ARTÍCULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

Aporte al conocimiento del comportamiento de la Yerba Mate (Ilex paraguariensis St. Hil) bajo condiciones lumínicas naturales en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú

Contribution to the knowledge of the Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) behavior under natural light conditions in the Mbaracayú Forest Nature Reserve

Danilo Salas¹, Evelyn Valdez², Yolanda Fernández² ¹ Fundación Moisés Bertoni para la Conservación de la Naturaleza. Asunción, Paraguay. ² Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

> Autor de correspondencia: dsalas@mbertoni.org.py DOI: https://doi.org/10.32480/rscp.2019-24-1.74-98 Recibido: 07/01/2019. Aceptado: 10/03/2019.

Resumen: Resulta importante determinar las condiciones de luminosidad más favorables para el cultivo de Yerba Mate. Para el efecto se realizaron dos experimentos independientes, ambas siguieron un diseño cuasi experimental con enfoque cuantitativo. La población estudiada fueron las plantas de yerba mate implantadas bajo monte en dos condiciones de luminosidad, durante cuatro meses, de julio a noviembre de 2017. Para el primer caso el objetivo fue, evaluar el crecimiento de las plantas de yerba mate bajo monte en dos condiciones de luminosidad en la Reserva. Cada condición de luz estuvo conformada por 36 plantas, distribuidas en seis parcelas. Las variables evaluadas fueron luminosidad, altura, diámetro de cuello, área foliar y cantidad de hojas, se registró la sobrevivencia de plantas. La luminosidad más alta se registró en la condición de claro, en el mes de julio con un promedio de (1797,5 ± 211,9 lx). El crecimiento fue mayor en la condición de claro, donde se obtuvieron los siguientes promedios: altura (26,89 \pm 5,2 cm), diámetro de cuello (4,10 \pm 0,4 mm), área foliar (253,31 \pm 139,7 cm²) y cantidad de hojas (15 \pm 6 hojas). Para el incremento en altura, diámetro de cuello, área foliar y cantidad de hojas, existieron diferencias significativas entre las dos condiciones de luminosidad. El incremento fue mayor en la condición de claro, donde se obtuvieron los siguientes promedios: $(10.81 \pm 5.2 \text{ cm})$, $(1.55 \pm 0.5 \text{ mm})$, $(81.35 \pm 144.3 \text{ cm}^2)$ y $(4 \pm 6 \text{ hojas})$ respectivamente. La sobrevivencia de plantas fue ligeramente superior en la condición de dosel cerrado con 75% de sobrevivencia. Para el segundo caso, el objetivo fue evaluar la influencia de la luminosidad sobre la morfología y fenología foliar de la yerba mate, para tal efecto fueron instalados 80 plantas (bajo monte y pleno sol), 40 por condición. Se midieron variables como: luminosidad, cantidad total, cantidad brotes y persistencia de hojas, morfología media (largo y ancho), área foliar y al final de la investigación se registró la sobrevivencia. La plantación a pleno sol fue afectada a inicios de la investigación por la helada. La luminosidad presentó variaciones en ambas condiciones, en la plantación a pleno sol se produjo una disminución de luminosidad a partir del mes de setiembre mientras que, en las de bajo monte se produjo un aumento de luminosidad por la caída de un árbol. La cantidad de brotes fue mayor a pleno sol, con un total de 7 ± 5.9 hojas/planta, sin embargo, no hubo diferencias significativas con las de bajo monte. La misma condición registró la mayor caída de



hojas entre agosto y setiembre, mientras que las de bajo monte presentaron mayor persistencia de hojas. Las hojas de la yerba mate bajo monte eran más anchas $(3.7 \pm 0.8 \text{ cm})$ por lo que el área foliar fue mayor con un total de $245.5 \pm 139.7 \text{ cm}^2$, hubo diferencias significativas por condición para estas variables. La sobrevivencia de plantas fue del 90% para ambas condiciones.

Palabras clave: Yerba mate, condiciones lumínicas, Mbaracayú, fisiología

Abstract: It is important to determine the most favorable lighting conditions for yerba mate cultivation. To achieve this, two independent experiments were carried out, both followed a quasiexperimental design with a quantitative approach. The studied population were yerba mate plants implanted in scrubland under two conditions of luminosity during four months, from July to November 2017. In the first case the objective was to evaluate the growth of the yerba mate plants in scrubland under two luminosity conditions in the Reserve. Each light condition icnluded 36 plants, distributed in six plots. The variables evaluated were luminosity, height, neck diameter, leaf area and leaf number as well as the plant survival. The highest luminosity was recorded in the clearing condition in July with an average of (1797.5±211.9 lx). The growth was greater in the clearing condition, where the following averages were obtained: height (26.89±5.2 cm), neck diameter $(4.10\pm0.4 \text{ mm})$, leaf area $(253.31\pm139.7 \text{ cm}2)$ and leaf number $(15\pm6 \text{ leaves})$. In relation to the increase in height, diameter of neck, leaf area and leaf number, there were significant differences between the two conditions of luminosity. The increase was greater in the clearing condition, where the following averages were obtained: $(10.81\pm5.2 \text{ cm})$, $(1.55\pm0.5 \text{ mm})$, $(81.35\pm144.3 \text{ cm}2)$ and $(4\pm6.35\pm0.5 \text{ mm})$ leaves) respectively. The survival of plants was slightly higher in the closed canopy condition with 75% survival. In the second case, the objective was to evaluate the influence of the luminosity on the foliar morphology and phenology of yerba mate, for this purpose 80 plants were installed (scrubland and full sun), 40 per condition. Variables such as luminosity, total amount, number of sprouts and persistence of leaves, average morphology (length and width), and leaf area were measured while survival was recorded at the end of the study. The plantation in full sun was affected by the frost at the beginning of the study. The luminosity presented variations in both conditions, there was a decrease in luminosity from September in the plantation in full sun while there was an increase in luminosity in those of scrubland due to the fall of a tree. The number of sprouts was greater in full sun, with a total of 7 ± 5.9 leaves/plant, however, there were no significant differences with those of scrubland. The same condition registered the highest leaf fall between August and September, while those of scrubland showed greater persistence of leaves. The yerba mate leaves of scrubland were wider (3.7±0.8 cm), therefore the leaf area was greater with a total of 245.5±139.7 cm2. There were significant differences by condition for these variables. The survival of plants was 90% for both conditions.

Keywords: Yerba mate, light conditions, Mbaracayú, physiology

INTRODUCCIÓN

¿Cuánta luz necesitan las plantas de yerba mate? Una de las preguntas fundamentales, respecto a la fisiología de las plantas, es entre los varios requerimientos el tema de la luz solar; es en este punto en el que se han realizado dos importantes investigaciones, pues la respuesta tiene un efecto muy importante no solamente para los conocimientos ecofisiólogos; sino también en decisiones directas de manejo que afectan los productores, pues determina en buena medida el mejor modelo de cultivo, si lo que se persigue es enriquecer el bosque nativo con esta especie, como una estrategia para mantener o fomentar coberturas vegetales importantes para la biodiversidad, como es el caso del modelo que viene estableciéndose en la Reserva de Biosfera del Bosque Mbaracayú, por parte de la Fundación Moisés Bertoni.

