

## EFFECTOS DE LA INTENSIDAD LUMÍNICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO ZAMIA EN PANAMÁ

Francisco Farnum Castro<sup>1</sup> Jorge A. Mendieta B.<sup>2</sup> Anaury Ayarza<sup>3</sup> Deybel Santamaría<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Panamá, Centro Regional de Colón. E-mail [frank0523@hotmail.com](mailto:frank0523@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidad de Panamá, Departamento de Botánica. E-mail [mendi\\_ja@yahoo.es](mailto:mendi_ja@yahoo.es)

<sup>3</sup>Universidad de Panamá, Centro Regional de Colón. E-mail [aayarza@anam.gob.pa](mailto:aayarza@anam.gob.pa)

<sup>4</sup>Universidad de Panamá, Centro Regional de Colón. E-mail [arlet0186@hotmail.com](mailto:arlet0186@hotmail.com)

### RESUMEN

En este estudio se comparó el efecto de cinco niveles de intensidad lumínica sobre el crecimiento y desarrollo de cuatro especies del género *Zamia*. El estudio se realizó en el Jardín de Cícadas de la Universidad de Panamá, localizado en el campus Octavio Méndez Pereira, Provincia de Panamá, República de Panamá. Los análisis incluyeron información registrada entre marzo y agosto de 2012. Se escogieron cien individuos jóvenes distribuidos en cuatro especies (25 c/u): *Z. elegantissima*, *Z. acuminata*, *Z. pseudomonticola* y *Z. obliqua* y se colocaron en cinco sitios con diferentes condiciones de luz, en cada sitio se colocaron cinco individuos de cada especie y se registraron los cambios observables a lo largo de la investigación. Con los datos obtenidos se realizaron las estadísticas descriptivas básicas (pruebas de Correlación de Pearson) y una estadística multivariada: (Análisis de Componentes Principales).

Los resultados son discutidos desde puntos de vista morfológico, fisiológico y ecológico. Los análisis estadísticos señalan que la respuesta de las especies a los diferentes niveles de luz fue muy variable. Además, no se evidencian limitaciones de crecimiento, en rangos temporales menores a 5 meses; con la excepción de *Zamia obliqua* que manifestó síntomas de clorosis al segundo mes del tratamiento en espacio abierto (200 pies/vela). Tomando en cuenta los hallazgos, se infiere que las especies estudiadas son capaces de sobrevivir en el bosque bajo diferentes condiciones de luz. Aun cuando se produzca una perturbaciones durante periodos cortos (5 meses), las especies estudiadas pueden soportar altas intensidades luminosas sin sufrir modificaciones estructurales.

### PALABRAS CLAVES

Cícadas, intensidad lumínica, componentes principales, conservación, *Zamia elegantissima*, *Zamia pseudomonticola*, *Zamia acuminata* y *Zamia obliqua*.

### ABSTRACT

This study compared the effect of five levels of light intensity on the growth and development of four species of *Zamia*. The study was conducted in the Cycad Garden

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

of the University of Panama, located on the campus Octavio Méndez Pereira, Panama Province, Panama. Analyses included information recorded between March and August 2012. One hundred young individuals were chosen (25 of each one): *Z. elegantissima*,

*Z. acuminata*, *Z. pseudomonticola* and *Z. obliqua* and placed in five locations with different light conditions, at each site were placed five individuals of each specie and observable changes were recorded throughout the investigation. The data obtained were analyzed with basic descriptive statistics, Pearson correlation test and multivariate statistics (Principal Component Analysis).

Results are discussed from morphological, physiological and ecological viewpoints. Statistical analyzes indicate that the response of zamia species to different light levels were very variable. Furthermore, no limitations in growth were evident on temporary ranges between 0 and five months, with the exception of *Zamia obliqua* that showed signs of chlorosis in the second month of treatment in open space (200 ft / candle). Results showed that studied species are able to survive in the forest under different light conditions including disturbances for short periods (five months), Studied species can withstand high light intensities without undergoing structural changes.

#### KEYWORDS

Cycads, light intensity, Principal components, Conservation, *Zamia elegantissima*, *Zamia pseudomonticola*, *Zamia acuminata*, *Zamia oblique*.

