

EVALUACIÓN DE UN MÉTODO PARA MEDIR FOTOSÍNTESIS EN MEZQUITE (*Prosopis glandulosa*)

EVALUATION OF A METHOD FOR MEASURING PHOTOSYNTHESIS IN MESQUITE (*Prosopis glandulosa*)

D. Carmona Hernández, R. Trejo Calzada, O. Esquivel Arriaga, J. G. Arreola Avila. y
A. Flores Hernández

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Apdo. Postal 8. c.p. 35230. Bermejillo, Dgo.

RESUMEN. El objetivo de este estudio fue encontrar un factor para la medición de la fotosíntesis en hojas de mezquite (*Prosopis glandulosa*) mediante la utilización de un medidor portátil LICOR LI6400. Se midió el área foliar de al menos 300 secciones de hoja de mezquite cortadas en un rectángulo de similares medidas a las de la cámara empleada (3 x 2 cm). Esta medición se hizo con un medidor de cámara de video. Luego se empleó el factor para medir la fotosíntesis en hojas de mezquite con el medidor portátil LICOR LI6400, haciendo una comparación con el uso del factor encontrado y el uso del área regular de 6 cm². El factor calculado fue de 3.9 cm², mismo que se ingresó al programa de medición de fotosíntesis en el medidor portátil. Los resultados indican que el uso del factor permite una estimación significativamente más precisa de la fotosíntesis y de otras variables fisiológicas y que sin el uso del factor de área foliar se subestiman los valores reales de las variables fisiológicas del mezquite.

Palabras Clave: Fotosíntesis, mezquite, *Prosopis*, captura de CO₂.

SUMMARY. The aim of this study was to find a numerical factor for measuring photosynthesis of mesquite (*Prosopis glandulosa*) leaves using a portable photosynthesis system (LICOR LI-6400). Mean leaf area of 300 samples of mesquite leaves was determined with a video leaf area measuring equipment. The samples were fitted to a rectangle of 3 x 2 cm similar to the dimensions of the photosynthesis system's chamber. It was obtained a factor of 3.9 cm² which was used for measuring photosynthesis of mesquite leaves. The results were compared to photosynthesis measured using 6 cm² as the regular factor. Results show that using the factor of 3.9 cm² allow a significant improvement in the measuring of photosynthesis and other physiological variables such as conductance and transpiration.

Key Words: Photosynthesis, mesquite, *Prosopis*, CO₂ capture.

INTRODUCCIÓN

México es un país con una gran diversidad de climas y regiones, las cuales se caracterizan por su vegetación. La mayor parte del país está ocupada por dos grandes regiones zonas áridas; el Desierto Chihuahuense y el desierto Sonorense. Estas regiones son de importancia económica para el país desarrollo económico gracias a la cercanía con los Estados Unidos, ya que dentro de ellas existe un gran desarrollo de industrias, empresas y crecimiento en el ámbito agropecuario, lo cual implica mayor actividad en la región (González y Sosa, 2003). Actualmente existe un gran problema a nivel mundial, mejor conocido como calentamiento global, debido al aumento de la temperatura en todo el planeta en las últimas décadas. Este fenómeno es causado por la

emisión de gases por las actividades antropocéntricas, que provocan el efecto invernadero. Entre los gases que provocan el efecto invernadero se encuentra principalmente el dióxido de carbono (CO₂) (Estrada, 2001; Tierramérica, 2003; Wikipedia, 2007; EPA, 2007).

Las plantas tienen la capacidad natural de capturar CO₂ ya que éste es necesario para cumplir sus ciclos fisiológicos, por lo que es necesario poner especial énfasis en el estudio de las plantas nativas de la región para encontrar alternativas viables para capturar el CO₂ emitido por la industria y los automóviles y así contribuir a disminuir los efectos de este gas sobre el cambio climático.

