

RESPUESTA DE *Chamaedorea elegans* Mart. A TRATAMIENTOS DE PREGERMINACIÓN

R. Mora-Aguilar¹; J. E. Rodríguez-Pérez; A. Peña-Lomelí; V. Ramírez-Lazo

Instituto de Horticultura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. Tel.: (595)-21500 ext. 6282. Fax: (595)-21642 o 21645.
Correo-e: mar@correo.chapingo.mx (¹Autor responsable); jerodrig@taurus1.chapingo.mx; apl@taurus1.chapingo.mx

RESUMEN

En México, la sobreexplotación y perturbación del hábitat natural de la palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart.) implican alto riesgo de extinción de la especie. Este recurso de recolección, enfrenta serios problemas en su propagación sexual por el letargo persistente de la semilla, siendo necesario generar conocimientos que garanticen su conservación y aprovechamiento sostenible. En la presente investigación se evaluaron diferentes tratamientos para mejorar la calidad fisiológica de la semilla y acelerar su germinación, que incluyeron diferentes concentraciones y periodos de inmersión en soluciones de peróxido de hidrógeno (H_2O_2); diferentes concentraciones de ácido giberélico (GA_3); escarificación mecánica; y dos niveles de temperatura (25 y 30 °C) durante la germinación. Los resultados indicaron que la inmersión de la semilla en soluciones de H_2O_2 , al 12 % de concentración o durante 15 min, la escarificación mecánica, y la inmersión en soluciones de GA_3 a 2,000 mg·litro⁻¹ por 24 h, en semilla previamente escarificada, incrementaron la viabilidad y germinación de 3 a 25 y de 4 a 7 %, respectivamente. Cuando la temperatura ambiental fue de 30 °C y la semilla fue previamente sumergida en soluciones de H_2O_2 y GA_3 , la viabilidad y germinación alcanzaron valores de 26 a 31 y 15 a 16 %, respectivamente.

PALABRAS CLAVES ADICIONALES: palma camedor, plantas ornamentales, letargo, peróxido de hidrógeno, ácido giberélico, temperatura.

RESPONSE OF *Chamaedorea elegans* Mart. TO PREGERMINATION TREATMENTS

SUMMARY

In Mexico, overexploitation and disturbance of the natural habitat of parlor palm (*Chamaedorea elegans* Mart.) imply a high risk of extinction for this species. This collection resource confronts serious problems in its sexual propagation because of its seed persistent dormancy, making it necessary to generate knowledge to warrant conservation and sustainable production of parlor palm. In the present study we evaluated the effects of different treatments for increasing physiological seed quality and accelerate germination, which included different concentration and immersion periods in hydrogen peroxide solutions (H_2O_2), different concentrations of giberellic acid (GA_3); mechanical scarification and two temperature levels (25 and 30 °C) during germination. Results indicated that seed immersion in solutions of GA_3 at 2,000 mg·liter⁻¹ for 24 h, in previously scarified seed, increased viability and germination from 3 to 25 and from 4 to 7 % respectively. When environment temperature was 30 °C and the seed was previously immersed in H_2O_2 and GA_3 solutions, viability and germination reached values of 26 to 31 and 15 to 16 %, respectively.

ADDITIONAL KEY WORDS: parlor palm, ornamental plants, dormancy, hydrogen peroxide, giberellic acid, temperature.

INTRODUCCIÓN

Las palmas constituyen un conjunto de recursos forestales no maderables de uso generalizado en el mundo. La presencia abundante de especies pertenecientes a la familia *Arecaceae* en la composición y estructura de diversas comunidades biológicas tropicales, las hace susceptibles de aprovechamiento (Jiménez *et al.*, 1996; Mora *et al.*, 1998).

En México, la palma camedor es un recurso forestal no maderable que ha sido aprovechado en muy diversas formas; la de mayor importancia económica es la comercialización de su follaje con fines de ornato, que se obtiene directamente de plantas que crecen en su hábitat natural. La explotación desmedida de este recurso vegetal implica un riesgo elevado de extinción ya que, de acuerdo con Vovides (1981), de ocho especies del género

Chamaedorea, distribuidas principalmente en las selvas altas perennifolias y subperennifolias o en estados sucesionales ("acahuales") de la región golfo y sureste de México, una se ha extinguido (*Ch. metallica*), tres son altamente vulnerables o enfrentan alto riesgo de extinción (*Ch. ernesti-augusti*, *Ch. klotzschiana* y *Ch. seifrii*) y cuatro mantienen un *status* indefinido (*Ch. elegans*, *Ch. monostachys*, *Ch. schiedeana* y *Ch. stolonifera*), aunque pueden ser candidatos de las otras categorías. En la actualidad, las poblaciones naturales del género *Chamaedorea* son cada vez más escasas debido principalmente al aprovechamiento irracional de plantas, hojas y semillas, aunado a los incendios forestales, avance de la ganadería en su hábitat natural y la explotación de los bosques y selvas para extracción de maderas (Jiménez *et al.*, 1996; Hernández, 2000; Ramón, 2001).

