

# RESPUESTA FOTOSINTÉTICA DE DOS ESPECIES ARBÓREAS DE UNA SELVA NUBLADA A DIFERENTES AMBIENTES DE LUZ.

M.Sc. Ana Quevedo<sup>\*1,2</sup>, Dr. Carlos García-Núñez<sup>2</sup>, Dr. Teresa Schwarzkopf<sup>2</sup>, Dr. Ramón Jaimez<sup>3</sup>, Dr. Mauricio Jerez<sup>4</sup> y M.Sc. Carmen Julia Azócar<sup>3</sup>.  
Universidad de Los Andes, <sup>1</sup> Escuela Técnica Superior Forestal. <sup>2</sup>Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, <sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias, <sup>4</sup>Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Mérida.  
[\\*anamer2@gmail.com](mailto:anamer2@gmail.com). Dirección postal 5101. Teléfono: 58274240163.

## Resumen.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la aclimatación de dos especies arbóreas en estado juvenil de la selva nublada andina en ambientes contrastantes de irradianza. Se estudiaron parámetros relacionados con su tasa fotosintética y fluorescencia, específicamente la eficiencia cuántica máxima del PSII (Fv/Fm). Mortiño (*Miconia meridensis* Triana) y Guayabón (*Myrcianthes karsteniana* (Berg) Mc Vaugh) son dos especies muy abundantes en la selva nublada de San Eusebio, Edo Mérida (2300-2500m.s.n.m). Ambas especies fueron sometidas a diferentes ambientes de irradianza en umbráculos, cubiertos con malla negra de diferentes densidades para lograr tres niveles de flujo fotónico fotosintético (FFF) con respecto al total a plena exposición: bajo 5% ( $75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), moderado 20% ( $312 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y alto 65% ( $1014 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Se realizó la primera medición en el umbráculo con 20% del FFF, el cual se consideró control, luego las plantas fueron trasladadas a los otros dos umbráculos y se realizaron las mediciones a los 10 y 120 días del traslado en los umbráculos con 5% y 65% respectivamente. Los resultados indican que *M. meridensis* a los 120 días se aclimata a las condiciones de alto FFF mostrando incremento en la tasa fotosintética y en valores del Fv/Fm, mientras que *M. karsteniana* reduce la tasa fotosintética y el valor de Fv/Fm a alto FFF, lo que sugiere incapacidad de esta especie de aclimatarse a ambientes muy iluminados.

## Introducción

Los bosques húmedos tropicales representan los ecosistemas más diversos del planeta, y entre éstos, los bosques nublados, cuya vegetación se desarrolla sobre topografías montañosas, se encuentran entre los de mayor diversidad biológica y fragilidad (Brown y Kappelle, 2001), estando además sometidos a elevadas tasas de deforestación e intervención antrópica (Hamilton, 1995). Estos bosques ocurren normalmente en una franja altitudinal (500 a 3600 msnm) donde el ambiente se caracteriza por una cobertura de nubes persistente (Ataroff, 2003). La conservación de los bosques nublados es de gran importancia, por su elevada biodiversidad, por su rol en el balance hídrico y prevención de la erosión en cuencas de alta montaña (Ataroff, 2001). Para tomar medidas apropiadas para la conservación de estos bosques es necesario conocer sus procesos ecológicos.

La compleja combinación de factores bióticos y abióticos que caracteriza a los bosques nublados origina un hábitat con alta heterogeneidad espacial y temporal. Schwarzkopf *et al.* (2001) analizaron la vegetación del piso del bosque de una selva nublada de los Andes venezolanos concluyendo que además de las limitaciones energéticas que les impone el clima y el dosel, la vegetación del piso del bosque de las selvas nubladas andinas se desarrolla bajo condiciones ambientales muy heterogéneas, debido a la interacción de factores tales como

humedad y textura del suelo, topografía y cobertura del dosel. Las variables ambientales presentan gran variación y su detección e interpretación son muy complejas. Es importante comprender cómo las especies arbóreas que allí se desarrollan responden a esa heterogeneidad en términos de a) las estrategias adaptativas a lo largo de su ciclo de vida. Por ejemplo, cómo modifican las especies arbóreas su crecimiento y arquitectura en respuesta a la disponibilidad de luz, o cómo interceptan la luz más eficientemente al cambiar la orientación y características ópticas de las hojas (Field, 1987); y b) cómo dichas estrategias determinan los diferentes patrones sucesionales que caracterizan la dinámica y estructura del bosque.