#### INTRODUCCIÓN

Las cícadas son plantas que crecen en regiones tropicales y subtropicales; se encuentran restringidas a hábitats muy específicos y existe un número muy reducido de especies. Las especies se agrupan en tres familias: Cycadaceae, Stangeriaceae y Zamiaceae, siendo esta última la Familia a la cual pertenecen las zamias registradas en Panamá. A pesar de haberse realizado diversos estudios sobre las zamias, todavía existen incógnitas sobre su desarrollo. Además, existe poca información sobre las zamias panameñas, por lo que es necesario realizar mayores esfuerzos para conocer este grupo de plantas.

El presente trabajo se ha realizado con el objetivo de estudiar el efecto que tiene la intensidad lumínica sobre el crecimiento de cuatros especies de zamias en Panamá: *Zamia obliqua*, *Zamia acuminata*, *Zamia elegantissima* y *Zamia pseudomonticola*. La investigación se realizó en el jardín de cícadas de la Universidad de Panamá, con la finalidad de generar información que colabore con los esfuerzos realizados para conservar y proteger estas especies que han existido por millones de años.

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

## MATERIALES Y MÉTODOS

*Localización del área estudiada.* El estudio se realizó en el Jardín de Cícadas de la Universidad de Panamá (Ver Figura 1), localizado a 8° 59' 2" latitud Norte y

79° 32' 0" longitud oeste y una elevación de 2 msnm, El jardín se ubica en el lado oeste del edificio de las oficinas del Decanato de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, en el campus Octavio Méndez Pereira. La superficie del jardín es de aproximadamente 1,000m<sup>2</sup>.

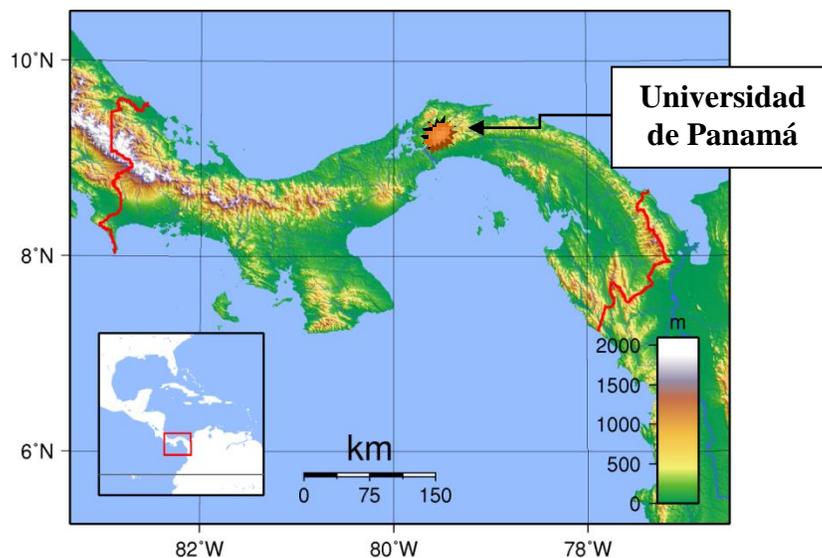


Figura 1. Localización geográfica del sitio en estudio. Tomado de [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).

*Características físicas del área estudiada.* El clima en el sitio es tropical con temperaturas que oscilan entre los 26 y 30°C durante el año. Hay dos épocas, una seca de diciembre a abril y una lluviosa de mayo a noviembre. El promedio anual de la humedad relativa es de 89%. La información climatológica está basada en las medias mensuales para el periodo de 30 años que incluye desde 1971 - 2000. (ETESA, 2009).

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

**Material de estudio.** Se eligieron cien individuos jóvenes (de 3 a 5 años) de cuatro especies de *Zamia*: 25 de *Zamia elegantissima*, 25 de *Zamia acuminata*, 25 de *Zamia pseudomonticola* y 25 de *Zamia obliqua*. Las características utilizadas para escoger las plantas fueron: edad, largo del tallo, número de hojas y condición de salud. Los individuos se encontraban en macetas con una mezcla de sustrato de tierra negra y grava.