Una de las riquezas naturales de México es su diversidad de plantas, ya que de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), ocupa el cuarto lugar en diversidad de plantas con 25,000 especies registradas. Aún en zonas áridas existe una diversidad de especies vegetales que tienen un uso actual y potencial enorme.

El Mezquite (*Prosopis Glandulosa*) es una especie nativa de las zonas áridas de México y está adaptada para sobrevivir en las extremas condiciones de sequía características de los desiertos del norte de México (Gómez *et al*, 1970, INEGI, 2007).

El mezquite tiene diversos usos. La madera es utilizada para duela, madera aserrada y parquet, para mangos de herramientas, hormas para zapatos en escala industrial, leña y carbón de muy buena calidad por su alto poder calorífico. Las hojas y vainas se utilizan como forraje para el ganado. De la corteza se extraen curtientes, además la madera se usa como postes para cercas. Las vainas son aprovechadas como forraje para el ganado, éstas tienen un alto valor nutritivo. La harina obtenida de las vainas del mezquite, se pueden mezclar con harina de maíz, alfalfa, zacate, harinolina, salvado, alfalfa molida, pasta de cacahuete o linaza. En la harina el mezquite tiene una proporción de 20 a 60% del total de la mezcla que se usa para forraje. También es apreciado como planta melífera y obtención de gomas para usos farmacéuticos. En últimos años se le ha valorado como una especie para servicios ambientales (FAO, 1998; Frías *et al.*, 2000)

En varias especies se ha estado evaluando la captura de carbono, sin embargo no se han estudiado especies vegetales de zonas áridas como mezquite el cual tiene un gran potencial para esa función, debido a su abundancia en los desiertos de norte de México. Uno de los problemas para medir la fotosíntesis en estas leguminosas es el que la mayoría de las cámaras de los medidores portátiles están diseñadas para plantas de hoja ancha y las hojas del mezquite no cubren el área total de la cámara por tener varios folíolos separados. El objetivo de este trabajo fue obtener y evaluar un factor para la medición de la fotosíntesis en mezquite con un medidor de fotosíntesis portátil con una cámara de 6 cm².

MATERIALES Y METODOS

Localización del área

Para efectos de determinar el factor de área foliar, en primer lugar se localizaron ejemplares de la especie de mezquite (*Prosopis glandulosa*) en las inmediaciones de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas

25°53'5" LN y 103°36'43" LO y 1 115 msnm. Clima desértico seco con lluvias en verano, precipitación pluvial media anual de 200 mm y temperatura media anual entre 18 y 22°C.

Metodología

Se seleccionaron hojas completas, buscando que no les faltara alguna parte o que estuvieran dañadas por insectos, ya que al emplear el IRGA siempre se buscará medir en hojas completas y en buenas condiciones. Se cortaron las hojas seleccionadas colocando la hoja en un rectángulo con las medidas iguales a las del área de la cámara del medidor portátil de fotosíntesis (3 x 2 cm) LICOR LI6400. Se cortó toda la materia vegetal sobresaliente del rectángulo y se empleó únicamente la superficie de hoja comprendida en el área de 6 cm² (Figura 1).

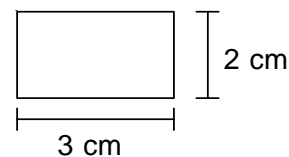


Figura 1. Área de la cámara del medidor de fotosíntesis empleada para medir el área foliar ocupada por folíolos de mezquite.

Con un medidor de área foliar con cámara de video se procedió a determinar el área foliar en 300 muestras, cortadas en un rectángulo de 6 cm² (Figura 2). El factor se obtuvo con la media de las áreas de todas las muestras.

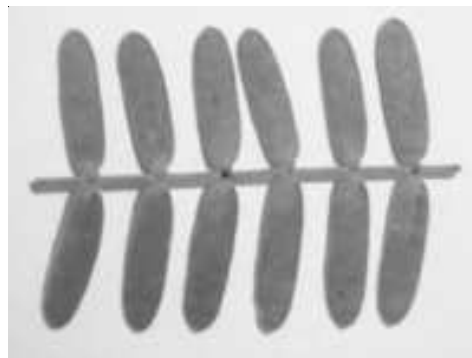


Figura 2. Fotografía del tamaño de muestra del área foliar empleada para determinar el factor para el medidor portátil de fotosíntesis.