De todos los factores ambientales que afectan a las plantas, la luz es quizás el factor que adquiere mayor relevancia en los bosques húmedos tropicales, debido a que es considerada como el recurso más limitante para el crecimiento y reproducción de las plantas (Pearcy, 2007). Existe una amplia gama de regímenes lumínicos que van desde el sombreado en el piso del bosque a irradiación intensa en claros grandes y el dosel superior (Chazdon y Fetcher, 1984). En estudios realizados en una selva nublada andina en Venezuela Acevedo *et al.* (2001, 2003) encontraron que la baja proporción de aberturas en el dosel, manifiesta condiciones de “sombra” en el piso del bosque. García- Núñez *et al.* (1995) encontraron valores del flujo de fotones fotosintético (FFF) en el piso del bosque de alrededor del 2% del FFF total recibido en el dosel. Estos valores son similares a los reportados para otros bosques húmedos tropicales (Chazdon y Fetcher, 1984; Martínez-Ramos, 1985; Chazdon, 1988; Canham 1989; Clark y Clark, 1992; Hogan y Machado, 2002). A pesar de la baja radiación en el piso del bosque, las plantas fotosintetizan aprovechando rayos de sol los cuales son muy variables en duración e intensidad (Chazdon, 1988). A pequeña escala, los rayos de sol son un factor muy importante en el ambiente de luz debido a los amplios gradientes de flujo fotónico fotosintético (FFF) que una planta puede recibir tanto directa como indirectamente a causa de éstos (Cescatti y Niinemets, 2004; Baldocchi y Collineau, 1994). El objetivo de este trabajo fue estudiar la aclimatación de dos especies arbóreas (*Miconia meridensis* Triana) y (*Myrcianthes karsteniana* Berg) en estado juvenil de la selva nublada andina, en ambientes contrastantes de irradiancia. Se estudiaron parámetros relacionados con su tasa fotosintética y fluorescencia, específicamente la eficiencia cuántica máxima del PSII (Fv/Fm).

## **Metodología**

### **Área de estudio**

El Bosque Experimental San Eusebio pertenece a la Universidad de Los Andes y está bajo la administración de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales; se localiza en La Carbonera, Cordillera de Los Andes (8° 37' norte y 71° 21' oeste). Políticamente se encuentra situada en el Municipio Zerpa del Distrito Andrés Bello del Estado Mérida- Venezuela, a una altura entre 2.200 y 2.500 msnm. Su superficie total es de aproximadamente 368 ha (Figura 1). El área de estudio se encuentra predominantemente sobre la formación Colón del Cretáceo (Márquez, 1990). Litológicamente, está constituida por lutitas estratificadas, masivas, de color negro, no calcáreas y de fractura concoidea (Useche, 1972). El Bosque Experimental está enmarcado según Holdridge dentro de la zona de vida de Bosque Húmedo Montano Bajo, cuya precipitación oscila