**Selección de sitios.** Utilizando un luxómetro modelo 5200 marca Kyoritsu, después de llevar un registro de mediciones diarias por 15 días, se seleccionaron cinco sitios dentro del vivero que tuvieran diferentes condiciones de luz. Para efectos de control de la cantidad de luz se tomaron en cuenta estructuras presentes en el vivero (árboles, paredes, techos, mallas, etc.) que obstaculizaban la llegada directa de la luz a las plantas. Ver Tabla 1.

Sitio	Condición de Luz en pies/vela	Ubicación	Obstáculo observable
1	0 – 50	Dentro del Umbráculo	Malla y techo
2	51 - 100	8 metros a la derecha del umbráculo	Árbol de mango
3	101 – 150	1 metro detrás del umbráculo	Árbol de guácimo
4	151 – 200	10 metros detrás del umbráculo	Árbol de leguminosa
5	201 ó más	5 metros a la derecha del umbráculo	Ninguno

Tabla 1. Ubicación de los sitios en tratamiento.

**Medición de la intensidad lumínica.** Se colocaron 5 individuos de cada especie en cada sitio y se llevó un registro de la intensidad lumínica semanal durante cuatro meses, utilizando un luxómetro.

**Procedimiento y análisis estadístico.** Se realizó el análisis de ocho (8) parámetros (Ver Tabla 2), de los cuales se hicieron mediciones y observaciones de los cambios,

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

anotando los registros cada 15 días. En el caso de cambios en número, coloración y forma de las hojas se anotaron todas las observaciones a partir de la condición inicial de los sujetos. Con los datos se realizaron las estadísticas descriptivas básicas, prueba de correlación de Pearson y Análisis multivariado (Análisis de Componentes Principales) con el programa Biodiversity pro 26, versión 2 (McAleece 1999).

*Variables en estudios y parámetros de observaciones.* Con los datos obtenidos se calculó el promedio mensual para los valores de las mediciones de los cinco individuos

de cada especie por sitio. Con el objetivo de establecer relaciones que expliquen las observaciones, se establecieron escalas del 1 al 4; las cuales explican las pautas de observación para cada variable. Ver Tabla 3.

Parámetro	Observaciones
Largo del tallo	Medida de los tallos desde la parte más próxima a la tierra hasta el punto de la planta que se encuentra más alejado del suelo.
Largo de la hoja	Medida de las hojas de donde termina el tallo hasta el ápice de la hoja.
Largo del raquis	Medido de abajo hacia arriba desde el primer par de folíolos hasta la terminación de los dos últimos pares de folíolos.
Largo del pecíolo	Medida de la planta desde el tronco hasta el primer par de folíolos.
Número de hojas	Cantidad total de hojas vivas que tenía cada individuo.
Forma de la hoja	Cambios o daños que se dieron en la hoja en las diferentes intensidades de luz, a partir de la observación inicial.
Color de la hoja	Cambios en la tonalidad de la hoja a partir de la observación inicial en las diferentes intensidades de luz.
Producción de hojas nuevas	Cantidad de hojas nuevas que crecían a partir de la última medición.

Tabla 2. Variables consideradas en el estudio

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

Para proponer una mejor explicación del efecto de la intensidad lumínica sobre el crecimiento de las plantas estudiadas, se procedió a agrupar las observaciones para el Análisis de Componentes Principales (ACP) según la siguiente tabla.

SIMBOLO	VALORES	EXPLICACION	SIMBOLO	VALORES	EXPLICACION
Producción de hojas nuevas <b>(PHN)</b>	1	Sin producción	Color de la hoja <b>(CH)</b>	1	Sin cambios
	2	Baja producción		2	Cambio rápido
	3	Producción media		3	Cambio intermedio
	4	Alta producción		4	Cambio lento
Largo del peciolo <b>(LP)</b>	1	Sin cambios	Forma de la hoja <b>(FOR)</b>	1	Normal
	2	Perdió tamaño		2	Manchas o pigmentaciones
	3	Gano tamaño		3	Necrosis
Largo de la hoja <b>(LH)</b>	1	Sin cambios	Numero de hojas <b>(NH)</b>	1	Sin cambios
	2	Perdió tamaño		2	Perdió hojas
	3	Gano tamaño		3	Ganó hojas
Largo del raquis <b>(LR)</b>	1	Sin cambios	Largo del tallo <b>(LT)</b>	1	Sin cambios
	2	Perdió tamaño		2	Perdió tamaño
	3	Gano tamaño		3	Gano tamaño

