

Efecto de la luz y de la escarificación en la germinación de las semillas de cinco especies de árboles tropicales secundarios

Pablo I. Acuña

Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Nancy C. Garwood

Department of Botany, Field Museum of Natural History, Chicago, Illinois 60605, USA. Smithsonian Tropical Research Institute, Apartado 2072, Balboa, Rep. de Panamá.

(Recibido el 5 de agosto de 1986)

Abstract: We studied the effect of light and scarification of the seed coat on the germination of seeds of five tree species which are characteristic of secondary growth: *Apeiba membranacea*, *A. tibourbou*, *Luehea seemannii*, *Trichospermum mexicanum* and *Guazuma ulmifolia*. The seeds were scarified in sulfuric acid or hot water for 2 or 10 minutes, then germinated in a screened growing house in sunlight and shade.

The seeds were not light sensitive. In the controls, germination was very low in both light and shade except in *L. seemannii*. A requirement for light did not develop after scarification.

Scarification increased percent germination in all species by either softening the seed coat or providing a high temperature cue. In *L. seemannii*, the species with the softest seed coat, hot water increased germination while acid decreased it.

Las especies de la vegetación secundaria componen una biota importante de los trópicos húmedos, debido a su abundancia, la notable versatilidad de sus respuestas al "disturbio" y en uso presente y potencial (Gómez-Pompa y Vásquez-Yanes 1976). Su establecimiento conduce a la reaparición de las características edáficas y microclimáticas que permiten el crecimiento de especies de etapas sucesionales más maduras en zonas perturbadas (Vásquez-Yanes, 1974, 1976). Las características de los árboles pioneros son bien conocidas y han sido sintetizadas por diversos autores; sin embargo, es muy poco lo que se conoce aún de muchos aspectos de su historia vital (Vásquez-Yanes, 1980).

Entre las características más notables de las especies secundarias están la producción de gran cantidad de semillas con bajo contenido de humedad, sistemas para una amplia dispersión de las semillas y sistemas de latencia que permiten a las semillas persistir en el suelo hasta que las condiciones propicias aparezcan y disparen la germinación. Algunos de los mecanismos más

frecuentes que mantienen latentes las semillas en el suelo son la latencia exógena, inducida por cualidades e intensidades inadecuadas de luz, y la presencia de una testa impermeable al agua o gases que puede volverse permeable por escarificación mecánica o térmica u otras condiciones que pueden estar asociadas al disturbio (Gómez-Pompa y Vásquez-Yanes 1976; Vásquez-Yanes y Orozco 1984).

Los objetivos de esta investigación son determinar el efecto de las condiciones ambientales de la luz y de la escarificación de la testa, en la germinación de las semillas de cinco especies de árboles tropicales característicos de sucesión secundaria.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en la Isla Barro Colorado, República de Panamá (9°09'N, 79°51'0). La región recibe un promedio de 2.600 mm de lluvia al año, el 90% de la cual cae entre los meses de mayo y diciembre (Croat 1978). La tempera-

CUADRO 1

Efecto de la escarificación y la luz en el porcentaje de germinación de las semillas.

Los valores son un promedio (\pm DS) del porcentaje de germinación de dos repeticiones de 25 semillas cada una después de 60 días. Los dos niveles de luz son: luz solar y sombra.

Los cinco tratamientos de escarificación son: AC2, agua caliente por dos minutos; AC10, agua caliente por 10 minutos; SA2 ácido sulfúrico por 2 minutos; SA10, ácido sulfúrico por 10 minutos;

*TES, testigo. Para cada tratamiento por especie se hizo una prueba de Razón de Verosimilitudes 2×2 y la estadística de G (g.l. = 1), para determinar si el número de semillas germinadas o no depende del nivel de la luz. Probabilidades: * 5%; ** 1%; *** 0.1%.*

