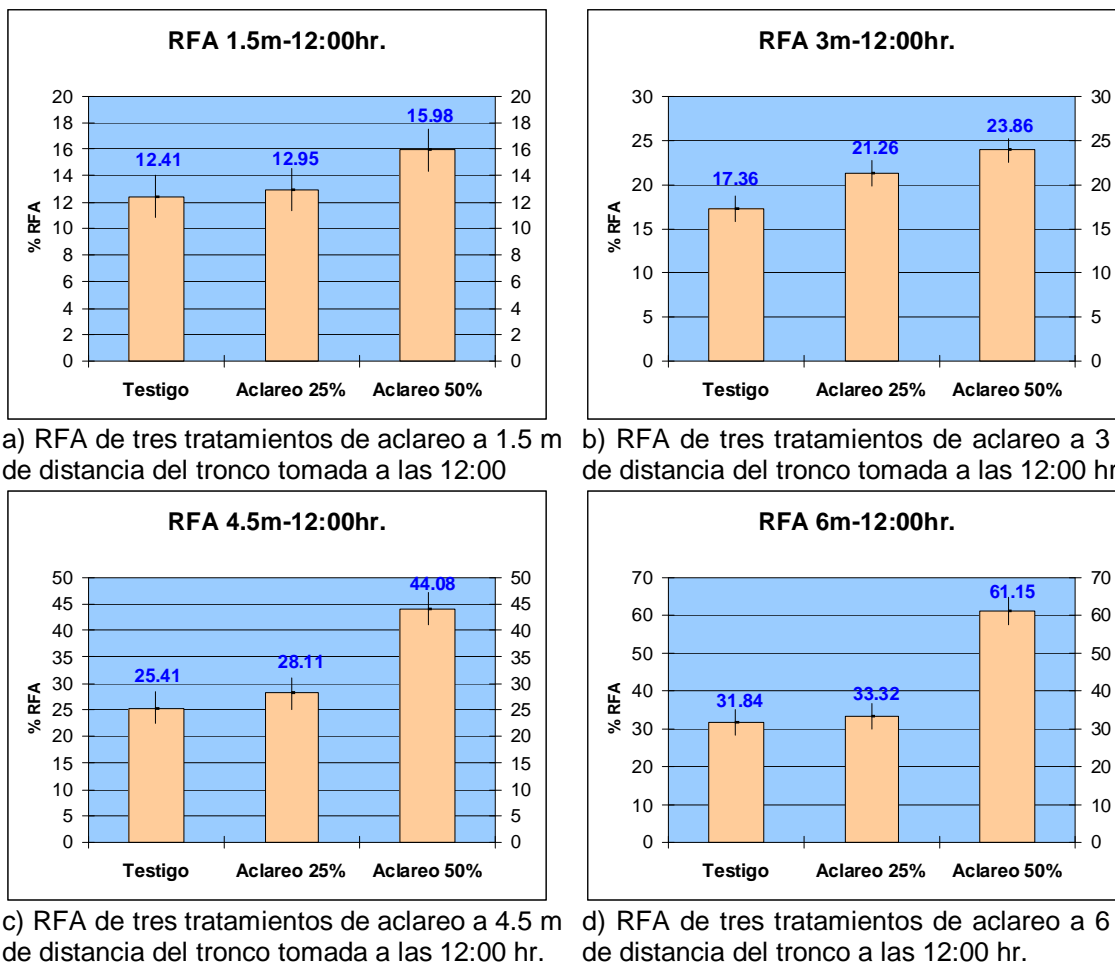


Figura. 2. Recepción de RFA en el interior de la copa a las 12:00 hr; a) 1.5 m, b) 3.0 m, c) 4.5 m y d) 6.0 m de distancia a partir del tronco hacia la periferia, después de la eliminación de árboles de nogal pecanero con problemas de sombreo.

entre éstos, debido al efecto de sombreo entre árboles, y a la diferente densidad foliar; del tronco hacia la periferia debido al efecto de sombreo dentro del árbol, como ha sido observado por Arreola *et al.* (1999).

Recepción de la RFA a diferente altura de copa.