Tabla 3. Observaciones de las variables para el ACP

Para la correlación entre las variables estudiadas y la intensidad de luz, se construyeron las tablas de doble entrada, donde se contrastan los valores para cada tratamiento. A partir de los datos tabulados, se realizó un análisis de componentes principales utilizando el programa Biodiversity pro 26, versión 2 (McAleece 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la comparación de las medias mensuales por especie y por tratamiento, se elaboraron tablas explicativas del comportamiento de las variables estudiadas según la intensidad de luz. Para ninguna de las variables estudiadas en su relación con la

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

intensidad de luz se obtuvieron valores de probabilidad significativos con la prueba de Pearson.

Con relación a la variable largo del tallo, se observó que en los tratamientos entre 51 y 201 pies/vela hubo aumento del tamaño del tallo con respecto al valor inicial para todas

las especies en estudio; con excepción del caso de *Zamia obliqua*, en el que no se observó variación del tamaño del tallo en ninguno de los tratamientos. Ninguna de las especies estudiadas, que se encontraban en el umbráculo (0-50 pies vela) manifestaron cambios en el tamaño del tallo (Ver Tabla 4).

1: No se pudo medir, 2: No hubo cambio y 3: Aumentó de tamaño

TRATAMIENTO Intensidad de luz en pies/vela	Largo de Tallo			
	<i>Zamia acuminata</i>	<i>Zamia pseudomonticola</i>	<i>Zamia obliqua</i>	<i>Zamia elegantissima</i>
0-50	2	2	1	2
51-100	3	3	2	3
101-150	3	3	3	3
151-200	3	3	2	3
201	3	3	1	3

Tabla 4. Comparación de los valores obtenidos para el largo del tallo.

El número total de hojas en todas las especies estudiadas disminuyó a medida que aumentaba la intensidad lumínica. Fue notorio que a partir de 151 pies velas, el promedio de los individuos de las cuatro especies comenzaron a perder hojas, siendo más evidente en el tratamiento de 201 pies/velas en donde la mayoría de los individuos manifestaron pérdida de hojas con respecto al valor inicial (Ver Tabla 5).

1: Ganó hojas ; 2: Perdió hojas 3: Se mantuvo igual

TRATAMIENTO Intensidad de luz en pies/vela	Número de Hojas			
	<i>Zamia acuminata</i>	<i>Zamia pseudomonticola</i>	<i>Zamia obliqua</i>	<i>Zamia elegantissima</i>
0-50	1	3	1	1
51-100	1	3	1	2
101-150	3	1	1	1
151-200	3	2	1	1
201	2	2	0	1

Tabla 5. Comparación de los valores obtenidos para el número de hojas.

En cuanto al largo de la hoja sólo se observaron cambios en el tratamiento de 0 – 50 pie/velas en donde todas las especies manifestaron aumento en el largo total de las

hojas y en el tratamiento de 51 – 100 pies/velas en que las especies *Z. acuminata* y *Z. elegantissima*, los promedios de los individuos manifestaron aumento del tamaño total de la hoja. Para todos los otros tratamientos y especies, no se observaron cambios en los tamaños de las hojas (Ver Tabla 6).

1: Se mantuvo igual; 2: Aumento de tamaño

TRATAMIENTO Intensidad de luz en pies/vela	Largo de la Hoja			
	<i>Zamia acuminata</i>	<i>Zamia pseudomonticola</i>	<i>Zamia obliqua</i>	<i>Zamia elegantissima</i>
0-50	2	2	2	2
51-100	2	1	1	2
101-150	1	1	1	1
151-200	1	1	1	1
201	1	1	0	1

Tabla 6. Comparación de los valores obtenidos para el largo de la hoja.