<i>Apeiba membranacea</i>			<i>Apeiba tibourbou</i>			
	Luz	Sombra	G	Luz	Sombra	G
AC2	62 \pm 3	92 \pm 11	13.57***	20 \pm 11	26 \pm 20	0.51 ns
AC10	80 \pm 6	78 \pm 8	0.06ns	24 \pm 11	28 \pm 11	0.21ns
SA2	62 \pm 25	56 \pm 17	0.04ns	30 \pm 8	52 \pm 6	5.05*
SA10	68 \pm 11	80 \pm 17	1.88ns	36 \pm 23	52 \pm 6	2.61ns
TES	0 \pm 0	4 \pm 6	2.81ns	10 \pm 8	2 \pm 3	3.08ns
Total	54	62		24	32	
<i>Luehea seemannii</i>			<i>Trichospermum mexicanum</i>			
	Luz	Sombra	G	Luz	Sombra	G
AC2	52 \pm 6	60 \pm 17	0.65ns	24 \pm 17	26 \pm 3	0.05ns
AC10	60 \pm 17	48 \pm 0	1.45ns	14 \pm 8	18 \pm 8	0.30ns
SA2	24 \pm 17	0 \pm 0	18.28***	10 \pm 8	8 \pm 6	0.12ns
SA10	6 \pm 8	0 \pm 0	4.25+	24 \pm 23	10 \pm 3	3.47ns
TES	22 \pm 8	36 \pm 11	2.40ns	2 \pm 3	2 \pm 3	0.00ns
Total	33	29		15	13	
<i>Guazuma ulmifolia</i>						
	Luz	Sombra	G			
AC2	62 \pm 31	66 \pm 20	0.17ns			
AC10	78 \pm 3	94 \pm 3	5.61+			
SA2	48 \pm 17	40 \pm 6	0.65ns			
SA10	32 \pm 6	72 \pm 6	16.49***			
TES	2 \pm 3	4 \pm 0	0.34ns			
Total	44	55				

tura atmosférica mensual varía de 16.5C a 35.5C.

La vegetación de la isla es de bosque de tierra baja semicaducifolio, rico en especies. Según el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge, el bosque se clasifica como Bosque Húmedo Tropical. Las características de la vegetación y de las asociaciones vegetales fueron descritas por Croat (1978).

Estudiamos *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth., *A. tibourbou* Aubl., *Luehea seemannii* Tr. & Planch. y *Trichosperma mexicanum* (DC.) Baill. de la familia Tiliaceae y, *Guazuma ulmifolia* de la familia Sterculiaceae.

Las semillas se tomaron de frutos producidos por 2 a 4 individuos. La colecta se realizó del 5 al 18 de Mayo de 1986.

Se escarificaron semillas de cada una de las especies con cuatro tratamientos: agua caliente (62-70C) por dos minutos (AC 2), agua caliente por 10 minutos (AC 10), ácido sulfúrico concentrado por dos minutos (SA 2) y ácido sulfúrico por 10 minutos (SA 10); además, se consideró un tratamiento testigo. Después de cada tratamiento las semillas se lavaron con agua destilada. Se hicieron dos repeticiones de cada tratamiento de 25 semillas cada una. Las semillas fueron sembradas en macetas de turba (Jiffy pots) de 5,7 cm y se pusieron a germinar en invernadero bajo luz (aprox. 20-30% de luz solar) y sombra (aprox. 1-2% de luz solar). El suelo se mantuvo siempre húmedo.

Los datos fueron analizados con pruebas de independencia usando el programa estadístico

CUADRO 2

Efecto de la escarificación de las semillas al usar el modelo log-lineal y la estadística de G para la prueba de independencia. Los cinco tratamientos se describen en el texto y en el Cuadro 1. La germinación se consideró como sí o no y el efecto de los tratamientos fue dividido en cuatro comparaciones ortogonales. Probabilidades: * 5%; ** 1%; *** 0.1%.

