



UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

Supervivencia, crecimiento y cronología de hojas de *Dioon holmgrenii*
De Luca, Sabato & Vázq. Torres (Zamiaceae)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA FORESTAL

PRESENTA

NATIVIDAD MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR

DR. MARIO VALERIO VELASCO GARCÍA

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA, ENERO, 2020.

Con amor y respeto a mi padre, el **Sr. Alfredo Martínez Ruíz**, por ser un ejemplo de fortaleza en mi vida y por inculcarme el amor y respeto a la naturaleza.

A mi madre, la **Sra. Aurora Hernández Santos**, por tanto amor, por sus consejos y por ser mi impulso día a día.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por permitirme salud para culminar este trabajo.

Al Dr. Mario V. Velasco García, por dedicar el tiempo necesario y apoyarme desde el comienzo, por sus aportaciones para mejorar como profesionista y por sus enseñanzas en mi formación como estudiante, ¡gracias!

Al Dr. Noé Ruiz García, por su disponibilidad de tiempo y esfuerzo para la revisión y por su apoyo en los análisis estadísticos. Gracias por su paciencia, muchas gracias.

A mis revisores el M. C. Guillermo Sánchez de la Vega, Dr. Erik Pablo Carrillo y el M. C. Rolando Galán Larrea por su disposición y aportaciones para las mejoras de este trabajo y por sus enseñanzas en mi formación como estudiante, muchas gracias.

Al proyecto “Crecimiento de fases tempranas de *Dioon holmgrenii* en el Campus Puerto Escondido y Jardín Botánico de la UMAR (observaciones a diez años)” con clave de unidad programática: 2IE1404. Por las facilidades para llevar a cabo el presente trabajo.

Al proyecto “Composición y distribución de poblaciones de *Dioon holmgrenii* en la región Sierra Sur de Oaxaca” con clave de unidad programática: 2IE1001. A través del cual se obtuvo la donación de frutos.

A la Universidad del Mar, por brindarme la oportunidad de crecer académicamente y por el apoyo brindado con las instalaciones para poder realizar el presente trabajo.

Al Dr. Edgar Sánchez Bernal, por sus facilidades brindadas en el análisis de suelos.

A Alan F. Ramírez Carbajal, por el apoyo con las mediciones en campo en los comienzos de este trabajo, aun en condiciones climáticas adversas.

A Corazón de Jesús Cruz Miramón por su apoyo en campo y captura de información, gracias por hacer más ameno el trabajo con su buena vibra.

A un colega forestal Ariel Avendaño y su padre el topógrafo Eudoxio Avendaño Velasco por su colaboración en el levantamiento topográfico. Solo me queda decir muchas gracias.

A Sil, por su apoyo en la toma de datos de vegetación y por su amistad, gracias.

A los biólogos Mario y Salim por el apoyo brindado en el trabajo de campo.

A mi hermano Andy por apoyarme en algunas mediciones, gracias.

A las chicas superpoderosas: Janet Díaz Ríos, Vanessa Zitlali Espinoza Estrada, Yesenia Valencia Méndez, Sonia Trinidad Santiago, Teresa de Jesús Gómez Gómez y Laura Elisa Mendoza Ruíz por los momentos inolvidables que pasamos juntas, por su amistad, gracias.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
III. HIPÓTESIS.....	5
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1. Las cícadas.....	6
4.2. El género <i>Dioon</i>	8
4.3. <i>Dioon holmgrenii</i>	10
4.3.1. Descripción taxonómica.....	10
4.3.2. Distribución y ecología.....	11
4.3.3. Diversidad genética.....	13
4.3.4. Estado de conservación.....	13
4.3.5. Relevancia y usos.....	14
4.4. Estudios sobre crecimiento, cronología de hojas y supervivencia de <i>Dioon</i>	15
4.4.1. Crecimiento y estimación de edad.....	15
4.4.2. Crecimiento de hojas.....	16
4.4.3. Supervivencia.....	17
4.4.4. Factores que influyen en el crecimiento.....	18
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5.1. Procedencia de la semilla.....	19
5.2. Establecimiento de la plantación.....	20
5.3. Caracterización del área de plantación.....	20
5.3.1. Topografía del área.....	20
5.3.2. Densidad arbórea y cobertura de copa.....	21