La luz solar es la principal fuente de energía para los ecosistemas. Esta es capturada por las plantas mediante la fotosíntesis y la energía es almacenada en los enlaces químicos de los compuestos orgánicos. La luz solar también controla el estado del tiempo en la Tierra: la energía luminosa transformada en calor afecta los patrones de lluvia, la temperatura de la superfície, el viento y la humedad. La forma en que esos factores ambientales se distribuyen en la superfície del globo terráqueo determina el clima y tiene importancia para la agricultura.

La luz natural comprende la región del espectro electromagnético que va desde el espectro ultravioleta invisible pasando por el espectro de la luz visible hasta el infrarrojo invisible. La energía solar que recibe la tierra llega en forma de ondas electromagnéticas que varían en longitud desde 0,001 nanómetros (nm) hasta longitudes de más de 1.000.000.000 nm. Esta energía forma lo que se llama espectro electromagnético. Sin embargo, lo que consideramos como luz es solo una parte del espectro electromagnético, la luz con longitudes de onda entre 1 nm y 390 nm es conocida como luz ultravioleta. La luz visible es el componente con longitudes de onda entre 400 nm y 760 nm. La luz con una longitud de onda mayor a 760 nm y menor a 1.000 nm, es conocida como infrarroja, y tal como la luz ultravioleta, es invisible al ojo humano; cuando la longitud de onda de la luz infrarroja es mayor de 3.000 nm se percibe como calor (1).

Relevancia de la Luz. La totalidad de luz, es decir de las longitudes que llegan a la superficie terrestre son importantes para todas las formas de vida, las cuales se han adaptado evolutivamente a los diversos espectros. Estas adaptaciones varían desde la capacidad de capturar en forma activa la energía hasta la prevención deliberada a la exposición de energía solar. La luz ultravioleta no puede ser observada a simple vista, pero es fundamental para ciertas reacciones químicas de las plantas. Adicional a las longitudes de onda más cortas de luz visible, la luz ultravioleta promueve la formación de los pigmentos vegetales

llamados antocianinas, y está relacionada con la inactividad de algunos sistemas hormonales importantes para la elongación del tallo y el fototropismo (2).

Dado que la radiación ultravioleta puede ser perjudicial a los tejidos de las plantas y que el nivel total de energía ultravioleta que llega a la superficie es muy reducido, las plantas no han desarrollado diversas adaptaciones para su uso; por el contrario, la radiación UV es en gran parte evitada mediante la epidermis opaca, presente en la mayoría de las plantas, la cual retiene la radiación UV evitando el ingreso a los tejidos o células sensibles.

La energía luminosa del espectro visible es la más importante para los agroecosistemas. Dependiendo de las condiciones locales del clima, esta constituye entre 40% y 60% de la energía total irradiada sobre la superficie terrestre; también es conocida como radiación fotosintéticamente activa (RAFA) y su longitud de onda se ubica de 400 a 760 nm (3).

La energía de la luz infrarroja con una longitud de onda que va de 800 a 3.000 nm tiene un rol importante en la activación de las hormonas asociadas con la germinación, las respuestas de las plantas al cambio de la duración del día y otros procesos; en el rango superior a los 3.000 nm, la luz infrarroja se calienta y diferentes impactos ecológicos son evidentes.

Algunas especies del dosel remueven la luz roja y azul, dejando básicamente pasar la luz rojo oscuro y verde. Por lo tanto, la calidad de la luz puede ser un factor limitante para las plantas bajo el dosel, aun cuando la cantidad total de luz parezca ser adecuada (3).

Cuando la intensidad de luz es muy alta, los pigmentos fotosintéticos se saturan, por lo que la cantidad adicional de luz no incrementa la tasa de fotosíntesis, pero si la luz es excesiva puede causar la degradación de los pigmentos de la clorofila y dañar los tejidos de las plantas. En el caso contrario, cuando el nivel de luz es bajo, puede causar que la planta alcance el punto de compensación de luz, o sea el nivel de intensidad de luz donde la cantidad de fotosintatos producidos es igual a la cantidad requerida para la respiración. Cuando la intensidad de luz está por debajo del punto de compensación, el balance de energía de la planta es negativo. Si el balance negativo no es superado en un periodo de actividad fotosintética y de absorción de la energía, la planta puede morir.

La cantidad de tiempo en que la superficie de las hojas está expuesta a la luz solar durante de forma diaria afecta la tasa fotosintética, del mismo modo que afecta el crecimiento y el desarrollo de la planta a largo plazo. La duración de la exposición a la luz también es una variable importante de cómo la intensidad o calidad de esa luz afecta el desarrollo de los vegetales (2).

La cantidad y calidad de luz recibida por una planta en un lugar específico y la duración de la exposición a la luz, están en función de ciertos factores importantes entre los que se

destacan: 1) la estación del año, 2) la latitud, 3) la altitud, 4) la topografía, 5) la calidad del aire y 6) la estructura del dosel de la vegetación.

A efectos de aportar en contestar la pregunta generada, respecto a la cantidad de luz y los requerimientos ambientales que tiene la yerba mate se han efectuado dos experimentos uno que buscó el determinar el crecimiento de la yerba mate (*Ilex paraguariensis St. Hil.*) bajo monte en dos condiciones de luminosidad; y el otro en el que se evaluó la influencia de la luminosidad sobre la morfología y fenología foliar de la yerba mate, en ambos casos estos experimentos son dos tesis para la obtención del título de Ingeniero Forestal.

METODOLOGÍA

Los experimentos se realizaron en inmediaciones de la Estación Biológica de la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú (RNBM), localizada en el noreste de la región Oriental, en el Departamento de Canindeyú, entre los 24° 00' y 24° 15' de latitud Sur, y 55° 00' y 55° 32' de longitud Oeste.

La población se centró en las plantas de yerba mate que fueron implantadas bajo monte en dos condiciones de luminosidad, en el mes de julio de 2017, finalizando las observaciones en noviembre del mismo año. Las plantas de yerba mate fueron obtenidas de un vivero cercano a la zona de la Reserva, aparentemente presentaban buen estado fitosanitario; el color de hojas era uniforme y no se observaron parásitos, y edad homogénea; con una altura media aproximada de 16 cm.

En el primer caso, se ajustó el modelo experimental a dos condiciones de luminosidad, para lo cual se seleccionaron 12 parcelas (seis parcelas en claros naturales y seis parcelas con dosel cerrado), se realizó la limpieza del sotobosque y ocasionalmente una limpieza superficial del suelo, para todas las parcelas de ambas condiciones, se utilizaron en total 72 plantas de yerba mate. En cada condición se plantaron 36 plantas (repeticiones), las cuales fueron distribuidas en seis parcelas. Cada una de las parcelas contó con seis plantas. La dimensión de la parcela fue de 4 m × 3 m, y la distancia de plantación fue de 1 m × 1 m. Para reducir el efecto borde, la plantación se realizó a 1,5 m de los bordes del claro.