Una vez determinado el factor, este fue empleado en la medición de la fotosíntesis con el medidor portátil LICOR LI6400, ingresándolo en el programa como una constante.

Para el levantamiento de datos en campo con el medidor de fotosíntesis LI-COR LI-6400, se utilizó un programa

regular el cual emplea como medida de referencia 6 cm² de área foliar. Asimismo se realizó un levantamiento de datos ingresando al programa del IRGA el factor obtenido, que fue de 3.9 cm² obteniendo así una serie de datos que permitió la comparación de ambos casos de áreas y análisis entre ellos para comprobar la confiabilidad del factor obtenido.

El medidor portátil de fotosíntesis LICOR LI-6400 se empleó con un programa para calcular la temperatura de la hoja mediante balance de energía, debido a que no se podía asegurar que el termopar para medir físicamente la temperatura hiciera contacto con alguno de los folíolos de la hoja de mezquite. Además se utilizó una concentración constante de CO₂ de referencia utilizando una fuente externa de este gas y el flujo de aire se ajustó a 400 mmol s⁻¹. Por otra parte, en una serie de medidas se mantuvo constante la temperatura de la cámara a 30°C, mientras que en otra serie de medidas se tomó en temperaturas variables.

Las variables evaluadas fueron:

EBTlf: Temperatura de la hoja calculada por balance de energía (°C).

Photo: Tasa fotosintética (mmol CO₂ m⁻² s⁻¹).

Cond: Conductancia (mol H₂O m⁻² s⁻¹).

Ci: CO₂ Intercelular (mmol CO₂ mol⁻¹).

Trmmol: Transpiración (mmol H₂O m⁻² s⁻¹).

VpdL: Déficit de presión de vapor (kPa).

Tair: Temperatura del aire (°C).

Tleaf: Temperatura de la hoja (°C).

PARi: Radiación fotosintéticamente activa interna (mmol m⁻² s⁻¹).

PARo: Radiación fotosintéticamente activa interna externa (mmol m⁻² s⁻¹).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El principal objetivo fue hallar un factor de área foliar para medir la fotosíntesis en mezquite con el medidor portátil LI-COR LI-6400. Se determinó que el factor a considerar cuando se vaya a medir en mezquite es 3.9 cm², con una desviación estándar de 0.49. Por lo que tal factor se recomienda usar para la toma de datos con el medidor de fotosíntesis ya mencionado en la especie *P. Glandulosa* Var. *Glandulosa* (mezquite).

El análisis estadístico permitió identificar que en la mayoría de las variables evaluadas hubo diferencias significativas, ya que en todos los casos hubo una P < 0.01. Sin embargo, en algunos casos hubo un alto coeficiente de variación y una baja R² como es el caso de la fotosíntesis y de la transpiración (Cuadro 1).

En la Figura 3, se observa claramente que la fotosíntesis de las hojas de mezquite fue significativamente mayor empleando un factor de área foliar de 3.9 cm² (Photo 1), que cuando se empleó el factor de 6 cm² (Photo 2). En algunos casos (4/20) se registró una fotosíntesis mayor al emplear el área de 3.9 cm², lo cual se atribuye a la variación de la misma fotosíntesis por la posición de la hoja muestreada en el árbol, ya que en cada hoja hay diferente actividad fotosintética, ya sea por su edad, tiempo de exposición a la radiación, posición en el árbol entre otros factores.

En promedio la fotosíntesis de las hojas de mezquite con el uso del factor 3.9 cm² de área foliar fue de 16.0215 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹ mientras que con 6 cm² la tasa fotosintética fue de 12.6715 mmol CO₂ m⁻² s⁻¹, lo cual quiere decir que al emplear la medida original en el programa del IRGA se estaba subestimando la fotosíntesis de mezquite.