En lo concerniente al largo del raquis, las especies *Z. acuminata*, *Z. pseudomonticola* y *Z. obliqua* manifestaron aumento en cuanto al valor inicial en los tratamientos de 0-50, 51- 100 y 101-150pies/velas a diferencia de *Z. elegantissima* que sólo mostró aumento en el tratamiento de 0-50pies/velas. Para los tratamientos de 151-200 y 201pies/velas

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

los valores del largo del raquis no variaron con respecto a la última lectura registrada. (Ver Tabla 7).

1: Se mantuvo igual; 2: Aumento de tamaño

TRATAMIENTO Intensidad de luz en pies/vela	Largo de Raquis			
	<i>Zamia acuminata</i>	<i>Zamia pseudomonticola</i>	<i>Zamia obliqua</i>	<i>Zamia elegantissima</i>
0-50	2	2	2	2
51-100	2	2	2	1
101-150	2	2	2	1
151-200	1	2	1	1
201	1	1	1	1

Tabla 7. Comparación de los valores obtenidos para el largo de raquis.

En cuanto al largo del peciolo, las especies *Z. acuminata*, *Z. pseudomonticola* y *Z. obliqua* manifestaron aumento de la medida inicial para esta variable, sólo en el

tratamiento 0-50 pies/velas; el resto de los tratamientos no mostraron cambios para la variable estudiada. El caso de *Z. elegantissima* no mostró cambios en la medida del peciolo en ninguno de los tratamientos (Ver Tabla 8).

1: Se mantuvo igual; 2: Aumento de tamaño

TRATAMIENTO intensidad de luz en pies/vela	Largo de Peciolo			
	<i>Zamia acuminata</i>	<i>Zamia pseudomonticola</i>	<i>Zamia obliqua</i>	<i>Zamia elegantissima</i>
0-50	2	2	2	1
51-100	2	1	1	1
101-150	1	1	1	1
151-200	1	1	1	1
201	1	1	1	1

Tabla 8. Comparación de los valores obtenidos para el largo de peciolo.

Con respecto a la coloración de las hojas, en los tratamientos 0 - 50 y 51 - 100 pies/velas los individuos se mantuvo igual que al inicio del estudio. A partir del tratamiento de 101 pies/velas todas las especies demostraron cambios graduales en

cuanto a la coloración de las hojas; ya sea pérdida en la intensidad del color verde. (Ver Figura 2 y Tabla 9).

Figura 2. Pérdida de color en las hojas y necrosis (clorosis)



0805

0809

1. No hubo cambio; 2: Cambio rápido 3: Cambio medio: 4: Cambio lento

TRATAMIENTO intensidad de luz en pies/vela	Color de la Hoja			
	<i>Zamia acuminata</i>	<i>Zamia pseudomonticola</i>	<i>Zamia obliqua</i>	<i>Zamia elegantissima</i>
0-50	1	1	1	1
51-100	1	1	1	1
101-150	3	3	1	3
151-200	1	1	1	4
201	2	3	2	3

Tabla 9. Comparación de los valores obtenidos para el color de la hoja.

Para la forma de la hoja se observó que sólo en el tratamiento 0-50 pies/vela las hojas se mantuvieron en condiciones normales en todas las especies. A partir del tratamiento 51-100 pies/velas en adelante, todas las especies mostraron algún tipo de cambios en la pigmentación, curvatura de la hoja o daños físicos (Ver Figura 4 y Tabla 10).

Figura 13. Daños y clorosis en las hojas

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>



0976



0907

1: Normal; 2: Cambio de coloración y 3: Daños

TRATAMIENTO intensidad de luz en pies/vela	Forma de la Hoja			
	<i>Zamia acuminata</i>	<i>Zamia pseudomonticola</i>	<i>Zamia obliqua</i>	<i>Zamia elegantissima</i>
0-50	1	1	1	1
51-100	1	2	2	3
101-150	3	3	2	3
151-200	3	3	3	3
201	2	2	2	2

Tabla 10. Comparación de los valores obtenidos para la forma de la hoja.

El resultado del análisis de componentes principales (ACP), redujo las ocho variables estudiadas en dos dimensiones que se categorizaron según los factores F1 y F2,

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

quienes podían explicar más del 77% de la variabilidad de los efectos de la intensidad de luz. (Ver Tablas 11 y 12).