entre 1400 y 1560 mm y presenta un régimen biestacional, con una estación seca (diciembre a marzo) y una estación lluviosa (marzo a noviembre), pudiéndose considerar a enero como el único mes seco. La temperatura media anual es de 14,9 °C, la radiación fotosintéticamente activa media anual a campo abierto es de  $1561 \pm 77,2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Se observa mayormente en las primeras horas de la tarde la formación de neblina y nubes, fenómeno que se debe a la condensación del aire saturado con agua que sube de la cuenca del Lago de Maracaibo (García-Núñez, 1992). Por estar el área situada a una altitud entre 2200 y 2500 msnm, y con permanente nubosidad, conforma un ecosistema de bosque nublado montano, siempreverde, mixto, irregular y densamente cerrado, muy rico en especies y casi siempre los árboles están colonizados por numerosas epífitas, musgos, líquenes, etc. En la zona se presenta un relieve típico de colinas redondeadas, con pendientes variables desde muy suaves a fuertes y la topografía es muy irregular (Márquez, 1990). En las posiciones altas (convexas), los suelos presentan menor grado de evolución y son bien drenados. Los grandes grupos dominantes son: Humitropepts y Troportents. En la posición media (cóncava), los suelos presentan mayor desarrollo y son moderadamente bien drenados, el gran grupo dominante es Tropohumults. Mientras que en la posición más baja los suelos presentan mal drenaje originando problemas de hidromorfismo, lo cual limita la evolución pedogénica de estos suelos; el grupo dominante es Tropaquept. En general, los suelos presentan gran acidez y deficiencia de calcio, magnesio, potasio y sodio, con predominancia de aluminio en el complejo de cambio (Márquez, 1990). El área que contiene a la Estación Experimental San Eusebio presenta según Lamprecht y Veillón (1967) los únicos bosques mixtos perennifolios de cierta extensión en Venezuela, ya que están compuestos por coníferas y latifoliadas. Las familias más abundantes son Lauraceae, Melastomataceae, Guttiferae, Euphorbiaceae, Myrtaceae y Podocarpaceae. Existen alrededor de 40 a 60 especies diferentes de árboles, entre los que predominan *Retrophyllum rospigliosii*, *Weinmannia jahnii*, *Eschweilera monosperma*, *Myrcia acuminata*, *Alchornea triplinervia*, *Clusia spp* y varias especies de la familia Lauraceae de los géneros *Ocothea*, *Nectandra* y *Beilschmiedia*.

La estructura del dosel del bosque alto denso nublado permite distinguir tres estratos relativamente bien diferenciados: un estrato superior entre los 25 y 30 m de altura, con árboles emergentes que pueden alcanzar 40 m de altura; un estrato intermedio, en el que se encuentran los individuos de desarrollo mediano, entre 20 y 25 m altura, generalmente con especies del género *Nectandra* y *Ocothea* y un estrato inferior donde se encuentran individuos arbóreos, cuyas alturas están comprendidas entre los 10 y 15 m. El piso del bosque, a pesar de encontrarse en condición de sombra, es denso, y está compuesto de arbustos y árboles jóvenes de las especies presentes en los estratos superiores. Se halla frecuentemente el helecho arborescente *Cyathea spp* el cual alcanza hasta 12 ó más metros de altura, así como también un bambú (*Chusquea spp*) invasor de claros dentro del bosque, en donde forma espesos matorrales (Schwarzkopf, 2003; Ramos y Plonczak, 2007). Por otra parte, el índice de área foliar ha sido reportado para bosques nublados andinos entre 0,98 y 3,21 a 1 m sobre el suelo y de 1,36 para el dosel (Acevedo *et al.*, 2003; Ataroff y Rada, 2000).

## Diseño experimental

Para estudiar las respuestas fotosintéticas se trasplantaron individuos juveniles de las especies *M. meridensis* y *M. karsteniana* de su ambiente natural a un umbráculo de aclimatación con un nivel de irradianza de 20% donde permanecieron cuatro meses. Una vez asegurada la sobrevivencia de los individuos, estos se trasladaron a umbráculos con distintas condiciones de sombra. Los umbráculos, fabricados con tubo galvanizado, tienen una altura de 2 m y un área de 4m<sup>2</sup>. Se ubicaron en un lugar despejado de la Estación San Eusebio en dirección este-oeste. Los niveles de sombra se lograron usando combinaciones de mallas negras de vivero.