Cuadro 1. Resultados del Análisis estadístico de variables fisiológicas de mezquite medidas con medidor portátil de fotosíntesis, empleando dos áreas foliares como factor de variación.

Variable dependiente	CV	Media	valor F	Probabilidad	R ²
EBTlf (°C)	4.00	34.53	52.22	0.0001	0.578802
Photo (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	22.36	14.35	10.90	0.0021	0.222904
Cond (mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	38.29	0.15	15.81	0.0003	0.293797
Ci	17.88	184.42	16.35	0.0002	0.300841

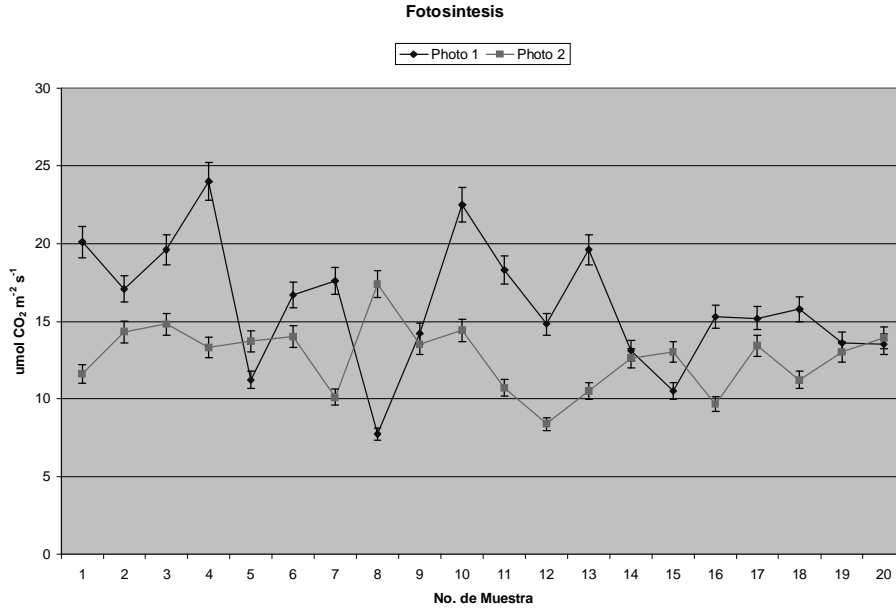


Figura 3. Variación de la tasa fotosintética en hojas de *Prosopis glandulosa* empleando 3.9 cm² (Photo 1) y 6 cm² (Photo 2) de área foliar en el programa del IRGA.

En la Figura 4, se observa la diferencia que existe en los resultados de conductancia que es una variable importante en el intercambio gaseoso entre la planta y la atmósfera ya que representa el flujo del agua y de CO₂ a través de los estomas. Como es de esperarse

existe una relación directa entre la conductancia y la tasa fotosintética y es notorio que la conductancia fue significativamente más alta en la mayoría de las muestras de hoja de mezquite al emplear el factor de área foliar de 3.9 cm² que cuando se empleó el factor de 6 cm².