5.3.3. Análisis de suelo.....	22
5.3.3.1. Textura del suelo.....	22
5.3.3.2. Contenido de humedad.....	23
5.3.3.3. Profundidad del suelo.....	24
5.4. Evaluaciones de <i>Dioon holmgrenii</i>	24
5.5. Análisis de datos.....	26
5.5.1. Supervivencia.....	26
5.5.2. Crecimiento acumulado.....	27
5.5.3. Crecimiento promedio por temporadas.....	27
5.5.4. Incremento periódico.....	28
5.5.5. Crecimiento y cronología de hojas.....	29
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
6.1. Caracterización del área de plantación.....	30
6.1.1. Topografía del área.....	30
6.1.2. Densidad arbórea y cobertura de copa.....	31
6.1.3. Características físicas del suelo.....	35
6.1.3.1. Textura del suelo.....	35
6.1.3.2. Contenido de humedad.....	37
6.1.3.3. Profundidad del suelo.....	38
6.2. Supervivencia de <i>Dioon holmgrenii</i>	40
6.3. Crecimiento de <i>Dioon holmgrenii</i>	44
6.3.1. Crecimiento acumulado.....	44
6.3.2. Crecimiento promedio por temporada.....	45
6.3.3. Incremento periódico.....	48
6.4. Crecimiento y cronología de hojas de <i>Dioon holmgrenii</i>	49
6.4.1. Crecimiento de hoja por temporada.....	49
6.4.2. Desarrollo cronológico de hojas.....	50
VII. CONCLUSIONES.....	54
VIII. LITERATURA CITADA.....	55
IX. ANEXO.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Caracterización del área de plantación de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	32
Cuadro 2. Densidad de especies arbóreas y arbustivas por condición en el área de plantación de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	33
Cuadro 3. Porcentajes de la textura del suelo a diferente profundidad del monolito, en tres condiciones del área de plantación de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	36
Cuadro 4. Valores de significancia de las comparaciones de supervivencia del área de plantación de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	40
Cuadro 5. Mortalidad por semestre y supervivencia de individuos de <i>Dioon holmgrenii</i> por condición en el área de plantación de la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	41
Cuadro 6. Comparación de medias de Tukey para crecimiento de longitud de tallo y diámetro de <i>Dioon holmgrenii</i> por temporadas en tres condiciones del área de plantación en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	47
Cuadro 7. Promedio y error estándar del incremento periódico por condición en el área de plantación de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Topografía del área de plantación y ubicación de individuos de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.	31
Figura 2. Mapa de cobertura de copa del área de plantación de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.	33
Figura 3. Contenido de humedad y profundidad (con comparación de medias de Tukey) en las cepas de los individuos, por condición del área de plantación de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.	37
Figura 4. Curvas de profundidad (A) y porcentaje de contenido de humedad (B) del suelo, en el área de plantación de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	39
Figura 5. Mortalidad (A) y supervivencia (B) de plantas de <i>Dioon holmgrenii</i> , por semestre y condición en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	43
Figura 6. Crecimiento acumulado de la longitud de tallo (A) y de diámetro (B) en tres condiciones del área de plantación de <i>Dioon holmgrenii</i> en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	46
Figura 7. Crecimiento en longitud (A) y ancho de la hoja (B) de <i>Dioon holmgrenii</i> en temporada de secas y lluvias, en el área de plantación en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	50
Figura 8. Fases de desarrollo cronológico (F1: fase uno, F2: fase dos, F3: fase tres, F4: fase cuatro, F5: fase cinco, F6: fase seis, F7: fase siete, F8: fase ocho) de hojas de plantas jóvenes de <i>Dioon holmgrenii</i> , plantadas en la UMAR, Campus Puerto Escondido.....	52

RESUMEN

Dioon holmgrenii De Luca, Sabato & Vázquez Torres (Zamiaceae) es una cícada endémica de la Sierra Sur en Oaxaca, con importancia evolutiva y para la conservación, catalogada como en peligro de extinción. Estudios sobre supervivencia, crecimiento de la planta y del desarrollo de hojas de esta especie no existen; sin embargo, dicha información es clave para desarrollar estrategias de conservación *ex situ*. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la supervivencia y el crecimiento de plantas, así como las fases de desarrollo cronológico de hojas de *D. holmgrenii* en una plantación *ex situ* en la Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido Oaxaca. El área de plantación se clasificó con base a su topografía, densidad y cobertura de copa arbórea (CC) y características físicas del suelo. La supervivencia de las plantas y el desarrollo de hojas fueron monitoreados cada mes. El diámetro y longitud de tallo se midieron semestralmente para evaluar el crecimiento acumulado de diámetro (CAD) y longitud de tallo (CAT), crecimiento promedio de diámetro (CPD) y longitud de tallo (CPT) por temporada (Lluvias y Secas) e incremento periódico de diámetro (IPD) y longitud de tallo (IPT). Los datos de supervivencia se sometieron a comparación de proporciones mediante una aproximación normal, además del procedimiento por pares, corrigiendo el nivel de significancia global ($p = 0.05$) con el procedimiento de Bonferroni. El CAD y CAT se analizaron con el diseño de varianza simple aleatorio de medidas repetidas. El CPD y CPT por temporada se analizó mediante análisis de varianza (ANOVA), con el modelo factorial en un diseño completamente aleatorio. El IPD e IPT se analizaron mediante ANOVA simple aleatorio y en los casos de interacción se realizó la comparación de medias de Tukey. La tasa de crecimiento en longitud (TCLH) y ancho de la hoja (TCAH) se estimó mediante la ecuación sigmoide. Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico R (2015). El área de plantación se clasificó en tres condiciones: condición 1) exposición norte, 10 % de