Cada especie fue sometida a tres niveles (porcentajes respecto al total a plena exposición) de densidad de flujo de fotones fotosintéticos (DFFF) : bajo 4% (75  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), moderado 20% (312  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y alto 65% (1014  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Se seleccionaron cinco plantas de cada especie por tratamiento. El riego se realizó día por medio y la ventilación se logró dejando una apertura de 40 cm desde el suelo a la malla de sombreo. Todas las plantas seleccionadas fueron medidas inicialmente en el umbráculo con 20% de DFFF (control), luego éstas fueron colocadas en los umbráculos con 4% y 65% y se realizaron mediciones nuevamente a los 10 y 120 días del traslado.

## Resultados

Los resultados preliminares muestran para *M. meridensis* en T1, una tasa de asimilación máxima (A max) promedio de ( 2,605  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), T2 ( 2,423  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), T3( 2,133  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), T4 ( 1,298  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y T5 ( 2,140  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (figura 4). Para *M. karsteniana* se midió una tasa de asimilación máxima para T1( 1,788  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), T2 (0,751  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), T3( 1,225  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), T4 ( 1,995  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y T5 ( 0,416  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (figura 5).

Para *M. meridensis* los valores del Fv/Fm fueron: T1 (0,75 $\pm$ 0,02), T2 (0,75 $\pm$ 0,01), T3 (0,79 $\pm$ 0,01), T4 (0,73 $\pm$ 0,01) y T5 (0,76 $\pm$ 0,01). Mientras que para *M. karsteniana* los valores fueron para T1 (0,81 $\pm$ 0,01), T2 (0,81 $\pm$ 0,01), T3 (0,80 $\pm$ 0,02), T4 (0,75 $\pm$ 0,01) y T5 (0,73 $\pm$ 0,02) (figura 6).

## Discusión – Conclusiones

Los resultados preliminares mostraron que *M. meridensis* se aclimató a los regímenes de baja DFFF (T2 y T3) con respecto al control (T1), esta especie mostró el mayor valor de Fv/Fm en T3. En condiciones de alta DFFF (T5) se aclimató mostrando una recuperación en su tasa de asimilación máxima (2,140  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) con respecto a T4 (1,298  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). En Fv/Fm igualmente se observa un incremento de los valores a medida que las plantas permanecieron por más tiempo en el tratamiento de mayor irradiación (T5).

Contrario a *M. meridensis*, los valores obtenidos para *M. karsteniana* se reducen a altos DFFF (T5) mostrando una tasa de asimilación máxima (0,416  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) con respecto a la tasa de asimilación de T1 (1,788  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y T4 (1,995  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). En los tratamientos de baja DFFF (T2 y T3) y control (T1) se encontró valores de Fv/Fm de aproximadamente 0,81, mientras que en los tratamientos de alta DFFF no se observó una recuperación de los valores de Fv/Fm en el tiempo.

Es importante resaltar que los resultados preliminares parecen sugerir que existen especies en el selva nublada andina que poseen respuestas fisiológicas que les permiten aclimatarse a condiciones de alta irradianza, lo cual se refleja en un mayor rendimiento fotosintético, sin embargo, no todas las plantas tienen la misma capacidad de aclimatación esto parece estar relacionado con las características del hábitat de cada especie. En el caso de *M. karsteniana*, los resultados sugieren incapacidad de esta especie a aclimatarse a ambientes muy iluminados debido a procesos de fotoinhibición crónica.