	Grados de Libertad	<i>Apeiba membranacea</i>	<i>Apeiba tibourbou</i>	<i>Luehea seemanii</i>	<i>Trichospermum mexicanum</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Escar. x Luz x Germ.	4	12.83**	7.07ns	25.83***	3.59ns	14.90**
Luz x Germ.	1	3.62ns	3.98*	0.94ns	0.42ns	5.84*
Escar. x Germ.	4	199.40***	52.54***	121.55***	29.62***	178.86***
Tes vs AC + SA	1	185.08***	37.43***	0.19ns	20.19***	133.02***
AC vs SA	1	7.76***	14.68***	115.06***	4.06*	31.29***
AC2 vs AC10	1	0.12ns	0.24ns	0.08ns	2.50ns	13.26***
SA2 vs SA10	1	6.44**	0.18ns	6.22*	2.87ns	1.28ns

“SYSTAT” (Wilkinson 1986). Para los análisis de las tablas de contingencia se utilizaron los modelos “log - lineal” y la estadística de G (Sokal y Rohlf 1981). Se combinaron los datos de las dos réplicas. Los factores fueron: Escarificación (AG 2, AG 10, SA 2, SA 10, TES), Luz (luz solar o sombra) y Germinación (sí o no).

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se muestran los valores promedio del porcentaje de germinación de las semillas en los tratamientos de luz y escarificación.

Se realizó una prueba de independencia de tres vías (Escarificación x Luz x Germinación). Se encontró que hay una interacción significativa entre los tres valores en tres de las cinco especies (Cuadro 2). Entre los tratamientos de escarificación, el porcentaje no es, significativamente, más alto ni más bajo en luz que en sombra. Por lo tanto, se analizaron por separado el efecto de la luz y la escarificación en la germinación.

El análisis de Luz x Germinación nos indica que la germinación es independiente de la luz para *A. membranacea*, *L. seemanii* y *T. mexicanum*, pero no para *A. tibourbou* y *G. ulmi-*

folia (Cuadro 2), ya que en éstas el porcentaje de germinación fue un poco mayor en sombra que en luz. Aunque existen diferencias significativas entre luz y sombra en algunos tratamientos para varias especies, no hay un patrón general entre ellas.

La prueba de independencia de Escarificación x Germinación es altamente significativa ($P < 0,001$) para las cinco especies, lo que indica que la germinación es independiente del tratamiento a la semilla. La subdivisión de esta prueba en contrastes ortogonales indica, a excepción de *L. seemanii*, que existe una diferencia altamente significativa entre la germinación de las semillas escarificadas y las no escarificadas (TES), porque la suma de la estadística de G en las cuatro comparaciones ortogonales, es igual al valor de G de la prueba Escarificación x Germinación. Es posible notar que, en estas cuatro especies, la diferencia entre el testigo y la escarificación explica la mayor parte del efecto, una parte más pequeña es explicada por la diferencia entre los tratamientos con ácido y agua caliente.

En las cuatro especies, el porcentaje de germinación del testigo es muy bajo en luz y sombra, usualmente menor de 5% (Cuadro 1) y es, generalmente, mucho más alto con escarificación.

En *L. seemannii* la diferencia entre el tratamiento con ácido y el tratamiento con agua caliente, explica la mayor parte del efecto. El agua caliente favorece la germinación mientras que el ácido la desfavorece.

DISCUSION

Ninguna de las especies presentó semillas fotoblásticas. Las semillas no tratadas de todas las especies, excepto las de *L. seemannii*, germinaron en luz o en sombra. La diferencia del porcentaje de germinación entre luz y sombra es pequeña en todas las especies, aunque el porcentaje es significativamente más alto en la sombra en *A. tibourbou* y *G. ulmnifolia*. Por esto, un cambio en la intensidad o calidad de luz asociado con un disturbio del bosque no es un indicador de la ruptura de la latencia de estas especies ni el desarrollo de un requisito por luz después de la escarificación.

Es claro que la escarificación aumenta el porcentaje de germinación en las cinco especies. Ambos tratamientos (agua caliente y ácido sulfúrico) pueden participar en el ablandamiento mecánico de la testa, permitiendo que el agua penetre, o bien, favorecer un incremento en la temperatura de las semillas que pueda romper la latencia. Es imposible distinguir entre los dos efectos con este experimento. Sin embargo, todas las especies secundarias usualmente, germinan poco tiempo después de un disturbio que produce un habitat rico en luz en el bosque. Un aumento de temperatura es un indicador más rápido de cambio que un lento proceso de escarificación por microorganismos o factores mecánicos.