Cuando se evaluó la intensidad de luz a las 9:00 horas, en diferente densidad de árboles después del aclareo, se observó que ésta disminuyó, a medida que el sensor de luz se desplazó de la parte apical hacia la base de la misma. Para las densidades de plantación de 122 y 92 árboles por ha, la condición de sombreo fue muy similar en las 6 alturas evaluadas, lo cual no se observó para los árboles que permanecieron después de eliminar el 50% de los mismos. La menor penetración de luz en los estratos inferiores de la copa del árbol fue debido a la extinción de la luz causada por el incremento en la densidad foliar como es señalado por Rom (1991), lo cual obedece a la ley de Beer. La intercepción de RFA también fue afectada por el diferente distanciamiento entre árboles. Es decir, los valores de RFA evaluados a diferentes alturas del árbol incrementaron a medida que aumentó el distanciamiento entre árboles. Estos resultados indican que el distanciamiento del árbol es tan importante como la altura del mismo, sobre la penetración de luz hacia la base de la copa. Los resultados anteriores concuerdan, con la aseveración que hace McEachern (1996) y Herrera (1996), quienes indican que cuando las copas entre árboles vecinos se juntan unas con otras, las ramas inferiores son sobrepasadas en crecimiento por las superiores y la penetración de la luz es reducida, razón por lo cual en el testigo se tiene la menor cantidad de RFA.

La penetración de luz hacia los estratos inferiores de la copa del árbol a las 12:00 horas fue similar al patrón observado a las 9:00 horas. Sin embargo el testigo, como la sección de la huerta con el 25% de árboles eliminados, presentaron condiciones de luz que no variaron en forma notable como sucedió a las 9:00 horas. Esta situación pudo deberse al menor efecto de sombreo causado por los árboles vecinos, debido a la menor inclinación de los rayos del sol, contándose por lo tanto, con una mejor distribución de la luz, debido a que encuentra espacios que existen entre el follaje.

No obstante es conveniente señalar que los mayores niveles de luz encontrados en la parte superior de la copa y en los árboles con mayor distancia entre sí, después del aclareo, fueron menores del 50%. Bajo estas condiciones, el follaje que se encuentra en esta área tiene una eficiencia fotosintética inferior a la propuesta por Wood (1991) correspondiente al follaje que se encuentra en la periferia del árbol bajo una RFA de 75%.

Si se considera la poca proporción de la copa que es iluminada, existe por lo tanto una amplia cantidad de la misma en la cual el follaje tiene una baja eficiencia fotosintética. Por lo tanto, con árboles compactos, el cuarto superior de la sección de la copa, ocuparía un considerable porcentaje del volumen total del árbol y contendría una mayor proporción de follaje interceptando máxima radiación y teniendo una máxima tasa fotosintética. Con esto se aumentaría la eficiencia de la copa y por consiguiente, la eficiencia de los insumos utilizados en el sistema productivo.

RFA en diferentes perfiles de la copa. Al evaluar la penetración de luz a diferentes distancias y ocho orientaciones tomando como punto central el tronco del árbol; a las 9:00 y sin considerar la densidad de plantación, se observó mayor intensidad de RFA en las caras sur y sureste de la copa. Esta tendencia hacia una mayor penetración de luz en estos perfiles de la copa, se pudo deber principalmente a la posición del sol a la hora de la toma de lecturas hacia el este y a la ubicación hacia el sur del sol durante su trayectoria en el día debido a la latitud y época del año.

La mayor intensidad registrada fue a las 12:00 horas, en las orientaciones sureste, suroeste. Este comportamiento fue debido a la posición hacia el sureste del sol al encontrarse arriba a las doce del día, justo cuando se iniciaron las lecturas. Sin embargo, al avanzar el sol hacia el oeste, tuvo una mayor iluminación en el perfil suroeste, justo cuando se terminaba evaluación. Los resultados aquí encontrados, indican que las ramas a eliminar al momento de iniciar un programa de poda, para incrementar la penetración de luz, en los árboles permanentes después del aclareo, deberán ser aquellas localizadas en el perfil norte oeste, que es el área menos iluminada del árbol.

Crecimiento del brote. El crecimiento del brote después del aclareo de árboles fue mayor en la secciones de la huerta que recibieron los tratamientos de aclareo de árboles al 25 y 50%.

Esto fue debido a la mayor RFA recibida debido al menor sombreo entre árboles. Se observó una tendencia hacia el incremento en longitud, conforme disminuyó la densidad de árboles por ha. La disminución en la penetración de la luz trae como resultado una disminución en el crecimiento del brote. Los resultados aquí encontrados coinciden con los mencionados por McEachern y Zajiceck (1990); Herrera (1994); McEachern (1996), en el sentido de que el sombreo, tiene entre otros efectos desfavorables de rendimiento un efecto sobre un indeterminado periodo de crecimiento limitado.