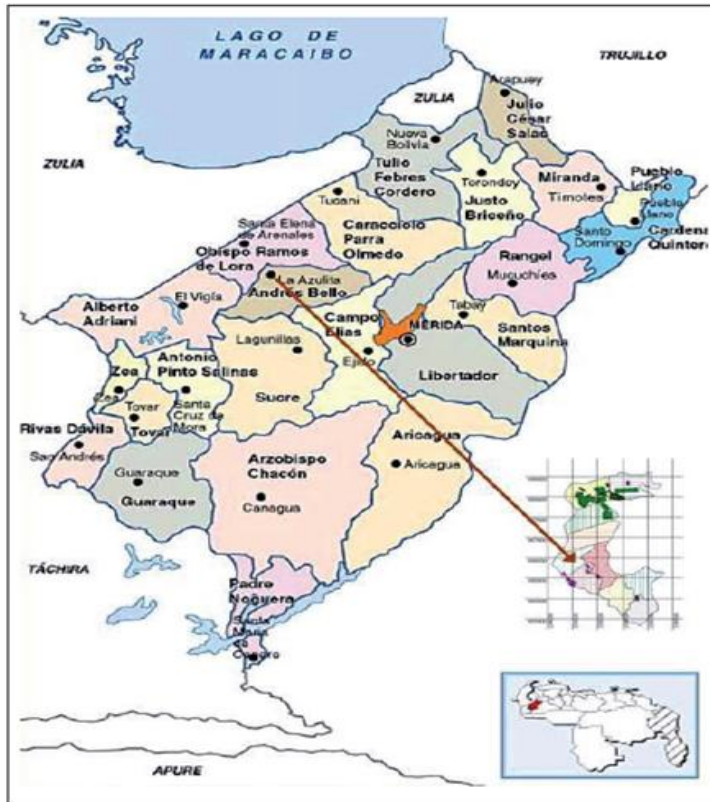


Figura 1. Ubicación relativa del área de estudio (tomado de Hernández, 2001)



Figura 2. Umbráculos en el Bosque Universitario San Eusebio.