Frecuentemente, el sector de la población rural que posee y aprovecha la palma camedor, realiza actividades secundarias para complementar sus ingresos económicos, sin dedicarse extensivamente a su cultivo por el desconocimiento del proceso técnico de producción y los fuertes problemas que enfrenta, destacando la propagación y establecimiento de la plantación (Hernández, 2000; Ramón, 2001). Lo que hace indispensable ampliar el conocimiento sobre los aspectos de la propagación sexual que garanticen la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso y, sobre todo, buscar alternativas de producción y reproducción, ya que la semilla requiere, de condiciones adecuadas, periodos prolongados para germinar (Tomlinson, 1990; Jiménez *et al.*, 1996).

La domesticación de las plantas cultivadas permitió eliminar o reducir el letargo de la semilla para ajustarse a los diferentes sistemas de cultivo; las especies que aún exhiben algún tipo de letargo impactan negativamente sobre el cultivo y la producción de semillas, y complica la evaluación de su calidad (Geneve, 1998). Dentro del género *Chamaedorea*, algunas especies manifiestan letargo; en el caso específico de *Ch. elegans*, la semilla tarda en germinar entre 3 y 9 meses (Tomlinson, 1990; Jiménez *et al.*, 1996; Hernández, 2000), debido a la impermeabilidad y resistencia mecánica del endocarpio (Odetola, 1987), presencia de inhibidores de la germinación (Rauch y Crivellone, 1989) y tamaño pequeño del embrión, fisiológicamente inmaduro (Jones, 1995; Hernández, 2000).

Cuando concluye el periodo de letargo, la deshidratación prolongada, formación de moho superficial y edad excesiva, son los principales factores que inciden directamente en la calidad fisiológica de la semilla de palma camedor (Jiménez *et al.*, 1996), sin embargo, la germinación *per se* puede ser afectada por la presencia de impurezas, profundidad de siembra, sustrato y temperatura de germinación y tipo de tratamiento pregerminativo (Broschat y Donselman, 1986; Jiménez *et al.*, 1996).

En general, la semilla de varias especies de palmas requieren ser almacenadas durante varios años para germinar, aunque tal periodo puede reducirse a sólo tres meses si la temperatura y humedad de almacenamiento son elevadas (38 a 40 °C y 85 a 100 % de HR) (Jones, 1995). La temperatura durante la germinación de *Ch. elegans* puede variar entre 26 y 35 °C, ya que intervalos menores de 25 °C la retrasan por varios meses (Donselman, 1982; Marcus y Banks, 1999).

Para acelerar la germinación en diversas especies de palmas, es posible aplicar diferentes pretratamientos a la semilla: entre estos se encuentra el remojo en agua, desde varias horas hasta 21 días; el remojo combinado con ácido giberélico (AG₃) en diferentes concentraciones; el remojo en soluciones salinas o de peróxido de hidrógeno (H₂O₂); promotores químicos de la germinación o elevadas temperaturas de almacenamiento (Poole *et al.*, 1975; Nagao y Sakai, 1979; Nagao *et al.*, 1980; Broschat y Donselman, 1986; Jones, 1995; Jiménez *et al.*, 1996; Hernández, 2000; Ramón, 2001). Sin embargo, en México se ha realizado poca investigación sobre tratamientos de pregerminación en *Ch. elegans*, por lo que es necesario generar información técnica que permita solucionar la problemática que enfrenta este recurso fitogenético en el ámbito nacional.

Por lo anterior, los objetivos de la investigación fueron: conocer la efectividad de tratamientos de pregerminación, con base en H₂O₂ y AG₃, para inducir y acelerar la germinación de *Ch. elegans*, así como determinar el efecto de tratamientos de temperatura y de escarificación mecánica sobre la germinación de la palma camedor bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Semillas del Departamento de Fitotecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, México, durante 1994. Se utilizó semilla colectada, durante los meses de octubre y noviembre de 1993, en poblaciones de *Ch. elegans* distribuidas en su hábitat natural en las cercanías de las comunidades de Puentevilla y Tepatlaxco, de los municipios de Zentla y Paso del Macho, Veracruz, México, respectivamente. Durante la recolección, la semilla fue seleccionada por su tamaño promedio, sanidad aparente y maduración completa, considerando como indicador visual de ésta la coloración negra del exocarpio; posteriormente, fue secada a temperatura ambiente, resguardada del sol y en un lugar fresco y seco.