La disminución en la penetración de la luz trae como resultado una disminución en el crecimiento y productividad, ya que solo el crecimiento terminal expuesto al sol es potencialmente productivo (McEachern y Zajicek, 1990).

Crecimiento del brote. Cuando se midió la longitud de los brotes, ubicados en diferentes puntos cardinales de la periferia de la copa posterior al aclareo, el punto que presentó mejor comportamiento fue el que correspondió a los brotes localizados en la cara Sur de la copa del árbol. Este comportamiento del brote puede relacionarse con la mayor intensidad de RFA localizada en el lado Sur de la copa del árbol. Lo cual no se apreció para los años anteriores, aunque los brotes localizados hacia el Este, Sureste y Suroeste se encontraron entre los de mayor crecimiento.

CONCLUSIONES

El aclareo o eliminación de árboles disminuyó la intercepción y favoreció la distribución de luz en el interior de la copa. El porcentaje de luz disminuyó conforme el sensor de luz se desplazó de la periferia de la copa hacia el tronco y de la parte superior hacia la base de la misma, este patrón de distribución de luz se observó a las 9:00 y 12:00 horas del día.

En cuanto a la orientación a la que se realizaron las lecturas las mas sobresaliente fueron el S y el SE, en contraste los que resultaron ser los mas bajos fueron N y NW. De igual forma se observo que la orientación con mejor crecimiento de brote fue el S y la orientación menor valor fue el NW.

El crecimiento del brote para el exterior de la periferia del dosel se incremento con la disminución de la densidad de árboles. Los rendimientos tendieron a ser altos para las dos densidades de 92 y 61 árboles/ha. Los resultados obtenidos, indican que en las nogaleras adultas, con problemas de sombreo, existe una considerable proporción de la copa con RFA menor del

50%. Esta condición afecta negativamente la actividad fotosintética de la misma y por consecuencia la eficiencia de los insumos utilizados por el productor.

LITERATURA CITADA

- Anónimo, 1992. LAI-2000 Plant canopy analyzer. Operating Manual. P. 5-14. LI-COR, Inc. Lincoln, NB.
- Arreola A., J.; Herrera E, y Fowler, J. 1999. Sunlight distribution before and later pecan orchard thinning: it's influence on yield and shoot growth. Pecan industry: current situation and future challenges, third national pecan workshop proceedings. 04:189-193.
- Herrera, E. A. 1994. Thinning orchards at the proper time. Pecan south 26(12):6.
- Herrera, E. A. 1996. Sunlight management. Pecan South 29(7): 6-10.
- Malstrom H. L., y Mc Means J. L. 1982. Shoot length and previous fruiting affect subsequent growth and nut production of "Moneymaker" pecan. HortSci. 17:970-971.
- Malstrom, H. L.; Riley, D. y Jones, J. R. 1982. Continuous hedge pruning affects Light penetration and nut production of western pecan trees. The Pecan Quarterly 16(3): 4-15.
- McEachern, R. G. 1996. Correcting pecan tree crowding. Pecan South (6):10-13.
- McEachern, R. G. y Zajicek, J. M. 1990. Pecan orchard design: tree spacing pruning and thinning. Pecan South 24(5): 5-9.
- Orona C. I., González C. G. y Espinoza A. J. De Jesús. 2004. La Producción de la Nuez Pecanera en la Comarca Lagunera. CENID-RASPA, Gómez Palacio, Durango, México. Folleto técnico No 1
- Rom, C. R. 1991. Ley Beer. Hortscience. Volumen 26(8):989-992.
- SAS, 1991. SAS system for lineal models. 3ed. SAS Institute Inc., Cary, NC. US.
- Wood, B., 1991. Sunlight and nut production patterns of pecan Proc. p. 92-100. In Beshears, S. (Ed) 84th Annual convention. Proc. The South-Eastern Pecan Grow. Assn. Alabama. Feb. 24-26.1991.
- Wood, B., 1997. Big trees: dealing with the Southeast's dilemma. The Pecan Grow. Georgia Pecan Gro. Assoc. Inc. 28(4). 28-31.