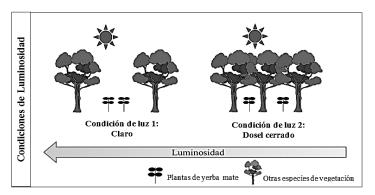


Figura 1: Condiciones de luminosidad para la toma de datos

En este caso, la luminosidad (lx): Se registró mensualmente (desde la plantación), la cantidad de luz incidente en cada parcela, para ambas condiciones, utilizando un fotómetro. La toma de datos se realizó en un rango de horario establecido (de 11:00 a 12:00 horas), a 1 m de altura del suelo. Para los meses de julio y agosto, se realizaron tres lecturas en fotómetro, en el centro de cada parcela. Para los meses siguientes (setiembre, octubre y noviembre) en cada parcela se realizaron 30 lecturas por mes, que se distribuyeron en seis lecturas en el centro y seis lecturas en cada uno de los cuatro lados de la parcela, del mismo modo, la altura y el diámetro de cuello de las 72 plantas se midió mensualmente. Para el área foliar, se seleccionaron tres hojas para cada una de las plantas (de la parte superior, media e inferior de la parte aérea de la planta). Para su identificación, las hojas seleccionadas fueron marcadas con una cinta adhesiva en el peciolo. Para determinar el área de cada hoja seleccionada, se utilizó el método de malla de puntos. Respecto a la cantidad de hojas, se realizó el conteo de hojas por planta.

Para el análisis de los datos, se aplicaron dos tipos; primero, se realizó una comparación mensual entre las dos condiciones de luminosidad, con respecto al crecimiento promedio de cada variable; excepto para la variable de área foliar, donde solo se calculó el crecimiento promedio del mes inicial (julio) y el mes final (noviembre) para ambas condiciones; y segundo, para cada condición de luminosidad, se identificaron las diferencias entre las variables dependientes, que se registraron en las primeras (julio) y en las últimas (noviembre) mediciones. Los cambios identificados fueron considerados como el incremento final de estas variables. Posteriormente, se aplicó el análisis estadístico no paramétrico (Test de Wilcoxon). El software estadístico utilizado fue "R Project".

En el segundo caso, fueron seleccionadas dos parcelas (bajo monte y pleno sol), para la selección de las mismas fueron considerados los siguientes parámetros: a) Bajo monte, cobertura con dosel cerrado y un efecto borde de 6 m, esto con el fin de evitar el ingreso de

luz desde un ángulo no deseado, que pudiera alterar el comportamiento de las plantas dentro de esa condición; y b) Pleno sol, se tuvo en cuenta el espacio disponible dentro del área de estudio atendiendo que la investigación no intervenga con las actividades externas al experimento y que la misma aproveche la mayor cantidad de luz durante el día. Cada parcela contó con 40 plantas respectivamente a un distanciamiento de 1 m x 1 m. Las dimensiones de las parcelas fueron de 10 m × 4 m.

Se realizaron mediciones constantes mensuales a las variables fenológicas (cantidad total, cantidad de brotes y persistencia de hojas) y los datos de luminosidad con el fin de obtener tendencias mensuales en las dos condiciones. Sin embargo, las variables morfológicas (morfología y área foliar) fueron registradas solo en los meses inicial y final para obtener una variación entre condiciones. En este caso, la luminosidad fue registrada dentro de un rango de horario establecido (de 12:00 a 13:00) y fue determinada utilizando la misma metodología descrita en la investigación anterior.

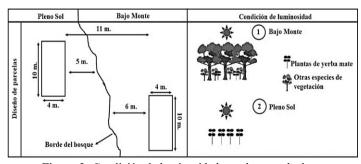


Figura 2: Condición de luminosidad para la toma de datos

Para lograr el conteo de hojas/planta, se procedió a marcar todas las hojas de las plantas de yerba mate, las mismas fueron hechas con cintas adhesivas de color negro ubicadas en la parte apical, esto con el fin de obtener un registro de la cantidad total de hojas. Cada mes los brotes nuevos eran marcados con un color distinto diferenciándolas de ese modo de aquellas hojas remanentes. La morfología media y área foliar se determinaron tomando al azar 3 hojas representativas de cada estrato (inferior, medio y superior), para tal efecto se procedió a marcar cada hoja con una cinta adhesiva en el peciolo con el fin de obtener los siguientes resultados: largo y ancho de hojas para la morfología media y la estimación del área foliar. Este último fue hecho mediante el método de malla de puntos.

Para el análisis de los datos, primeramente, se realizó una estadística descriptiva para analizar las tendencias mensuales de las variables fenológicas y de luminosidad de cada condición. Para ello, fueron utilizadas planillas en Excel, empleando las fórmulas

establecidas para obtener el promedio de todos los individuos y la desviación estándar correspondiente mes por mes de las variables consideradas. Las lecturas de luminosidad obtenidas con el fotómetro fueron convertidas previamente a Lux (lx). En segundo lugar, fueron analizados estadísticamente los datos iniciales y finales obtenidos. Para tal, se procedió a realizar la prueba de Shapiro-Wilk a las diferencias entre el mes final e inicial con el fin de determinar el tipo de distribución que presentan los datos registrados. Una vez hecho esto, se aplicó un análisis estadístico a cada variable incluyendo las morfológicas con el fin de comparar las medias entre condiciones. El método utilizado fue el de prueba de rangos con signos de Wilcoxon, modelo no paramétrico. El software estadístico utilizado fue "R Project".

RESULTADOS

Para el primer experimento, de "Crecimiento de la yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Bajo Monte en Dos Condiciones de Luminosidad", se obtuvieron los siguientes resultados:

Influencia de las dos condiciones de luz sobre el crecimiento mensual de las plantas de yerba mate

Luminosidad

 Tabla 1: Luminosidad promedio por mes, para las condiciones de claro y dosel cerrado

Meses	Claro	Dosel cerrado
Julio	$1797,5 \pm 211,9$	$656,3 \pm 164,8$
Agosto	$1237,3 \pm 535,5$	$486,3 \pm 097,1$
Setiembre	$1452,6 \pm 769,9$	$398,2 \pm 125,0$
Octubre	$0996,8 \pm 355,7$	$402,2 \pm 143,3$
Noviembre	$1768,5 \pm 771,9$	$231,2 \pm 067,2$

Los mayores valores promedios de luminosidad se encuentran en la condición de luz 1, correspondiente a claro. Para la condición de claro, los promedios de luminosidad fueron variando a lo largo de los meses del experimento. El valor de luminosidad más alto se registró en el mes de julio con un promedio de 1797,5 ±211,9 lx. Para la condición de dosel cerrado, los promedios de luminosidad tendieron a disminuir a lo largo de estos meses. Igualmente, se obtuvo una mayor luminosidad en el mes de julio con un promedio de 656,3 ±164,8 lx. Estos valores altos pudieron deberse a que, en dicha época fría, se observó que los árboles no contaban con mucho follaje, lo que posibilitó una mayor entrada de luz. Así también, en la época de caída de hojas, ingresa una mayor cantidad de radiación solar dentro del bosque (Ver tabla 1).

Altura

Tabla 2: Crecimiento promedio en altura, para las condiciones de claro y dosel cerrado

Altura promedio	(cm)	
Meses	Claro	Dosel cerrado
Julio	$16,08 \pm 2,1$	$16,14 \pm 3,2$
Agosto	$17,02 \pm 1,9$	$16,92 \pm 3,1$
Setiembre	$18,38 \pm 1,5$	$17,72 \pm 3,3$
Octubre	$22,40 \pm 2,2$	$19,11 \pm 3,3$
Noviembre	$26,89 \pm 5,2$	$20,05 \pm 3,4$

Durante los primeros dos meses ocurre un bajo crecimiento en altura, para ambas condiciones. A partir del mes de octubre, con el comienzo de la primavera y coincidiendo con la época de crecimiento activo de la yerba mate (4) y con el aumento de la temperatura, lo cual es requerida por la planta (5, 6); se observó un notable crecimiento en altura para la condición de claro, alcanzando en noviembre una altura promedio de $26,89 \pm 5,2$ cm. Comparativamente en la condición de dosel cerrado, se observó un crecimiento menor a lo largo de la investigación, alcanzando en el mes de noviembre una altura promedio de $20,05 \pm 3,4$ cm. (Ver tabla 2).