Con semilla seca y limpia se llevaron a cabo dos estudios independientes. En el primero se evaluaron los factores y niveles siguientes: temperatura de germinación (25 y 30 °C), tiempo de inmersión de la semilla (5, 10 y 15 min) en tres concentraciones (0, 6 y 12 % v:v) de peróxido de hidró-

geno (H_2O_2) e inmersión adicional en dos concentraciones (0 y 2,000 mg·litro⁻¹) de ácido giberélico (AG_3) por 24 h. En este caso el arreglo de tratamientos fue parcelas subdivididas, asignando la parcela grande y mediana a la concentración y tiempo de inmersión en H_2O_2 , y la parcela chica a la concentración de AG_3 .

En un tercer estudio se evaluó la inmersión de la semilla en solución de H_2O_2 a 0 y 6 % de concentración (v:v) durante 15 min y la inmersión adicional en soluciones de AG_3 (0 o 2,000 mg·litro⁻¹) por 24 h, así como la escarificación mecánica que consistió en un corte tangencial al endocarpio de la semilla, sin dañar al embrión; la temperatura de germinación fue de 30 °C. El arreglo de tratamiento también fue en parcelas subdivididas; la escarificación mecánica, inmersión en H_2O_2 y aplicación de AG_3 se asignó a la parcela grande, mediana y chica, respectivamente.

En cada estudio, inmediatamente después de tratar la semilla, se realizó la prueba estándar de germinación en condiciones controladas, utilizando una cámara marca Seedburo con 100 % de humedad relativa y control de temperatura. La semilla se manejó de acuerdo a las recomendaciones de la ISTA (1993) y se colocó sobre papel secante ("sanitas") para elaborar rollos que, puestos dentro de bolsas de plástico, se introdujeron en la cámara de germinación. Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones, constituidas por 50 semillas cada una.

En los dos experimentos preliminares los datos fueron registrados a los 120 días después de haber iniciado la prueba de germinación; en el caso del tercer experimento, la evaluación fue realizada a los 80 días. Los caracteres evaluados fueron los porcentajes de: semillas duras (PSD), plántulas anormales (PPA) y plántulas normales (PPN), de acuerdo con los criterios de Moreno (1985); los porcentajes de viabilidad (PV) y de germinación (PG) fueron calculados posteriormente. Los análisis de varianza se realizaron utilizando datos transformados de los registros originales con la fórmula $\arccos \sqrt{Y}$, donde Y representó el porcentaje observado; las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis de varianza conjunto, realizado con información de los dos experimentos iniciales, se determinó que: la temperatura (TEMP) afectó significativamente todas las variables; la inmersión en soluciones de H_2O_2 y la interacción entre ésta con la temperatura ($TEMP \times H_2O_2$) tuvieron efecto significativo en la mayoría de las variables; el tiempo de inmersión en H_2O_2 (TPO) y su interacción con la temperatura ($TPO \times TEMP$) sólo influyó sobre las semillas duras y la germinación, mientras que la interacción entre $TEMP \times TPO \times AG_3$ lo hizo en la viabilidad y germinación (Cuadro 1).

CUADRO 1. Resumen del análisis de varianza de los caracteres evaluados en el primero y segundo experimento de germinación de *Chamadorea elegans* Mart.

Factor de Variación*	Grados de Libertad	Cuadrados medios (%)			
		Viabilidad	Germinación	Plántulas Anormales	Semillas Duras
TEMP ^y	1	493.0**	252.7**	201.30**	3.37**
REP(TEMP)	6	1.63	2.21	0.12	0.01
H_2O_2	2	2.86*	3.58*	0.69	0.09*
TEMP $\times H_2O_2$	2	3.43*	10.04**	0.91	0.11**
TPO	2	1.41	0.55	1.58	0.07**
TEMP \times TPO	2	2.19	0.85	1.62	0.08**
$H_2O_2 \times$ TPO	4	2.62	2.22	0.99	0.01
TEMP $\times H_2O_2 \times$ TPO	4	1.82	0.96	0.37	0.01
AG_3	1	4.05	1.95	2.22	0.03
TEMP $\times AG_3$	1	0.43	0.16	1.93	0.02
$H_2O_2 \times AG_3$	2	0.26	0.48	0.76	0.03
TEMP $\times H_2O_2 \times AG_3$	2	2.40	0.98	0.77	0.04
TPO $\times AG_3$	2	0.63	1.11	1.63	0.00
TEMP \times TPO $\times AG_3$	2	6.15**	4.15*	1.66	0.02
$H_2O_2 \times$ TPO $\times AG_3$	4	0.88	0.30	1.07	0.00
TEMP $\times H_2O_2 \times$ TPO $\times AG_3$	4	0.32	0.89	0.58	0.00
Error	102	1.10	1.15	0.95	0.01
Total	143				
CV (%)		30.0	40.88	43.04	2.36

*, **, Significativo a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente.