<b>Matriz de Correlación de Valores Propios (Eigen values)</b>				
<b>Zamia elegantissima</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
Valor propio	4.803	1.399	1.25	0.548
Variabilidad (%)	60.03	17.49	15.63	6.851
% acumulado	60.03	<b>77.52</b>	93.15	100
<b>Zamia obliqua</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
Valor propio	6.605	0.885	0.387	0.123
Variabilidad (%)	82.56	11.06	4.837	1.542
% acumulado	82.56	<b>93.62</b>	98.46	100
<b>Zamia pseudomonticola</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
Valor propio	5.515	1.387	0.92	0.178
Variabilidad (%)	68.94	17.33	11.5	2.229
% acumulado	68.94	<b>86.27</b>	97.77	100
<b>Zamia acuminata</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>
Valor propio	6.206	0.949	0.73	0.116
Variabilidad (%)	77.57	11.86	9.119	1.446
% acumulado	77.57	<b>89.44</b>	98.55	100

Tabla 11. Análisis de Componentes Principales.

Componente F1 y F2 explican más del 77% de los cambios observados en las cuatro especies de *Zamia* estudiadas. Donde NH = Número de las hojas, PHN= Producción de hojas nuevas, LH= Largo de la hoja, LR= Largo del raquis, LT= Largo del tallo, CH= Color de la hojas, LP = Largo del peciolo.

<b>ESPECIE</b>	<b>F1</b>	<b>%</b>	<b>F2</b>	<b>%</b>
<i>Zamia acuminata</i>	LT,LR	77.57	CH,FOR	11.86
<i>Zamia pseudomonticola</i>	LH, LR	68.94	LT, FOR	17.33
<i>Zamia obliqua</i>	LT, LR	82.56	LP,CH	11.06
<i>Zamia elegantissima</i>	LT, LP, LR	60.03	FOR	17.49

Cuadro 12. Componente F1 y F2 que explican más del 77% de los cambios observados.

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

Para los cambios observados en *Z. acuminata*, el componente F1 es responsable de la explicación de un 77.571% de los mismos y dicho componente está formado por las variables NH y PHN; mientras que el componente F2, constituido por las variables LT, CH y FOR, fue responsable del 11.864% de los cambios observados en la especie de zamia estudiadas. En relación para la *Z. pseudomonticola*, el componente F1 en donde se agruparon las variables LH y LR, representó la mayor explicación de los cambios con un 68.937%; mientras que, las variables LT y FOR que formaban el componente F2 correspondió al 17.334% de la variabilidad de los cambios observados. En *Zamia obliqua* el componente F1 explica un 82.557% de los cambios y está constituido por las variables originales LT y LR, a su vez el otro componente F2 representado por la variable LP, muestra el 11.064% de la variación.

En *Zamia elegantissima*, el conjunto de variables LT, LP y LR formaron el componente F1 que explica el 60.034% de los cambios en la matriz de ACP y el componente F2 formado por la variable FOR representa 17.490% de la variabilidad observada. Considerando que el análisis por componentes principales deberá ser aplicado cuando se desee conocer la relación entre similares y se sospecha que en dicha relación influye de manera desconocida un conjunto de variables o propiedades de los elementos. El primer componente es el que tiene la varianza más alta y por lo tanto la

mayor capacidad de explicativa de los datos. En este caso este primer componente F1 se observan valores positivos en proporciones más o menos análogas de aquellas variables que en su conjunto reflejan los cambios en tamaño de las partes vegetativas, es decir, largo del tallo, largo del peciolo, largo del raquis y largo de la hoja. Como estas variables están vinculadas al aumento de tamaño, podría señalarse que los valores altos de este componente se encuentran vinculados procesos de crecimiento y que este aspecto explica más del 72.27% de la variabilidad observada por efecto del tratamiento de luz.

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

El segundo componente explica un 14.44% de la variabilidad total. Este componente se relaciona con procesos metabólicos de las plantas como la tonicidad y la pigmentación los cuales se manifestaron en cambios de formas y coloración.