Los resultados indican que la cantidad de luz que incidió en las parcelas, influyó en la altura de las plantas, siendo mayor la altura a niveles más altos de luz, como en los claros. Así, a pesar de que la yerba mate sea una especie esciófita (5), al igual que otras plantas, también requiere de luz para estimular su crecimiento y desarrollo (8, 9).

Diámetro de cuello

Tabla 3: Crecimiento promedio del diámetro de cuello para las condiciones de claro y dosel cerrado

Meses Claro Dosel cerrado
Julio $2,55 \pm 0,4$ $2,53 \pm 0,5$
Agosto $2,72 \pm 0,5$ $2,78 \pm 0,7$
Setiembre $3,22 \pm 0,4$ $2,99 \pm 0,7$
Octubre $3,51 \pm 0,4$ $3,27 \pm 0,7$
Noviembre $4,10 \pm 0,4$ $3,68 \pm 0,8$

Los resultados para el diámetro de cuello muestran que en el primer mes (agosto), el crecimiento promedio es similar para ambas condiciones de luz. (Ver tabla 3) A partir del mes de setiembre y en adelante, coincidiendo con la época de crecimiento activo de la yerba

mate (4), fue mayor el crecimiento en diámetro de cuello en la condición de claro, alcanzando en el mes de noviembre un promedio de $4,10\pm0,4$ mm. Mientras que la condición de dosel cerrado alcanzó en el mes de noviembre un promedio de $3,68\pm0,8$ mm. Estos resultados indican que, a mayor cantidad de luz, como en los claros, mayor es el crecimiento en diámetro de cuello. De igual manera Romo (6), menciona que el diámetro de cuello generalmente crece mucho más con niveles más altos de luz.

Área foliar

Tabla 4: Crecimiento promedio del área foliar para las condiciones de claro y dosel cerrado

Área foliar promedio (cm2)			
Meses	Claro	Dosel cerrado	
Julio	$171,96 \pm 043,0$	$189,77 \pm 47,3$	
Noviembre	$253,31 \pm 139,7$	$171,88 \pm 86,3$	

El área foliar fue mayor en la condición de claro, obteniéndose en el mes de noviembre un promedio de $253,31 \pm 139,7$ cm². Se observó que en la mayoría de las plantas, las hojas aumentaron de tamaño y también la cantidad era mayor. Esto sugiere que a pesar de que la yerba mate sea una especie esciófita (5), también requiere de cierta cantidad de luz para estimular el crecimiento y desarrollo (8, 9). (Ver tabla 4)

En la condición de dosel cerrado, se obtuvo una disminución en el área foliar, obteniéndose en el mes de noviembre un promedio de $171,88 \pm 86,3$ cm². Se observó que esta reducción en el área foliar se debió a la pérdida de hojas (parcial o total de algunas hojas). Así también, el aumento de tamaño de las hojas remanentes y la ganancia de hojas nuevas, era lento. Esto coincide con Enríquez (7), quién menciona que la mayor desventaja del sombrío es la disminución de la producción. Los resultados indican que el crecimiento de la yerba mate en el área foliar se ve favorecido por una condición de mayor luminosidad, como los claros.

Cantidad de hojas

Tabla 5: Cantidad de hojas promedio para las condiciones de claro y dosel cerrado

Cantidad de hojas			
Meses	Claro	Dosel cerrado	
Julio	10 ± 2	11 ± 2	
Agosto	10 ± 3	11 ± 2	
Setiembre	11 ± 3	11 ± 3	
Octubre	12 ± 4	10 ± 4	
Noviembre	15 ± 6	10 ± 4	

Los resultados muestran que, a partir del mes de septiembre, coincidiendo con el periodo de brotación de la yerba mate (4), en la condición de claro, aumenta la cantidad de hojas, alcanzando en el mes de noviembre la cantidad promedio de 15 ± 6 hojas. En la condición de dosel cerrado, la cantidad de hojas permanece constante hasta el mes de setiembre, pero posteriormente este número se reduce, por la pérdida de hojas (parcial o total); obteniéndose en el mes de noviembre la cantidad promedio de 10 ± 4 hojas. Se observó que esta pérdida de hojas, ocurrió principalmente por debilitamiento o marchitez, y ocasionalmente por el ataque de insectos. (Ver tabla 5).

Los resultados indican que, a mayor cantidad de luz, como en los claros, también es mayor la cantidad de hojas en las plantas de yerba mate. Así también, en otras plantas como el cacao, hay una mayor producción de hojas, con niveles más altos de luz, esto como resultado o efecto del proceso de fotosíntesis (7).

Influencia de las dos condiciones de luz sobre el incremento final de los caracteres morfológicos de las plantas de yerba mate

Incremento en altura

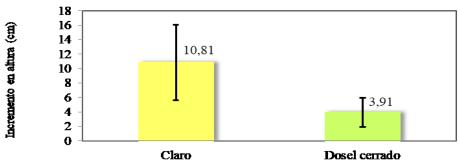


Figura 3: Incremento promedio en altura para las condiciones de claro y dosel cerrado, cuatro meses después de la plantación.

Los resultados del análisis estadístico para el incremento en altura, mostraron que hubo diferencia significativa entre las dos condiciones de luminosidad (p < 0,05). En la condición de claro fue mayor el incremento en altura, donde se obtuvo un promedio de $10,81 \pm 5,2$ cm. Mientras que, en la condición de dosel cerrado, el incremento promedio fue de $3,91 \pm 2,0$ cm. Estos resultados coinciden con los de Romo (6), que en plántulas de *Dipteryx micrantha*, el crecimiento en altura fue mayor en los claros que en el sotobosque. Así también, Arteaga (7), obtuvo un mayor crecimiento en altura para un área abierta, en plántulas de *Cedrela odorata*. Por el contrario, Piña y Arboleda (8), obtuvieron como

resultado que las plantas de *Crescentia cujete*, localizadas bajo sombra (techo), tuvieron una mayor altura, en comparación con las del tratamiento de mayor luminosidad (Ver Figura 3).

Incremento en diámetro de cuello

Según resultados del análisis estadístico para el incremento en diámetro de cuello, existieron diferencias significativas entre las dos condiciones de luminosidad (p < 0,05). En la condición de claro, se obtuvo un mayor incremento, siendo este promedio de 1,55 \pm 0,5 mm; mientras que, en la condición de dosel cerrado, se obtuvo un incremento promedio de 1,15 \pm 0,6 mm. (Ver Figura 4). Estos resultados coinciden con los de Romo (6), donde el crecimiento en diámetro de cuello fue mayor en los claros que en el sotobosque. De igual manera, los resultados de Piña y Arboleda (8), muestran un mayor crecimiento en diámetro de cuello en condiciones de mayor luminosidad.