TEMP: Temperatura; REP: Repetición; TPO: Tiempo de inmersión en H_2O_2 ; AG_3 : Ácido giberélico; CV: Coeficiente de variación.

Los resultados en el comportamiento medio general de la viabilidad (19 %) y germinación (12 %) del lote de se-milla utilizado (Cuadro 2), coinciden con los porcentajes totales (menores de 20 %) indicados por Tomlinson (1990) y Ramón (2001) y discrepan con el porcentaje de germinación total (40 a 80 %) señalado por Hodel (1992) y Jiménez *et al.* (1996). No obstante, los resultados del estudio fueron aceptables al considerar que la semilla de *Ch. elegans*, como lo han mencionado diversos autores (Odetola, 1987; Rauch y Crivellone, 1989; Jones, 1995; Rauch, 1995; Marcus y Banks, 1999; Hernández, 2000), posee letargo que persiste de 3 a 9 meses (Jiménez *et al.*, 1996; Hernández, 2000) y solamente hasta que este es inhibido, inicia la germinación que se caracteriza por ser lenta y asincrónica, continuando así hasta por más de un año (Tomlinson, 1990; Rauch, 1995). La baja tasa de germinación y de germinación total, permiten el establecimiento de un banco persistente de semillas en su hábitat natural, con lo que se asegura la supervivencia de la especie, al evadir las condiciones ambientales estresantes (Geneve, 1998); sin embargo, tienen un impacto negativo cuando se evalúa su calidad bajo condiciones controladas, como ocurrió en este estudio.

Debe tomarse en cuenta, también, que la calidad de los lotes de semilla, las condiciones ambientales imperantes durante el desarrollo de ésta o las condiciones de manejo en pre y poscosecha de la semilla (Broschat y Donselman, 1986), también pudieron influir en los resultados obtenidos.

Geneve (1998) mencionó que los diferentes tratamientos de pregerminación aplicados a la semilla de *Ch. elegans* favorecieron más a la tasa de germinación que al porcentaje final de ésta; tales tratamientos han sido útiles sólo después de que los requerimientos para romper el letargo fueron satisfechos y la semilla se utilizó inmediatamente después de ser tratada, ya que hacerlo posteriormente induce letargo secundario y, en consecuencia, se obtienen resultados muy poco favorables.

En la investigación, la calidad fisiológica de la semilla respondió en forma contrastante a la temperatura utilizada: a 30 °C se alcanzaron valores altos de viabilidad (PV), germinación (PG) y plántulas anormales (PPA), con un número reducido de semillas duras (PSD) (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con lo informado por varios autores (Donselman, 1982; Jones, 1995; Rauch, 1995; Marcus y Banks, 1999) en el sentido que la semilla de la palma camedor responde fuertemente a la temperatura elevada (26 a 35 °C), por lo que se esperarían mejores resultados si la temperatura de germinación fuese mayor, por ejemplo a 40 °C, como sucede en el hábitat natural de esta especie, ya que en tales condiciones la germinación ocurre en el estrato superior del suelo, donde abunda la materia orgánica en proceso de descomposición, la actividad microbiana es alta y, además, existe temperatura elevada y poco fluctuante, buena aireación y disponibilidad de humedad (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1989). En condiciones controladas se ha sugerido utilizar

temperatura fluctuante a intervalos de 12 h para incrementar la germinación (Carpenter, 1987); no obstante, en el sentido estrictamente práctico, este procedimiento es complicado, siendo más deseable simular las condiciones de germinación del hábitat natural.

Los resultados positivos de la inmersión de la semilla en la solución de H_2O_2 , ya sea por efecto de la concentración o por la duración del periodo de exposición en éste (Cuadro 2), además de confirmar la ligera acción escarificante de ese producto, coinciden con los resultados de Jiménez *et al.* (1996) y Ramón (2001); sin embargo, la germinación total alcanzada (7 %) sugiere que el tratamiento de la semilla, con base en la inmersión o remojo en solución de H_2O_2 al 5 % durante 15 min, como propone hacerlo Hernández (2000), tiene muy poca relevancia práctica pues existen otros factores que afectan la calidad fisiológica de la semilla y, en consecuencia, los resultados esperados.

CUADRO 2. Calidad fisiológica de la semilla de *Chamaedorea elegans* Mart. por efecto de tres factores condicionantes de la germinación.