Figura 3. Medición de parámetro de Fluorescencia



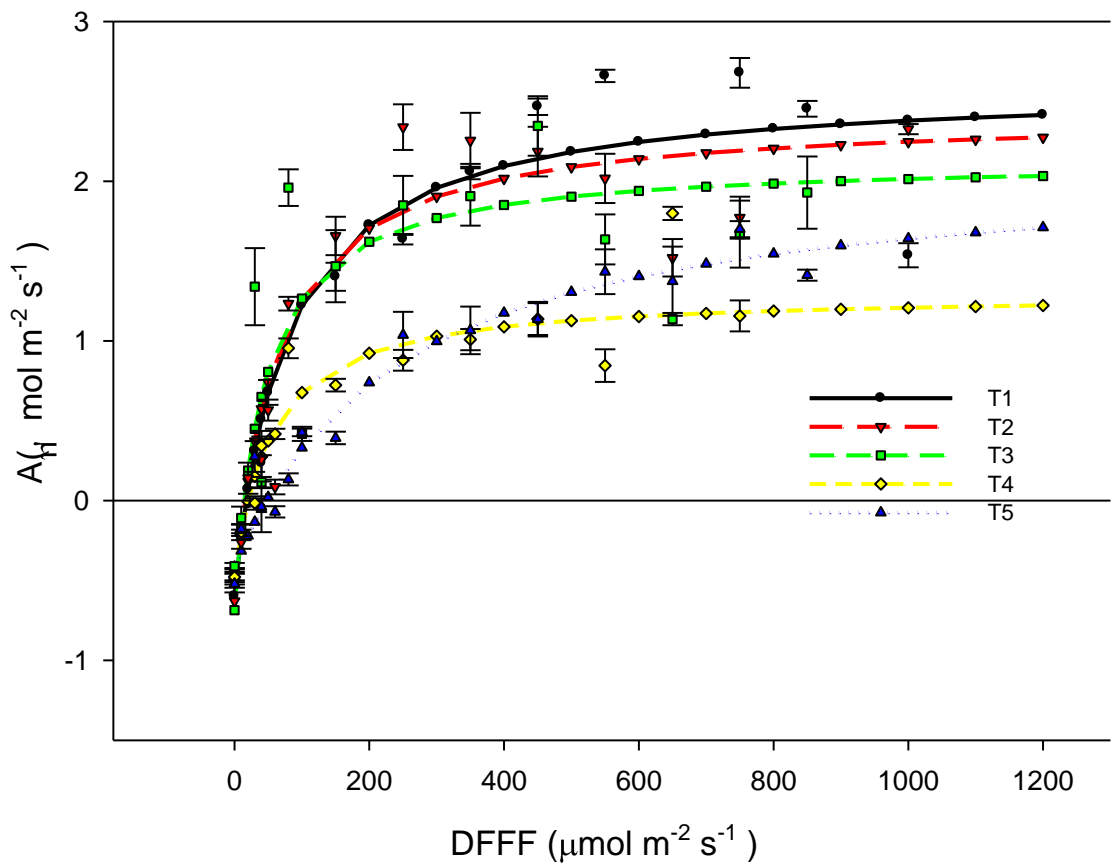


Figura 4. Curvas de