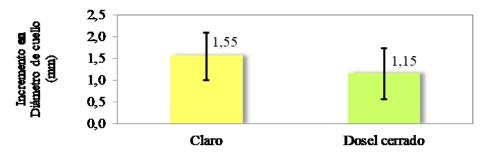
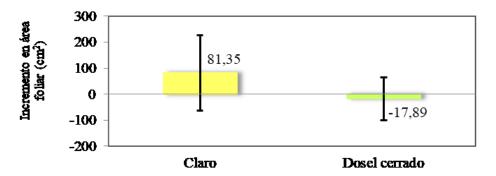


Figura 4: Incremento promedio en diámetro de cuello para las condiciones de claro y dosel cerrado, cuatro meses después de la plantación.

Incremento en área foliar



Salas D, Valdez E, Fernández Y. Aporte al conocimiento del comportamiento de la Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) bajo condiciones lumínicas naturales en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú

Figura 5: Incremento promedio en área foliar para las condiciones de claro y dosel cerrado, cuatro meses después de la plantación.

Los resultados del análisis estadístico para el incremento en área foliar mostraron que hubo diferencias significativas entre las dos condiciones de luminosidad (p < 0,05). En la condición de claro se obtuvo un incremento promedio de $81,35 \pm 144,3$ cm². Por el contrario, en la condición de dosel cerrado, se obtuvo una pérdida de área foliar, siendo este promedio de $-17,89 \pm 83,3$ cm². Esto se debió a la pérdida de hojas, ya sea de forma parcial o total. (Ver Figura 5).

Los resultados coinciden con los de Arteaga (7), donde el área foliar también fue mayor en las plántulas del área abierta. Por el contrario, Piña y Arboleda (8), obtuvieron una mayor área foliar en las plantas que se encontraban bajo sombra (techo).

Incremento en cantidad de hojas

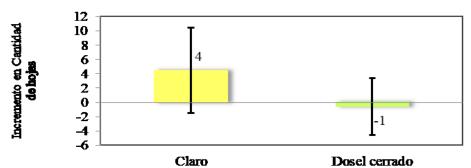


Figura 6: Incremento promedio en cantidad de hojas para las condiciones de claro y dosel cerrado, cuatro meses después de la plantación.

Según resultados del análisis estadístico para el incremento en la cantidad de hojas, existieron diferencias significativas entre las dos condiciones de luminosidad (p < 0.05).

Para la condición de claro, se obtuvo un incremento promedio de 4 ± 6 hojas. Por el contrario, para la condición de dosel cerrado, hubo una pérdida de hojas, siendo este promedio de -1 ± 4 hojas. Se observó que esta pérdida de hojas ocurrió principalmente por el debilitamiento o marchitez de las hojas, y en menor grado por el ataque de insectos. (Ver Figura 6).

Estos resultados coinciden con los de Arteaga (7), donde el número de hojas fue mayor en las plántulas del área abierta. De igual manera, los resultados de Piña y Arboleda (8),

muestran una tendencia en aumentar la cantidad de hojas en condiciones de mayor luminosidad.

Sobrevivencia de plantas

Los resultados muestran valores similares de sobrevivencia para ambas condiciones de luz; siendo ligeramente superior en la condición de dosel cerrado, con 75% de sobrevivencia, correspondiente a 27 plantas vivas. Para la condición de claro se registró una sobrevivencia de 72,2%, lo que corresponde a 26 plantas vivas. (Ver Figura 7).

Estos resultados pudieron deberse a que las plantas que se encuentran bajo el dosel de los árboles, poseen una mayor protección ante condiciones adversas del clima o al ataque de insectos. Mientras que las plantas que se encuentran en los claros, son más propensas a sufrir daños, por cambios bruscos del tiempo o por ataque de insectos.

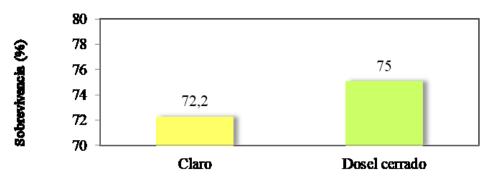


Figura 7: Sobrevivencia de plantas de yerba mate, cuatro meses después de la plantación.

Para el segundo experimento, de "Evaluación de la influencia de la luminosidad sobre la morfología y fenología foliar de la yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.)", se obtuvieron los siguientes resultados:

Análisis de la influencia de la luminosidad sobre la morfología y fenología foliar en plantaciones de yerba mate

Luminosidad

Tabla 6: Promedio mensual de luminosidad obtenida en plantaciones de yerba mate bajo monte y pleno sol

Rev. Soc. cient. Parag. 2019;24(1):74-98

Luminosidad (lx)		
Mes	Bajo Monte	Pleno Sol
Julio	$476,1 \pm 2,7$	$2752,9 \pm 0,0$
Agosto	$476,1\pm2,7$	$2752,9\pm0,0$
Setiembre	$465,\!4\pm76,\!2$	$2274,\!4 \pm 581,\!0$
Octubre	$862,8 \pm 123,8$	$1887,0\pm4,8$
Noviembre	$1101,9 \pm 914,9$	$2635,3 \pm 0,0$

La plantación de yerba mate bajo monte presentó una luminosidad inicial de $476,1 \pm 2,7$ lx manteniéndose casi constante hasta el mes de setiembre. A partir de ahí fue registrado un aumento significativo de luminosidad en el mes de octubre ($862,8 \pm 123,8$ lx) provocado por la caída de un árbol durante un temporal con vientos fuertes, dejando a la parcela totalmente expuesta a la radiación solar. Las mediciones en este mes fueron hechas además en un día nublado, razón por la que presenta un menor valor en comparación a las registradas en noviembre ($1101,9 \pm 914,9$).

La plantación de yerba mate a pleno sol presentó una luminosidad inicial de $2752,9 \pm 0,0$ lx disminuyendo en los meses de setiembre ($2274,4 \pm 581,0$ lx) y octubre ($1887,0 \pm 4,8$ lx). La disminución inicial en el mes de setiembre pudo deberse al cambio en la duración de las horas del día por la llegada de la primavera, mientras que, en octubre, la nubosidad durante el día también influyó en el valor obtenido para ese mes. Velázquez (9), en un estudio realizado en la Reserva del Bosque Mbaracayú registró una luminosidad promedio de $3011,5 \pm 352,6$ lx en plantaciones de yerba mate bajo monte (Ver Tabla 6).

Cantidad total de hojas

Tabla 7: Promedio mensual de la cantidad total de hojas registradas en plantaciones de yerba mate bajo monte y pleno sol

Cantidad total de hojas			
Mes	Bajo Monte	Pleno Sol	
Julio	$10\pm1,9$	$10 \pm 1,5$	
Agosto	$09 \pm 2,3$	$07\pm2,0$	
Setiembre	$11 \pm 2,7$	$08 \pm 3,0$	
Octubre	10 ± 3.9	$10 \pm 5,4$	
Noviembre	$12 \pm 4,\!4$	$11 \pm 6,1$	

La cantidad de hojas en la plantación de yerba mate bajo monte se mantuvo entre 9 y 12 hojas/planta durante la investigación. En el mes de agosto se registró en promedio un total

de $9 \pm 2,3$ hojas/planta siendo este el menor valor obtenido. En el mes de setiembre se registró un promedio de $11 \pm 2,7$ hojas/planta, mientras que, en octubre y noviembre se registró un total de $10 \pm 3,9$ y $12 \pm 4,4$ hojas/planta respectivamente. La cantidad de hojas en la plantación de yerba mate a pleno sol se mantuvo entre 7 y 11 hojas/planta. En el mes de agosto fue registrada la menor cantidad de hojas con un promedio de $7 \pm 2,0$ hojas/planta, setiembre registró un total de $8 \pm 3,0$ hojas/planta, mientras que, en el mes de octubre y noviembre se registró un total de $10 \pm 5,4$ y $11 \pm 6,1$ hojas/planta respectivamente (Ver Tabla 7).