Nivel	Variables de calidad fisiológica en porcentaje (%)			
	Semillas Duras	Plantas Anormales	Viabilidad	Germinación
Temperatura (°C)				
25	95 b ^y	1b	5 b	4 b
30	70 a	11 a	30 a	19 a
Media	83 A ^x	6 a	18 B	12 C
H_2O_2 (%)				
0	86 a	5 a	14 c	9 c
6	79 c	5 a	21 b	16 a
12	80 b	5 a	20 a	15 b
Media	82 B	5 B	18 B	13 B
Periodo de inmersión (min)				
5	85 a	4 b	15 c	11 c
10	81 b	5 a	20 b	15 b
15	79 c	5 a	21 a	16 a
Media	82 B	5 B	19 A	14 A
Media general	82	3	19	12

^xMedia correspondiente a promedios de porcentajes observados, en tanto que la prueba estadística (literales) corresponde a datos transformados.

^yValores con la misma letra minúscula, dentro de cada columna y factor principal, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^xValores con la misma letra mayúscula, dentro de cada columna y factor principal, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

Los efectos más sobresalientes de la interacción TEMP x H_2O_2 , tanto en viabilidad (32 %) como en germinación (20 %), se obtuvieron con temperatura de 30 °C e inmersión de la semilla en solución de H_2O_2 al 6 o 12 % de concentración (Cuadro 3), debido a que hubo una disminución significativa de semillas duras (26 a 31 %) y plántulas anormales (11 %); no obstante, la amplitud de viabilidad y

germinación total alcanzado fue similar al obtenido por efecto de la temperatura *per se*. Los resultados de la interacción entre estos factores, nuevamente corroboran el efecto positivo de la temperatura durante el proceso de germinación, como lo indican varios autores (Donselman, 1982; Jones, 1995; Rauch, 1995; Marcus y Banks, 1999), ya que posiblemente esta actúa en un nivel enzimático y, consecuentemente, tal vez promueva el inicio de los procesos que abastecerán de metabolitos al embrión; si bien el H₂O₂ tuvo una ligera acción escarificante, al interactuar con la temperatura, esta cobró una función preponderante.

CUADRO 3. Calidad fisiológica de la semilla de *Chamaedorea elegans* Mart. por efecto del tratamiento de pregerminación en soluciones de H₂O₂ y la temperatura de germinación.

Temperatura (°C)	Concentración de H ₂ O ₂ (%)							
	0	6	12	Media	0	6	12	Media
	Plántulas Anormales (%)				Semillas Duras (%)			
25	1 e ^z	1 e	2 d	1	95 b	96 a	94 c	95
30	14 a	12 c	13 b	13	78 d	65 f	68 e	70
Media	8	7	8	7	87	81	81	83
	Viabilidad (%)				Germinación (%)			
25	3 d	2 e	4 c	3	2 d	1 e	2 d	2
30	24 b	32 a	32 a	29	10 c	20 a	19 b	16
Media	14	17	18	16	6	11	11	9

^zMedia correspondiente a promedios de porcentajes observados, en tanto que la prueba estadística (literales) corresponde a datos transformados.

^aValores con la misma letra, dentro de cada variable, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

El efecto de la interacción TEMP x TPO, a pesar de haber resultado significativo, en términos prácticos fue mínimo; los tratamientos a 30 °C mejoraron la germinación en sólo 2 %, al pasar de 5 a 10 o 15 min de inmersión en el peróxido de hidrógeno, aunque las semillas duras disminuyeron entre 7 y 11 %, en el mismo caso (Cuadro 4).

CUADRO 4. Calidad fisiológica de la semilla de *Chamaedorea elegans* Mart. por efecto de la duración del tratamiento de pregerminación en soluciones de H₂O₂ y la temperatura de germinación.

Temperatura (°C)	Periodo de inmersión en H ₂ O ₂ (min)							
	5	10	15	Media	5	10	15	Media
	Semillas Duras (%)				Germinación (%)			
25	95 b ^y	96 a	95 b	95	2 c	1 d	2 c	2
30	76 c	69 d	65 e	70	14 b	16 a	16 a	15
Media	86	83	80	83	8	9	9	9

^yMedia correspondiente a promedios de porcentajes observados, en tanto que la prueba estadística (literales) corresponde a datos transformados.