## CONCLUSIONES

- La respuesta de las especies a los diferentes niveles de luz fue muy variable, dependiendo de la condición natural de adaptación de cada especie. Sin embargo, no mostraron limitaciones de crecimiento en ninguno de los tratamientos bajo sombra. En el caso de *Zamia obliqua* se observó síntomas de clorosis al segundo mes del tratamiento en espacio abierto (200pies/vela).
- Los gradientes de luz afectaron el metabolismo de las plantas, manifestándose mayormente en cambios de crecimiento y también en alteraciones de procesos fundamentales como la tonicidad (turgencia y forma) y las pigmentaciones (captación de luz-fotosíntesis).
- Los cambios en intensidades de luz no afectan el desarrollo de las especies de zamia estudiadas en rangos temporales menores a 5 meses.
- Tomando en cuenta los hallazgos, se supone que las especies de zamia estudiadas son capaces de sobrevivir en el bosque bajo diferentes condiciones de luz, de esta manera cuando se produce una perturbación, como un claro, éstas pueden soportar condiciones de luz sin sufrir modificaciones estructurales.

## Recomendaciones

- Es necesario realizar nuevos estudios que permitan ofrecer mayor conocimiento sobre la ecología de las zamias, para mejorar los esfuerzos de conservación.
- Formular planes de manejo para evitar factores de riesgo en la transformación de su hábitat natural por actividades económicas.

Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

- Se recomienda que se realicen estudios por más tiempo y con plántulas, ya que los factores estudiados no se han podido correlacionar individualmente para formular planes de manejo para la conservación de estas especies.

## **LITERATURA CONSULTADA**

Agyeman, V.K. 1999. Responses of tropical forest tree seedlings to irradiance and the variation of a light response index. *Journal of Ecology*. 815-827 Pág.

Anderson, J.M, E. Aro, 1994. Grana stacking and protection of photosystem II in thylakoid membranes of higher plant leaves under sustained high irradiance: An hypothesis.

Asada, K., M. Takahashi, 1987. In: *Photoinhibition Topics in Photosynthesis*, Ed. D.J. Kyle, C.B. Osmond, C.J. Arnten, Elsevier, Amsterdam, 9, 227-287 Pág.

Brown, C. L. 1966. Growth and development of *Zamia* embryos in vitro. *Proc. Southern Assoc. Agr. Workers*,. 283 Pág.

Caputo P, Cozzolino S, de Luca P, Moretti A, Stevenson DW. 2004. Molecular phylogeny of *Zamia* (Zamiaceae). In: Walters T, Osborne R, eds. *Cycad classification: concepts and recommendations*. Wallingford: CABI Publishing, 149–157 Pág..

Colombo, Rita et al. 2007. Relaciones hídricas, fotosíntesis y anatomía foliar de dos especies del género *Calotropis*.

Clark, David B., et. al. 1992. Leaf demography of a neotropical rain forest cycad, *Zamia skinneri* (Zamiaceae). *American Journal of Botany* 79: 28–33 Pág.

Clark, David B., et. al. 1995 Leaf production and the cost of reproduction in the tropical rain forest cycad, *Zamia skinneri*. *Journal of Ecology* 76: 1153–1163 Pág.

Chazdon, R. 1987. Aspectos importantes para el estudio de los regímenes de luz en bosques tropicales. *Revista de Biología Tropical*. 35:191-196 Pág.

ETESA. 2009 Disponible en: [www.hidromet.com.pa/educacion\\_climatico.php](http://www.hidromet.com.pa/educacion_climatico.php)

Fetcher, N; S. Oberbauer, G. Rojas y B. Strain, 1987. Efectos del régimen de luz sobre la fotosíntesis y el crecimiento en plántulas de árboles de un bosque lluvioso tropical de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 35: 97-110 Pág.

*Recibido: 11/07/12; aceptado: 13/08/12*

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://ecocentros.jimdo.com>

Jimenes, Kenneth & Gutierrez, Marcos. 1998 Crecimiento de diez especies de plantas ornamentales bajo diferentes intensidades de luz en alajuela. Programa de Horticultura Ornamental, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Universidad de Costa Rica.

Leigh, E. A. Stanley, 1992. Ecología de un Bosque Tropical. Ciclos estacionales y cambios a largo plazo. 141-152pp