En ambas condiciones de luminosidad fueron registradas una disminución de hojas durante el mes de agosto coincidiendo con la época fría, y con el inicio de la primavera, estos valores comenzaron a aumentar con los meses. Rakocevic et al., (10) registró la emisión de brotes con el inicio de la primavera produciéndose con mayor intensidad en el mes de setiembre, alcanzando a lo registrado bajo monte e incluso, llegando a superar esos valores a finales de octubre.

Cantidad de brotes

Tabla 8: Cantidad de brotes registrados mensualmente en plantaciones de yerba mate bajo monte y pleno sol

Cantidad de brot	es		
Mes	Bajo Monte	Pleno Sol	
Agosto	1 ± 0.8	$1 \pm 1,0$	
Setiembre	$2 \pm 1,6$	$5\pm3,3$	
Octubre	$3 \pm 1,7$	$7 \pm 5,7$	
Noviembre	$4\pm1,8$	$7 \pm 5,9$	

En el mes de agosto, se registró un promedio de 1 ± 0.8 y 1 ± 1 hojas/planta para bajo monte y pleno sol respectivamente (Ver Tabla 8). Las plantas de yerba mate estaban en un periodo de cese de crecimiento por las bajas temperaturas de la estación invernal, esta especie posee dos periodos en el que la planta disminuye parcial o totalmente sus actividades fotosintéticas. La primera parada total de crecimiento se produce en el periodo invernal, iniciando en el mes de junio hasta principios de setiembre. La segunda parada parcial o total se produce en verano, desde diciembre y extendiéndose hasta finales de febrero (10).

Al siguiente mes, en setiembre, estos valores aumentaron en la plantación de yerba mate a pleno sol logrando alcanzar un promedio de $5 \pm 3,3$ hojas/planta y superando de ese modo a lo registrado en la plantación de yerba mate bajo monte $(2 \pm 1,6)$. Rakocevic et al., (11) registraron un aumento en la emisión de brotes en plantas de yerba mate a pleno sol, durante el mes de septiembre coincidiendo con el periodo de brotación (4). Al final de la

investigación, la cantidad de brotes obtenida en promedio era de $4 \pm 1,8$ hojas/planta para bajo monte y $7 \pm 5,9$ hojas/planta para pleno sol. Los insectos pudieron influir en la cantidad de brotes registrados en la condición bajo monte, pues, a lo largo de la investigación se encontraron rastros de insectos chupadores de savia o cortadores en brotes y gran parte de las hojas remanentes.

Persistencia de hojas

Tabla 9: Persistencia de hojas en plantaciones de verba mate bajo monte y pleno sol

Persistencia de ho	ojas		
Mes	Bajo Monte	Pleno Sol	
Julio	$10 \pm 1,9$	$10 \pm 1,5$	
Agosto	$9 \pm 2,0$	$5 \pm 2,0$	
Setiembre	$9 \pm 2,2$	$3 \pm 2,5$	
Octubre	$7 \pm 3,6$	$3 \pm 2,1$	
Noviembre	8 ± 3.8	$5 \pm 4,5$	

La persistencia de hojas fue mayor en la plantación de yerba mate bajo monte. En el mes de agosto se obtuvo en promedio un total de 9 ± 2 hojas/planta manteniéndose constante hasta el mes de septiembre, recién al siguiente mes (octubre) se observó una caída leve de hojas obteniéndose en promedio un total de 7 ± 4 hojas/planta. La pérdida de hojas fue mayor en las plantas de yerba mate a pleno sol conforme avanzaba el tiempo. Parte de ellas cayeron en el mes de agosto donde de 10 hojas/planta pasaron a tener 5 ± 2 ,0 hojas/planta en promedio y en los meses de setiembre y octubre solo fueron registrados la cantidad de 3 ± 2 ,5 y 3 ± 2 ,1 hojas/planta respectivamente perdiendo casi la totalidad. Se destaca que las plantas de yerba mate a pleno sol se vieron afectadas por la caída de heladas, condición que también pudo influir en la pérdida de hojas, acelerándose este proceso en el mes de agosto (Ver Tabla 9).

Rakocevic et al., (12) en el primer año de investigación registraron la más importante caída de hojas en plantas de yerba a pleno sol. Las mismas, ocurrieron durante el invierno y al inicio de la primavera coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación. También, al segundo año, registraron heladas que afectaron directamente a la plantación de yerba mate a pleno sol ocasionando la pérdida de gran parte de sus hojas.

Morfología de hojas

Tabla 10: Promedio del largo y ancho de hojas obtenidas en plantaciones de yerba mate bajo monte y pleno sol

Rev. Soc. cient. Parag. 2019;24(1):74-98

Mes	Largo de hojas (cm)		Ancho de hojas (cm)	
	Bajo Monte	Pleno Sol	Bajo Monte	Pleno Sol
Julio	$7,9 \pm 0,9$	7,6±0,9	$3,4 \pm 0,6$	$3,3 \pm 0,4$
Noviembre	$7,4 \pm 1,8$	$3,9\pm1,6$	$3,7 \pm 0.8$	$2,1 \pm 0,8$

Las plantas de yerba mate bajo monte presentaron un aumento en el ancho de hojas al final de la investigación. De tener en promedio un total de $3,4\pm0,6$ cm en el mes de julio pasaron a tener un total de $3,7\pm0,8$ cm en el mes de noviembre. Mientras que, para el largo de hojas estos valores decrecieron, pues de tener inicialmente un promedio de $7,9\pm0,9$ cm pasaron a tener en promedio un total de $7,4\pm1,8$ cm. La plantación de yerba mate a pleno sol presentó una disminución tanto en el largo como en el ancho de hojas. Inicialmente, las hojas de yerba mate poseían en promedio un largo de $7,6\pm0,9$ cm y un ancho de $3,3\pm0,4$ cm, valores que disminuyeron al final de la investigación. En el mes de noviembre, se registró un promedio de $3,9\pm1,6$ cm para el largo de hojas y un promedio de $2,1\pm0,8$ cm para el ancho (Ver Tabla 10).

Rakocevic et al., (12), en su investigación mencionan que las plantas de yerba mate bajo monte presentan hojas más anchas, mientras que aquellas situadas a pleno sol son mucho más pequeñas en cuanto al largo y ancho en comparación a las del bosque.

Área foliar

Tabla 11: Promedio del área foliar obtenido en plantaciones de yerba mate bajo monte y pleno sol

Área foliar (cm ²)			
Mes	Bajo Monte	Pleno Sol	
Julio	$191,0 \pm 48,0$	$168,2 \pm 36,2$	
Noviembre	$245,5 \pm 139,7$	$78,6 \pm 80,3$	

Las plantas de yerba mate bajo monte presentaron un aumento en área foliar durante la investigación, de tener en el mes de julio un promedio total de $191 \pm 48 \text{ cm}^2$ pasaron a tener en promedio un total de $245,5 \pm 139,7 \text{ cm}^2$ el mes de noviembre. Esto no fue así para la plantación de yerba mate a pleno sol, pues el área foliar para esta condición se vio disminuida al final de la investigación. Inicialmente, las mismas presentaban en promedio un área foliar de $168,2 \pm 36,2 \text{ cm}^2$, valor que disminuyó en el mes de noviembre a $78,6 \pm 80,3 \text{ cm}^2$.