^aValores con la misma letra, dentro de cada variable, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

La calidad fisiológica de la semilla también aumentó cuando incrementó la duración del periodo de inmersión en las soluciones de H₂O₂ y la adición de ácido giberélico, así como en la temperatura de germinación (TEMP x TPO x AG₃). Un mejor comportamiento tuvo la semilla pretratada mediante la inmersión en la solución acuosa de H₂O₂, adicionada con 2,000 mg-litro⁻¹ de AG₃, durante 15 min, y puesta a germinar a 30 °C (Cuadro 5); en este tratamiento, la viabilidad y germinación fue de 35 y 18 %, respectivamente. No obstante, el efecto de la interacción entre los factores antes indicados no superó al obtenido solamente con la temperatura, por lo que estos resultados reiteran la importancia que ésta tiene sobre la germinación de *Ch. elegans*, como se ha discutido por diferentes autores para diferentes especies de palmas (Donselman, 1982; Jones, 1995; Rauch, 1995; Marcus y Banks, 1999).

CUADRO 5. Porcentajes de viabilidad y germinación de *Chamaedorea elegans* Mart. por efecto de la duración del tratamiento de pregerminación en soluciones de H₂O₂, la adición de ácido giberélico y la temperatura de germinación.

Temperatura	Periodo de inmersión en H ₂ O ₂ (min)							
(°C)	5	10	15	Media	5	10	15	Media
	AG ₃ (0 mg·litro ⁻¹)				AG ₃ (2,000 mg·litro ⁻¹)			
	Viabilidad (%)							
25	^x 4 d ^{yz}	1 f	3 e	3	2 e	5 d	2 e	3
30	20 c	30 a	29 b	26	29 c	29 b	35 a	31
Media	12	17	16	15	16	17	19	17
	Germinación (%)							
25	2 e	0 f	3 d	2	2 e	3 d	1 f	2
30	13 c	17 a	15 b	15	15 c	16 b	18 a	16
Media	8	9	9	9	9	10	10	9

^zMedia correspondiente a promedios de porcentaje observados, en tanto que la prueba estadística (literales) corresponde a datos transformados.

^yValores con la misma letra, dentro de cada columna y variable respuesta, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

^aValores con la misma letra, dentro de cada variable y concentración de AG₃, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

El análisis de varianza del tercer estudio mostró que la escarificación mecánica (EME) de la semilla tuvo efecto en todas las variables; la aplicación del AG₃ lo hizo en la mayoría de éstas, mientras que por la interacción entre EME x AG₃ sólo hubo disminución de las semillas duras. Las demás interacciones no resultaron significativas (Cuadro 6).

La escarificación mecánica mejoró, en general, la calidad fisiológica de la semilla, principalmente aumentó la viabilidad (36 %) y germinación (8 %) (Cuadro 7); sin embargo, esta última fue menor que con los tratamientos de inmersión en H₂O₂, adicionados o no con AG₃. No obstante, los resultados del tratamiento de escarificación contrastan con lo indicado por Jiménez *et al.* (1996) y Ramón (2001)

CUADRO 6. Resumen del análisis de varianza en los caracteres evaluados en el tercer experimento de germinación de *Chamadorea elegans* Mart.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados medios			
		Viabilidad	Germinación	Plantas Anormales	Semillas Duras
H ₂ O ₂ ^z	1	0.49	1.50	2.00	0.01
AG ₃	1	5.49*	0.59	5.42*	0.14**
H ₂ O ₂ x AG ₃	1	0.06	0.35	0.01	0.02
ESC. MEC.	1	240.48**	43.53**	164.74**	2.41**
H ₂ O ₂ x ESC. MEC.	1	0.03	1.50	0.80	0.01
AG ₃ x ESC. MEC.	1	1.17	0.59	1.15	0.10*
H ₂ O ₂ x AG ₃ x ESC. MEC.	1	1.32	0.35	0.60	0.02
Error	24	1.11	1.23	1.11	0.01
Total	31				
CV (%)		30.30	56.85	32.24	2.91

*, **; Significativa a una $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente.

H₂O₂: Peróxido de hidrógeno; AG₃: Ácido giberélico; ESC. MEC.: Escarificación mecánica; CV: Coeficiente de variación.

quienes informaron 80 y 55 % de germinación total a los 80 y 29 días, respectivamente, después de realizar el tratamiento. Tal discrepancia puede atribuirse al procedimiento de escarificación *per se*, ya que en este estudio se realizó un corte tangencial al endocarpio, mientras que Jiménez *et al.* (1996) y Ramón (2001) lijaron la semilla y eliminaron casi la mitad de ésta, por lo que hubo una eliminación parcial del endocarpio y tendencia a favorecer la imbibición de la semilla en forma diferencial; o bien, que los registros de esos estudios, principalmente en el de Ramón (2001), se consideran las plántulas malfomadas como normales con lo que se sobreestima el porcentaje de germinación.

CUADRO 7. Calidad fisiológica de la semilla de *Chamadorea elegans* Mart. por efecto de la escarificación mecánica.