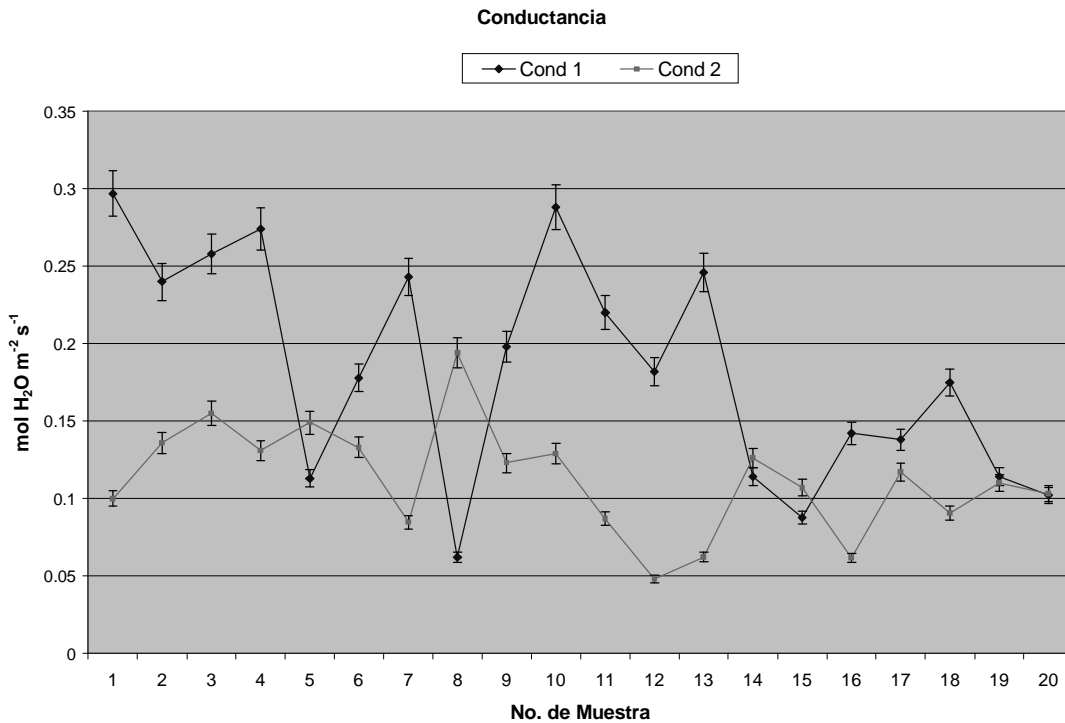


Figura 4. Conductancia estomática de hojas de mezquite medidas con medidor portátil de fotosíntesis empleando un factor de área foliar de 3.9 cm² (Cond 1) o de 6 cm² (Cond 2).

La tasa de transpiración fue menor para en las hojas de mezquite en las que se empleó un factor de 6 cm² que cuando se empleó el factor de 3.9 cm² (Figura 5). Lo que confirma que si se emplea el factor original para la cámara de 6 cm² se subestiman los valores de variables fisiológicas importantes como la tasa fotosintética, la conductancia estomática y la tasa transpiratoria.

CONCLUSIONES

Como conclusiones de este trabajo se pueden destacar las siguientes:

Para emplear una cámara regular de 6 cm² en el medidor portátil de fotosíntesis LICOR LI-6400 en la evaluación de hojas con folíolos es indispensable obtener un factor de área foliar apropiado.

El factor de área foliar para hojas de mezquite obtenido en este estudio para emplear en una cámara de 6 cm², fue de 3.9 cm².

Las variables fisiológicas de fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática medidas en hojas con folíolos empleando un medidor portátil pueden ser subestimadas por efecto del área foliar involucrada.

LITERATURA CITADA

- Environmental Protection Agency, 2007.** Climate Change – Science: Past Climate Change. Última actualización 3 de Agosto de 2007. Recuperado el 26 de Septiembre de 2007 de: www.epa.gov/climatechange/science/pastcc.html
- Estrada P. M. 2001.** Cambio climático global: causas y consecuencias. Revista de información y análisis núm. 16. Recuperado el 26 de septiembre de 2007 de: <http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/ambientales/climatico.pdf>
- FAO. 1998.** Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina, Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado el 26 de septiembre de 2007 de: [URL:http://www.rlc.fao.org/redes/sisag/arboles/Mex-pr-l.htm](http://www.rlc.fao.org/redes/sisag/arboles/Mex-pr-l.htm)
- Frias Hernández, J. T.; Olalde Portugal, V. y Vernon Carter, J. (Eds). Agosto 2000.** El mezquite árbol de usos múltiples, Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México.
- Gómez L., F.; Signoret, P. J. y Arbuín M., Ma. Del C. 1970.** Mezquites y Huizaches. Algunos aspectos de la economía, ecología y taxonomía de los géneros *Prosopis* y *Acacia* en México. Instituto mexicano de recursos naturales renovables, México.