En general, la plantación de yerba mate bajo monte presentó en promedio un área foliar superior a la plantación de yerba mate a pleno sol. Destacando que la pérdida de hojas ocurrida en la plantación de yerba mate a pleno sol fue determinante para esta variable. Estos valores coinciden con los obtenidos por Zuidema et al., (13), quienes en su

investigación registraron una mayor pérdida de hojas en la misma condición afectando la superfície en hojas de *Bertholletia excelsa H.B.K*.

Determinación de la influencia de la luminosidad sobre la variación de los caracteres morfológicos y fenológicos foliares de la yerba mate

Variación en la cantidad total de hojas

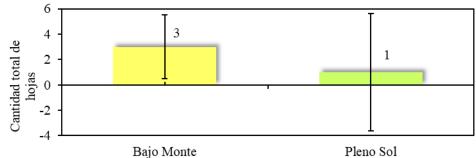


Figura 8: Variación final en la cantidad total de hojas en plantaciones de yerba mate

El análisis realizado a los datos obtenidos durante la investigación determinó para esta variable que no hubo diferencias significativas (p > 0,05) entre condiciones, las mismas arrojaron los siguientes resultados: $3 \pm 2,5$ hojas/planta para bajo monte y $1 \pm 4,6$ hojas/planta para pleno sol (Ver Figura 8). El crecimiento en hojas en plantaciones de yerba mate bajo monte es mucho más lento que en la de pleno sol según lo expresan Rakocevic et al., (10). Razón que pudo influir en que la plantación a pleno sol alcanzara casi la misma cantidad de hojas que las de bajo monte en un periodo corto de tiempo.

Variación en la cantidad de brotes

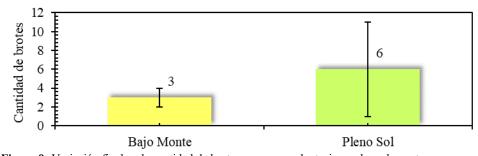


Figura 9: Variación final en la cantidad de brotes nuevos en plantaciones de yerba mate

Salas D, Valdez E, Fernández Y. Aporte al conocimiento del comportamiento de la Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) bajo condiciones lumínicas naturales en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú

En el mes de noviembre, la plantación de yerba mate bajo monte presentó en promedio un total de $3 \pm 1,0$ hojas/planta mientras que, la plantación de yerba mate a pleno sol registró un total de $6 \pm 5,0$ hojas/planta (Ver Figura 9). Según los resultados del promedio mensual para la cantidad de brotes la plantación de yerba mate a pleno sol presentó un incremento en comparación a la otra condición. Sin embargo, esos valores no fueron suficientes como para que estadísticamente se obtenga una diferencia significativa (p > 0,05).

El corto periodo de tiempo de medición y la época del año en que se comenzó la investigación (época invernal) fueron factores que pudieron influir en los resultados obtenidos, por lo que no se pudo observar con mayor detalle una diferencia marcada entre condiciones para esta variable.

Variación en la persistencia de hojas

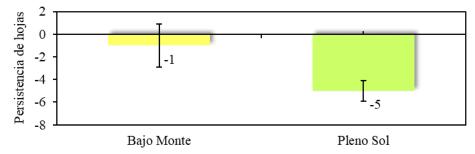


Figura 10: Variación final de la persistencia de hojas en plantaciones de yerba mate

Según la prueba de rangos de Wilcoxon, existen diferencias significativas entre condiciones (p < 0,05). Ambas condiciones registraron valores negativos para esta variable. La persistencia de hojas fue mayor en la plantación de yerba mate bajo monte, con un valor de $-1 \pm 1,9$ hojas/planta a diferencia de lo registrado en la plantación de yerba mate a pleno sol que fue de $-5 \pm 0,9$ hojas/planta (Ver Figura 10). Estos valores coinciden con los de Zuidema et al., (13) quienes sostuvieron que las plantas en condiciones alta luminosidad pierden mayor cantidad de hojas que aquellas expuestas a una baja luminosidad, registrando al igual que en esta investigación valores negativos.

Variación en la morfología de hojas

Largo de hojas



Figura 11: Variación final del largo de hojas en plantaciones de yerba mate

La disminución en el largo de hojas fue mayor en las plantas de yerba mate a pleno sol en comparación a las situadas bajo monte. En general se obtuvieron valores de -0.5 ± 0.9 y -3.7 ± 0.7 cm para bajo monte y pleno sol respectivamente. La prueba de rangos de signos de Wilcoxon arrojó diferencias significativas para ambas condiciones (p<0.05) (Ver Figura 11).

A lo largo de la investigación y con los puntos tratados anteriormente se constató la pérdida y ganancia de hojas en las plantas de yerba mate, a causa de esto, aquellas hojas seleccionadas y medidas inicialmente no pudieron ser remedidas al final de la investigación debido a que muchas de ellas se desprendieron con el tiempo. Es por ello, que la medición final (mes de noviembre) fue hecha en hojas de tamaños diferentes a las iniciales, factor que pudo influir en los valores negativos.

Ancho de hojas

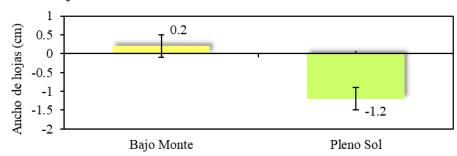


Figura 12: Variación final del ancho de hojas registradas en plantaciones de yerba mate

Salas D, Valdez E, Fernández Y. Aporte al conocimiento del comportamiento de la Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) bajo condiciones lumínicas naturales en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú

Se obtuvieron diferencias significativas (p < 0,05) en ambas condiciones. Según la figura 12, las hojas de las plantas de yerba mate bajo monte presentaron un incremento en el ancho promedio, obteniéndose así una variación de $0,2\pm0,3$ cm. Caso contrario a las plantas situadas a pleno sol, donde se obtuvieron valores negativos como $-1,2\pm0,3$ cm. El ancho promedio se vio afectado por la caída de hojas provocando que las hojas medidas en el último mes sean menos anchas a las registradas inicialmente.