Escarificación Mecánica	Variables de calidad fisiológica (%)			
	Semillas Duras	Plántulas Anormales	Viabilidad	Germinación
Con	^z 57 a ^x	26 a	37 a	9 a
Sin	98 b	0 b	1 b	1 b
DMS	0.09	0.67	0.74	0.78
Media	78	13	19	5

^zMedia correspondiente a promedios de porcentajes observados, en tanto que la prueba estadística (literales) corresponde a datos transformados.

^xValores con la misma letra, dentro de cada columna, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa.

Lo anterior indica que la eliminación mecánica de una porción del endocarpio, facilita la imbibición y los procesos metabólicos subsecuentes que dan lugar a la germinación. Los resultados del porcentaje de germinación del estudio, como índice de calidad fisiológica más importante, pueden ser superados si se controlan otras condiciones del

ambiente de germinación, del desarrollo y manejo poscosecha de la semilla.

La inmersión de la semilla en la solución acuosa de AG₃ a 2,000 mg·litro⁻¹ durante 24 h promovió la formación de plántulas anormales (5 %) y la viabilidad (6 %), y disminuyó las semillas duras (10 %) (Cuadro 8). En otros estudios, los efectos positivos del AG₃ para promover la germinación de *Ch. elegans*, se han observado al utilizar soluciones a 100 mg·litro⁻¹ de concentración (Yoshii *et al.*, 1989), aunque el tratamiento prolongado (1 a 3 días) con tal concentración provocó alargamiento excesivo de las plántulas (Doughty *et al.*, 1986; Odetola, 1987) con efectos indeseables en el desarrollo inicial y establecimiento del cultivo; esta información coincide con los resultados obtenidos por lo que, en estudios posteriores, es necesario determinar la concentración óptima de AG₃ en soluciones destinadas al tratamiento de pregerminación de esta especie.

CUADRO 8. Calidad fisiológica de la semilla de *Chamadorea elegans* Mart. por efecto de la inmersión en solución acuosa de ácido giberélico.

Concentración de AG ₃ (mg·litro ⁻¹)	Variables de calidad fisiológica			
	Semillas Duras	Plántulas Anormales (%)	Viabilidad	Germinación
0	^y 80 b ^z	6 b	8 b	3 a
2000	70 a	11 a	14 a	4 a
Media	75	9	11	4
DMS	0.1	0.7	0.7	0.8

^zMedia correspondiente a promedios de porcentajes observados, en tanto que la prueba estadística (literales) corresponde a datos transformados.

^yValores con la misma letra, dentro de cada columna, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

DMS: Diferencia mínima significativa.

CUADRO 9. Calidad fisiológica de *Chamadorea elegans* Mart. por efecto la escarificación mecánica y aplicación de ácido giberélico (AG₃).

Escarificación mecánica	Concentración de AG ₃ (mg-litro ⁻¹)					
	0	2,000	Media	0	2,000	Media
	Semillas Duras (%)			Plántulas Anormales (%)		
Sin	99 a ^z	97 b	98	0 d	1 c	1
Con	60 c	45 d	53	22 b	31 a	27
Media	80	71	76	11	16	14
	Viabilidad (%)			Germinación (%)		
Sin	0 d	1 c	1	0 c	0 c	0
Con	31 b	43 a	37	9 b	12 a	11
Media	16	22	19	5	6	6

^zMedia correspondiente a promedios de porcentaje observados, en tanto que la prueba estadística (literales) corresponde a datos transformados.

^yValores con la misma letra, dentro de cada variable, son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

El efecto conjunto de la inmersión de la semilla en soluciones con ácido giberélico y la escarificación mecánica (EM x AG₃), influyeron positivamente en su calidad fisiológica (Cuadro 9). Resultados sobresalientes se observaron en la viabilidad (43 %) y plántulas anormales (31 %) cuando la semilla fue tratada con soluciones de AG₃ en concentración de 2 000 mg-litro⁻¹ y, adicionalmente, se escarificó. En la práctica, estos resultados son importantes porque se logra más del 40 % de germinación, por disminución de la anomalía en las plántulas, lo que representara más del doble de lo obtenido comúnmente (Tomlinson, 1990; Ramón, 2001;) y, adicionalmente, sería buen indicador para utilizar la semilla recién cosechada.

CONCLUSIONES

En la germinación de la semilla de *Ch. elegans*, la temperatura de 30 °C actúa preponderantemente, con respecto a la inmersión en peróxido de hidrógeno y ácido giberélico, para romper parcialmente el letargo y promover la germinación.

La escarificación mecánica de la semilla, mediante un corte vertical del endocarpio, facilita la imbibición y promueve el crecimiento del embrión y la germinación de la semilla.