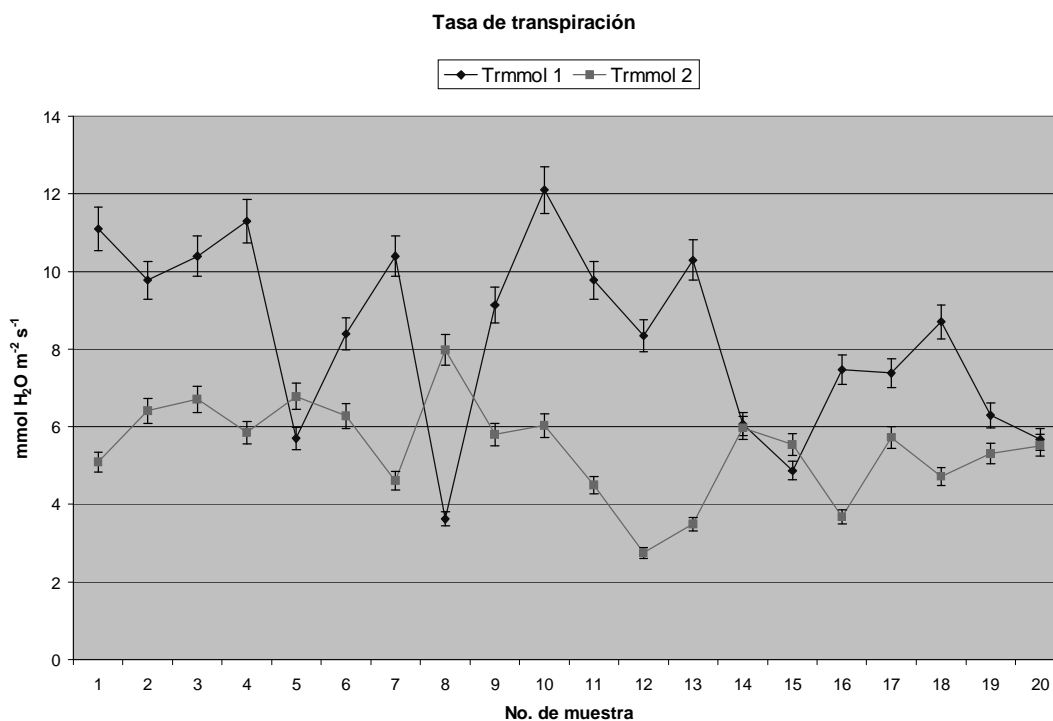


Figura 5. Tasa transpiratoria de hojas de mezquite medida con medidor portátil de fotosíntesis empleando un factor de área foliar de 3.9 cm² (trmmol 1) o un factor de 6 cm² (Trmmol 2)

- González, P.A. y Sosa, C.M. 2003.** Análisis de la vegetación del área de protección de flora y fauna Cañón de Santa Elena (Desierto Chihuahuense, México) Utilizando Modelos Digitales de Elevación. *Ecosistemas 2003/2*.
- INEGI. (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) 2007.** Vegetación y Fauna. Principales tipos de vegetación. Recuperada el 09 de Agosto de 2007 de: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/vegfauna/vegetaci.cfm?c=191>
- Tierramérica. 2003.** Medio Ambiente y Desarrollo. Protocolo de Kyoto. Recuperado el 27 de Septiembre de 2007 de: <http://www.tierramerica.org/2003/1004/conectate.shtml>
- Wikipedia Foundation, Inc. 2007.** Calentamiento global. Recuperada el 09 de Agosto de 2007 de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Especial:Search?search=calentamiento+global&go=Buscar+t%C3%ADtulo+exacto>