pendiente, 70 a 85 % de CC, sin inundación y 73.21 cm de profundidad de suelo (PS); condición 2) exposición cenital, pendiente de 5 %, 35 a 50 % de CC, inundable y 64.17 cm de PS; condición 3) exposición sur, 10 % de pendiente, 80 a 90 % de CC, sin inundación y 56.00 cm de PS. La supervivencia global fue de 54.9 %, con diferencias significativa entre las condiciones uno y dos ($p < 6.74E-10$), dos y tres ($p < 2.87E-10$), no así entre la condición uno y tres ($p > 1.00E+00$). Diferencias significativas se encontraron entre condiciones en CAT ($p < 0.0003146$), pero no para CAD ($p > 0.8908$), siendo la condición tres la que presentó el mayor CAT (12.25 ± 0.77 mm) durante tres años. El CPT mostró ligera diferencia entre temporada ($p < 0.051$), con mayor crecimiento en temporada de lluvias (2.08 mm); la interacción condición-temporada fue significativa ($p < 0.00974$) para el CPT, obteniendo el mayor crecimiento en la condición tres durante la temporada de lluvias (2.90 mm). El CPD fue diferente ($p < 0.0116$) entre temporadas, con mayor CPD (1.66 mm) en la temporada de lluvias; en cambio, la interacción condiciones x temporada no fue significativa ($p < 0.0116$) para el CPD. El efecto de las condiciones no fue significativo para el IPD ($p > 0.195$) e IPT ($p > 0.209$). La TCLH fue más rápida en la temporada de lluvias (0.53709 cm día⁻¹) que en secas (0.384741 cm día⁻¹); del mismo modo, la TCAH fue mayor en temporada de lluvias (0.7529 cm día⁻¹), que en temporada de secas (0.27037 cm día⁻¹). Se identificaron ocho fases de desarrollo en hojas de plantas juveniles, con duración de dos meses desde su comienzo como brote hasta hoja adulta.

Palabras clave: cícada, endémica, crecimiento acumulado, incremento periódico, tasa de crecimiento.

ABSTRACT

Dioon holmgrenii De Luca, Sabato & Vázquez Torres (Zamiaceae) is an endemic cycad from the Sierra Sur in Oaxaca, with evolutionary importance and for the conservation, cataloged as in danger of extinction. Studies on survival, plant growth and leaf development of this species do not exist; nevertheless such information is key to developing conservation strategies *ex situ*. Therefore, the objective of this work was to determine the survival and growth of plants, as well as the phases of chronological development of leaves of *D. holmgrenii* in a plantation *ex situ* at the Campus of the Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido Oaxaca. The plantation area was classified based on its topography, density and tree canopy coverage (CC) and physical characteristics of the soil. The plant survival and leaf development were monitored every month. Stem diameter and length were measured semiannually to assess cumulative growth of diameter (CAD) and stem length (CAT), average diameter growth (CPD) and stem length (CPT) per season (rainy and dry) and increase Periodic diameter (IPD) and stem length (IPT). Survival data were subjected to proportions comparison using a normal approximation, in addition to the peer procedure, correcting the level of global significance ($p = 0.05$) with the Bonferroni procedure. The CAD and CAT were analyzed with the simple random variance design of repeated measures. The CPD and CPT per season was analyzed by analysis of variance (ANOVA), with the factorial model in a completely randomized design. The IPD and IPT were analyzed using simple random ANOVA and in the interaction cases the comparison of Tukey means was performed. The growth rate in length (TCLH) and leaf width (TCAH) was estimated using the sigmoid equation. All analyzes were performed in the statistical program R (2014). The plantation area was classified in three conditions: condition 1) north exposure, 10 % slope, 70 to 85 % CC, without flooding and 73.21 cm of soil depth (PS); condition 2) zenith exposure, slope of 5 %, 35 to 50 % of CC, with flooding and 64.17

cm of PS; Condition 3) South exposure, 10 % slope, 80 to 90 % CC, without flooding and 56.00 cm PS. The overall survival was 54.9 %, with significant differences between conditions one and two ($p < 6.74E-10$), two and three ($p < 2.87E-10$), but not between condition one and three ($p > 1.00 E + 00$). Significant differences were found between conditions in CAT ($p < 0.0003146$), but not for CAD ($p > 0.8908$), with condition three being the one with the highest CAT (12.25 ± 0.77 mm) for three years. The CPT showed a slight difference between season ($p < 0.051$), with greater growth in the rainy season (2.08 mm); the condition-season interaction was significant ($p < 0.00974$) for the CPT, obtaining the highest growth in condition three during the rainy season (2.90 mm). The CPD was different ($p < 0.0116$) between seasons, with higher CPD (1.66 mm) in the rainy season; on the other hand, the interaction conditions x season was not significant ($p < 0.0116$) for the CPD. The effect of the conditions was not significant for the IPD ($p > 0.195$) and IPT ($p > 0.209$). The TCLH was faster in the rainy season (0.53709 cm día⁻¹) than in dry season (0.384741 cm día⁻¹); similarly, the TCAH was higher in the rainy season (0.7529 cm día⁻¹), than in the dry season (0.27037 cm día⁻¹). Eight phases of development were identified in leaves of juvenile plants, with duration of two months from its beginning as a sprout to an adult leaf.

Keywords: cycad, endemic, accumulated growth, periodic increase, growth rate