saturación de luz de *M. meridensis*.

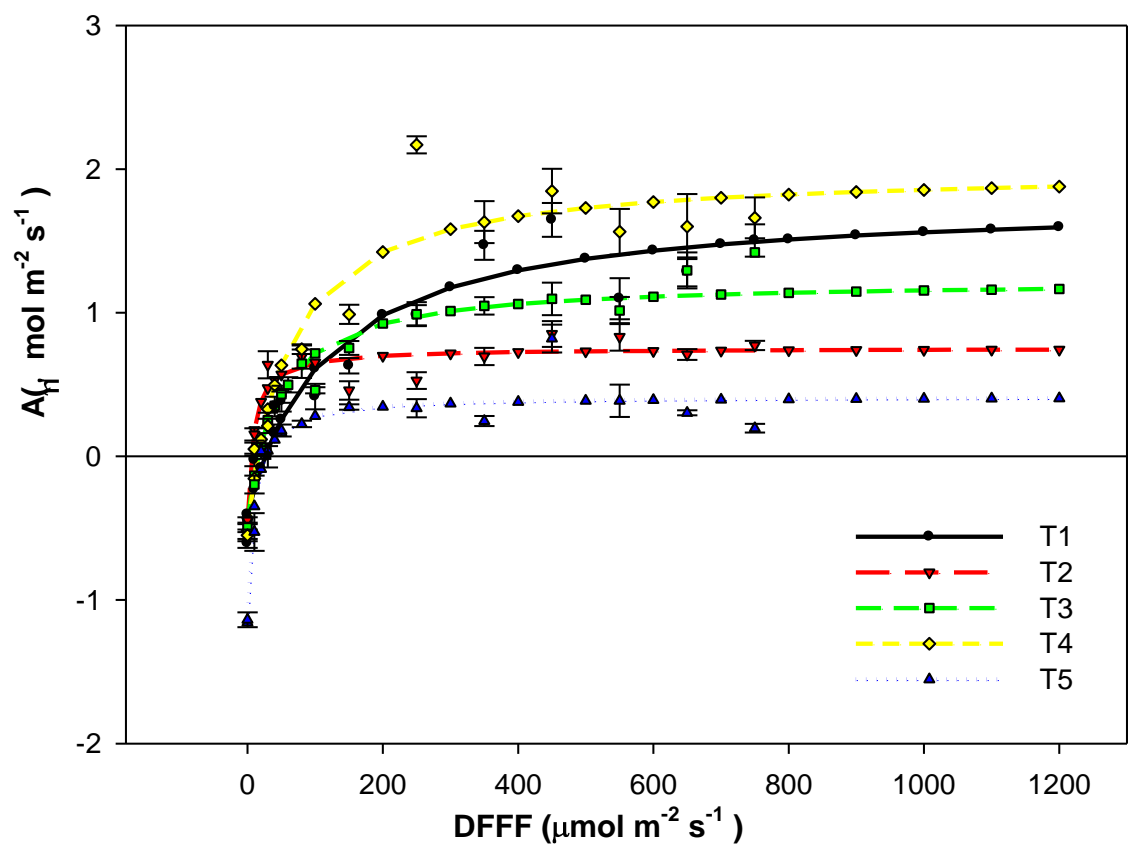
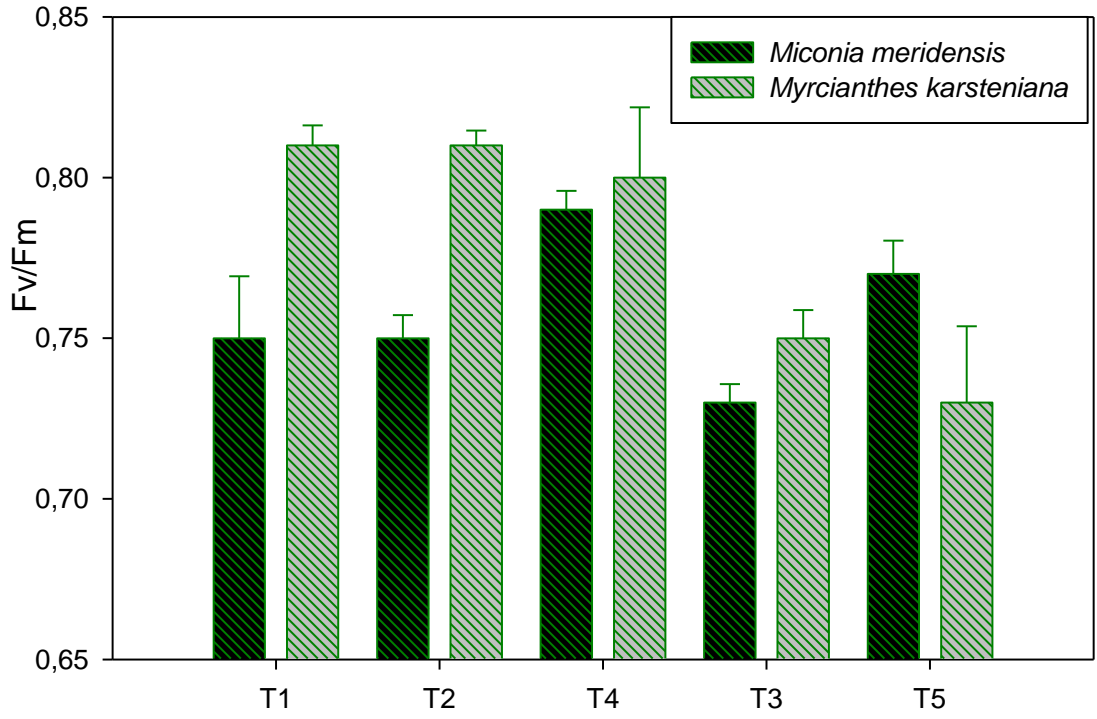