Área foliar

Se registró un incremento final de $54,5 \pm 91,7$ cm² en las plantas de yerba mate bajo monte, mientras que, en la plantación de yerba mate a pleno sol se obtuvieron valores en negativo. Para esta condición se registró una variación final de $-89,6 \pm 44,1$ cm² (Ver Figura 13). El análisis estadístico realizado para el área foliar arrojó diferencias significativas entre condiciones (p < 0,05). Zuidema et al., (13) registró valores negativos en cuanto a la ganancia de hojas de *Bertholletia excelsa* en condiciones de alta luminosidad y, en consecuencia, obtuvo una reducción del área foliar en sus especies

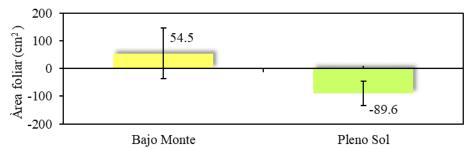
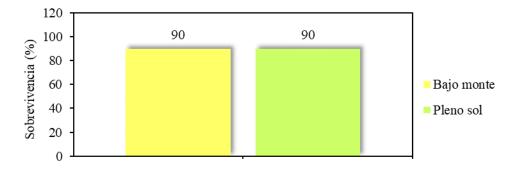


Figura 13: Variación final del área foliar en plantaciones de yerba mate

Sobrevivencia de plantas



Salas D, Valdez E, Fernández Y. Aporte al conocimiento del comportamiento de la Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) bajo condiciones lumínicas naturales en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú

Figura 14: Porcentaje de sobrevivencia de las plantas de yerba mate bajo monte y pleno sol

De los 80 individuos medidos, 40 por condición, solo 8 individuos fueron registrados muerto durante la investigación, 4 en cada condición respectivamente, obteniéndose así un 90% de sobrevivencia. Estos valores demuestran que las plantas de yerba mate pueden llegar a tolerar de cierta forma heladas no muy prolongadas. A pesar de los daños causados por esta ocurrencia, no se registró un alto índice de mortalidad en las plantaciones.

CONCLUSIONES

La ubicación geográfica de las parcelas, confirma la importancia que la latitud tiene en la disponibilidad de luz, y en el caso de la Yerba Mate se determinó como la primavera o la caída de árboles, efectivamente genera, especialmente para los claros, un crecimiento activo tanto en la altura como en el diámetro del cuello de las plantas, así mismo, favorece el aumento del área foliar y la cantidad de hojas; sin embargo la exposición a cielo abierto de las plantas les expone a fenómenos meteorológicos y ataque de insectos, por lo tanto a sufrir deterioro o pérdida en sus hojas, posiblemente la duración de las hojas es menor por estrés lumínico.

En las plantas en condiciones bajas de luz, presentan un crecimiento de hojas mucho más lento, con una menor producción de brotes, además de ser más pequeños y con daños de insectos especialmente chupadores y cortadores. Igualmente, las hojas tienden a ser más anchas, y las plantas presentan un mayor aumento en el área foliar posiblemente como adaptación a las condiciones de luz.

Es relevante recordar, fenómenos meteorológicos extremos (heladas) incidentaron en las plantas recién sembradas lo que puede tener efectos en los resultados, por lo que se requieren estudios más detallados sobre diversos factores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegría W. Texto Básico Para Profesional En Ingeniería Forestal. En El Área De Fisiología Vegetal [Internet]. Iquitos: FCF-UNAP; 2016. [citado 10 Jun 2018]. Disponible en: www.unapiquitos.edu.pe/pregrado/facultades/forestales/descargas/publicaciones/FISIO-TEX.pdf
- Bidwell R. Fisiología vegetal [Internet]. Kingston: Queen's University; 1979. [citado 10 Jun 2018]. Disponible en: http://exa.unne.edu.ar/biologia/ fisiologia. vegetal /fisiologiavegetalbidwell.pdf

- Chiesa A, Masoni S. Botánica y Fisiología Vegetal [Internet]. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Agrarias [citado 10 Jun 2018]. Disponible en: https://www.academia.edu/23709327/Botanica y fisiologia vegetal chiesa
- Sansberro PA, Mroginski LA, Bottini, RA. Giberelinas y brotación de la yerba mate (Ilex paraguariensis St. Hil.) [Internet]. Corrientes: Universidad Nacional Del Nordeste; 2000 [citado 28 may 2018]. Disponible en: http://www.unne. edu.ar /unnevieja/ Web/cyt/cyt /2000/5 agrarias/a pdf/a 044.pdf
- Lorenzi H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora; 2014.
- 6. Romo M. Efecto de la luz en el crecimiento de plantulas de Dipteryx micrantha Harms "shihuahuaco" transplantadas a sotobosque, claros y plantaciones. Ecol. Apl. [Internet]. 2005 [citado 3 may 2017];4(1,2):1-8. Disponible en: http://www.lamolina.edu.pe/ecolapl/Articulo%201%20vol%204.pdf
- Arteaga L. Crecimiento y herbivoría de plántulas de Cedrela odorata (Meliaceae) comparando un área abierta y otra bajo regeneración natural en la Estación Biológica Tunquini. Ecología en Bolivia [Internet]. 2006 [citado 19 jun 2017]; 41(2):130-137. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v41n2/v41n2a04.pdf
- Piña M, Arboleda ME. Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de Crescentia cujete. Bioagro [Internet]. 2010 [citado 30 abr 2018];22[1]:61-66. Disponible en: www.ucla.edu.ve/bioagro/REV22%281%29/8.%20Efecto%20de%20dos%20ambientes%20lu
 - www.ucla.edu.ve/bioagro/REV22%281%29/8.%20Efecto%20de%20dos%20ambientes%20lum%C3%ADnicos.pdf
- Velázquez L. Efectos del cultivo de yerba mate bajo sombra sobre la mesofauna y materia orgánica del suelo en la Reserva de Biósfera del bosque Mbaracayú. San Lorenzo: FCA-UNA; 2016.
- Rakocevic M, Medrado MJS, Lucambio F, Valduga TA. Ritmicidade de emissão e de queda de folhas e as suas conseqüências no manejo da erva-mate [Internet]. Paraná: Embrapa; 2006[citado 6 may 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Miroslava_Rakocevic/publication/262904561_PHOTOS

YNTHETIC_LIGHTRESPONSE_CURVES_IN_YERBA-MATE LEAVES OF DIFFERENT AGES

- 11. Rakocevic M, Janssens M; Schere R. Respuesta de la luz y las cuestiones de género en proceso de domesticación de yerba mate, un árbol de hoja perenne subtropical [Internet]. Paraná: Nova Science Publishers Inc; 2012 [citado may 2018]. Disponible en: www.researchgate.net/profile/Miroslava_Rakocevic/publication/256276428_Light_responses_ and_gender_issues_in_the_domestication_process_of_yerba-mate_a_sub-Tropical_evergreen/links/53e8af570cf25d674ea84d86/Light-responses-and-gender-issues-in-the-domestication-process-of-yerba-mate-a-sub-tropical-evergreen.pdf
- 12. Rakocevic M, Borsato AV, Bona C, Medrado M. Distribución de estomas en hojas de diferentes edades de yerba mate cultivada en monocultivo y sub-bosque. [Internet]. Paraná: INYM Rivadavia; 2011 [citado 7 may 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Miroslava_Rakocevic/publication/262904561_PHOTOS YNTHETIC_LIGHT-RESPONSE_CURVES_IN_ YERBAMATE_LEAVES_ OF_ DIFFERENT_ AGES /links/553 a44ce0 cf2c415bb0 7763d.pdf#page=30
- 13. Zuidema P, Dijkman Wim, Van Rijsoort J. Crecimiento de plantines de Bertholletia excelsa H.B.K. en función de su tamaño y la disponibilidad de luz [Internet]. 1999 [citado 19 jun 2017]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Pieter_Zuidema/publication/46594169_Crecimento_de_p lantines_de_Bertholletia_excelsa_HBK_en_funcion_de_su_tamano_y_la_disponibilidad_de_l uz/links/0912f4fcf12b78e62d000000/Crecimento-de-plantines-de-Bertholletia-excelsa-HBK-en-funcion-de-su-tamano-y-la-disponibilidad-de-luz.pdf