La aplicación de ácido giberélico, en semilla previamente escarificada con H₂O₂, activa la germinación y provoca la malformación de las plántulas.

El pretratamiento de la semilla, mediante inmersión en soluciones acuosas de peróxido de hidrógeno a 6 o 12 % de concentración, 10 o 15 min, tienen poco efecto sobre la calidad fisiológica y germinación de semilla de la palma camedor.

LITERATURA CITADA

- BROSCHAT, T. K.; DONSELMAN, H. 1986. Factors affecting storage and germination of *Chysalidocarpus lutescens* seeds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(6): 872-877.
- CARPENTER, W. J. 1987. Temperature and imbibition effects on seed germination of *Sabal palmetto* and *Serenoa repens*. HortScience 22: 660.
- DONSELMAN, H. 1982. Palm seed germination studies. Proc. Florida State Hort. Soc. 95: 256-257.
- DOUGHTY, S. C.; O'ROURKE, E. N.; BARRIOS, E. P.; MOWERS, R. P. 1986. Germination induction of pygmy date palm seed. Principes 30: 85-87.
- GENEVE, R. L. 1998. Seed dormancy in commercial vegetable and flower species. Seed Tech. 20(2): 236-250.
- HERNÁNDEZ P., L. 2000. Manual para la Producción de Palma Camedor. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones de la Región Golfo-Centro. Campo Agrícola Experimental "El Palmar". Folleto Técnico # 26. 22 p.
- HODEL, D. R. 1992. Chaemadorea Palms, The Species and Their Cultivation. University of California Riverside. California, USA. 340 p.
- ISTA (International Seed Testing Association). 1993. International rules for seed testing. Rules 1993. Seed Sci. & Technol (Suplement) 21: 1-177.
- JIMÉNEZ P., J.; JURADO Y., E.; TREJO H., L.; PLÁCIDO DE LA C., J. M. 1996. Inducción a la germinación de *Chamaedorea radicalis* Mart. ("palmilla"), con tratamientos físicos y químicos. Revista Biotam 8(1): 41-44.
- JONES, M. 1995. The Propagation of Palms, pp. 97-106. In: Palms Throughout the World. Smithsonian Institution Press. Washington D.C., USA.
- MARCUS, J.; BANKS, K. 1999. A practical guide to germinating palm seeds. Florida Cooperative Extension Service. IFAS. University of Florida. Florida, USA. Bulletin 274, 5 p.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. 1989. The ecology of germination-The seeds in its natural environment, pp. 201-236. In: The Germination Of Seeds. Fourth Edit. Pergamon Press. Oxford, U.K.

- MORA O., A.; MORA L., J. L.; JIMÉNEZ P., J. L.; SIFUENTES S., J. 1998. Vegetación y flora asociada a la palmilla (*Chamaedorea radicalis* Mart.) en la Reserva de la Biosfera "El Cielo". Revista Biotam 10(1): 15.
- MORENO, M., E. 1985. Pruebas de germinación, pp. 103-186. *In*: Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México.
- NAGAO M., A.; KANEGAWA, A.; SAKAI, W. S. 1980. Accelerating palm seed germination with gibberellic acid, scarification and bottom heat. HortScience 15(2): 200-201.
- NAGAO M., A.; SAKAI, W. S. 1979. Effect of growth regulators on seed germination of *Archontophoenix alexandrae*. HortScience 14(2): 182-183.
- ODETOLA, J. A. 1987. Studies on seed dormancy, viability, and germination in ornamental palms. Principes 31: 24-30.
- POOLE, R. T.; CONEVER, C. A.; HENLEY, R. W. 1975. Parlor palm seed germination. Florists' Review 6: 89-106.
- RAMÓN J., V. 2001. Estudio de la germinación y desarrollo de palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart.) bajo condiciones controladas. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méxco. 62 p.
- RAUCH, F. D.; CRIVELLONE, C. F. 1989. Palm inhibitor study. Hawaii Nursery Research. Univ. of Hawaii Res. Ext. Series 103: 27.
- RAUCH, F. D. 1995. Palm seed germination. Horticulture Digest 107: 1-5.
- TOMLINSON, P. B. 1990. The Structural Biology of Palms. Clarendon Press. Oxford, UK. 492 p.
- VOVIDES, A. P. 1981. Lista preliminar de plantas mexicanas raras o en peligro de extinción. Revista Biótica 6(2): 219-228.
- YOSHII, C. M.; RAUCH, F. D.; OKAZAKI, C. I. 1989. Treatments influencing the germination of bamboo palm seeds. Hawaii Nursery Research. Univ. of Hawaii Res. Ext. Series 103: 23-24.