Figura 5. Curvas de saturación de luz de *M. karsteniana*.



**Figura 6. Resultados de Fv/Fm para los tratamientos**

## Bibliografía.

- Acevedo M, Ataroff M, Monteleone S, Estrada C (2003)** Heterogeneidad estructural y lumínica del piso del bosque de una selva nublada andina de Venezuela. *Interciencia* 28: 394 -403
- Acevedo M, Monteleone S, Ataroff M, Estrada C (2001)** Aberturas del dosel y espectro de la luz en el piso del bosque de una selva nublada andina de Venezuela. *Ciencia* 9: 165 - 183
- Arends E, Villaquirán A, Calderon O (1991-1992)** Caracterización de la vegetación secundaria en un área talada de la selva nublada, Estado Mérida. *Revista Forest. Venez.* 25-26: 13-22
- Arnon DI (1949)** Copper enzyme in isolated choroplasts. Polyphenol oxidasa in *Beta vulgaris*. *Plant. Physiol.* 24: 1-15
- Arriaga L (2000)** Gap building-phase regeneration in a tropical montane cloud forest of north-eastern Mexico. *Ecology* 16: 535-562
- Ashton PS (1969)** Speciation among tropical forest trees: some deductions in light of recent evidence. *Biol. J. Linn Soc.* 1: 155-196
- Ataroff M (2001)** Venezuela. In: Kappelle M, Brown A (eds) *Bosques nublados del neotropico, Costa Rica*. Pp 397-442
- Ataroff M (2003)** Selvas y bosques de montaña. CONICIT-Fundación Polar, Caracas, pp. 762-810. In: En: Aguilera M, Azócar, A., González-Jiménez, E. (eds) *Biodiversidad en Venezuela.* , CONICIT-Fundación Polar, Caracas., pp 762-810.
- Ataroff M, Rada F (2000)** Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest. *Ambio* 29: 440-444.
- Baldocchi D, Collineau S (1994)** The physical nature of solar radiation in heterogeneous canopies: spatial and temporal attributes. In: Caldwell M.M y Pearcy RW (eds) *Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants: Ecophysiological Processes Above- and Belowground.*, Academic Press, San Diego, CA, pp 21–72.
- Barton AM, Fetcher N, Redheard S (1989)** The relationship between treefall gap size and light flux in a neotropical rain forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 5: 437-439
- Ellis A, Hubbell S, Potvin C (2000)** In situ field measurements of photosynthetic rates of tropical tree species: a test of the functional groups hypothesis. *Can. J. Bot.* : 1336-1347
- Ellsworth D, Reich P (1996)** Photosynthesis and leaf nitrogen in five Amazonia tree species during early secondary succession. *Ecology* 77: 581-594
- Farquhar GD, Sharkey TD (1982)** Stomatal Conductance and Photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology* 33: 317-345
- Fetcher N, Oberbauer SF, Rojas G, Strain BR (1987)** Efectos del régimen de luz sobre la fotosíntesis y el crecimiento en plántulas de árboles de un bosque lluvioso tropical de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 35 (supl.1): 97 - 110
- Field CB (1987)** Algunos aspectos importantes para el estudio de la fotosíntesis en los bosques tropicales. *Rev. Biol. Trop.*, 35: 197-200
- Finegan B (1996)** Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 119- 124.
- García-Núñez C (1992)** Efectos del ambiente de luz en la respuesta fotosintética, anatomía foliar y relaciones hídricas en plántulas de dos especies arbóreas de la Selva Nublada de la Carbonera. *Postgrado de Ecología Tropical*. Magister

Scientiae en Ecología Tropical. Universidad de Los Andes, Mérida - Venezuela, p 164

- García-Núñez C, Azócar A, Rada F (1995)** Photosynthetic acclimation to light in juveniles of two cloud forest tree species. *Trees* 10: 114 - 124
- Kitajima K (1996)** Ecophysiology of tropical tree seedling. In: Mulkey SS, Chazdon RL, Smith AP (eds) *Tropical Forest Plant Ecophysiology*, New York, pp 559-596.
- Kozlowski TT (2002)** Physiological ecology of natural regeneration of harvested and disturbed forest stands: implications for forest management. *Forest Ecology and Management* 158: 195-221
- Krall JP, Edwards GE (1992)** Relationship between photosystem II activity and CO<sub>2</sub> fixation in leaves. *Physiologia Plantarum* 86: 180-187.
- Márquez O (1988)** Génesis de una secuencia de suelos en el Bosque Experimental San Eusebio, La Carbonera. Edo Mérida. *Revista Forestal Venezolana*: 133-150
- Ramos MC, Plonczak MA (2007)** Dinámica sucesional del componente arbóreo luego de un estudio destructivo de biomasa en el Bosque Universitario San Eusebio, Mérida Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 1: 35-46
- Rangel C (2004)** Mapa de vegetación escala 1:5000 y visualización tridimensional de la Estación Experimental San Eusebio por medio de sistemas de información geográfica y animaciones virtuales. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, p 51p