En *L. seemannii*, la especie con testa más suave, el tratamiento más fuerte (SA 10) disminuye considerablemente el porcentaje de germinación. En las otras especies que tienen una testa dura, el tratamiento más fuerte (SA 10) aumenta el porcentaje de germinación (*A. tibourbou*) o lo disminuye solamente un poco. Las semillas de *L. seemannii* y *T. mexicanum* son dispersadas por el viento, mientras las otras son comidas y defecadas por animales. Posiblemente, las segundas tienen testas duras para resistir el paso a través del tracto digestivo.

En el campo las semillas de *A. membranacea* con frecuencia germinan dentro de los frutos. Debido a que las semillas del testigo no germinan, esto nos sugiere un aumento de la tempera-

tura dentro del fruto o la presencia de otro factor que contribuya a la escarificación de la testa. Es posible que la descomposición de la abundante pulpa aumente la temperatura o la actividad de los hongos o de otros microorganismos saprófitos.

AGRADECIMIENTO

Gracias al Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) por las facilidades brindadas en la Isla Barro Colorado y a T.M. Aide y M. Marmolejo por leer rigurosamente el manuscrito. Este estudio fue financiado por una beca a P. Acuña de la Corporación Exxon mediada por STRI y, por el fondo BSR-8517395 de U. S. National Science Foundation a N. Garwood.

RESUMEN

Se estudió el efecto de la luz y de la escarificación de la testa en la germinación de las semillas de cinco especies de árboles característicos de sucesión secundaria, *Apeiba membranacea*, *A. tibourbou*, *Luehea seemannii*, *Trichospermum mexicanum* y *Guazuma ulmnifolia*. Las semillas se escarificaron con ácido sulfúrico o agua caliente por 2 o 10 minutos y se pusieron a germinar en invernadero bajo condiciones de luz o sombra.

Las especies no son fotoblásticas. En los testigos, la germinación fue muy baja en luz y sombra con excepción de *L. seemannii*. No se desarrolla una necesidad de luz después de la escarificación.

La escarificación incrementa el porcentaje de germinación en todas las especies al ablandar la testa o al proveer un indicador de alta temperatura. En *L. seemannii*, la especie con la testa más suave, el agua caliente incrementa la germinación pero el ácido la disminuye. En las otras especies tanto el agua caliente como el ácido incrementan la germinación.

REFERENCIAS

- Croat, T.B. 1978. Flora of Barro Colorado Island. Stanford University Press, California. 943 p.
- Gómez-Pompa, A. & C. Vásquez-Yanes. 1976. Estudio sobre sucesión secundaria en los trópicos cálido húmedos: el ciclo de vida de las especies secundarias.

- pp. 579-593. *In*: A. Gómez-Pompa, C. Vásquez-Yanes, S. del Amo y A. Butanda (eds). *Regeneración de Selvas*, Editorial Continental, México, D.F.
- Sokal, R.R. & F. J. Rohlf. 1981. *Biometry*. Second Edition. W.H. Freeman, San Francisco, California. 859 p.
- Vásquez-Yanes, G. 1974. Studies of the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. *Turrialba* 24 pp: 176-179.
- Vásquez-Yanes, C. 1976. Estudio sobre la ecofisiología de la germinación de una zona cálido-húmeda de México. pp: 229-287. *In*: A. Gómez-Pompa, C. Vásquez-Yanes, S. del Amo y A. Butanda (eds). *Regeneración de Selvas*. Editorial Continental, México, D.F.
- Vásquez-Yanes, C. 1980. Notas sobre la autoecología de los árboles pioneros de rápido crecimiento de la selva tropical lluviosa. *Tropical Ecology* 21: 103-112.
- Vásquez-Yanes, C. & A. Orozco. 1984. Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical. *Ciencia* 35: 191-201.
- Wilkinson, L. 1986. *SYSTAT*, the System for Statistics. SYSTAT, Inc., Evanston IL, U.S.A.