

# Condiciones óptimas para la germinación de *Alnus acuminata* spp. *arguta* (Schlechtendal) Furlow y *Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth

Karen Ezau<sup>1</sup>  
Rodolfo Salazar<sup>2</sup>

## Introducción

La estandarización de las condiciones de germinación de las semillas es importante para comparar los resultados de pruebas de germinación entre laboratorios, maximizar la germinación de semillas, la producción de plantas y reducir los costos de producción.

Los protocolos de germinación permiten determinar la mejor temperatura, fotoperíodo, sustrato, y pH, para germinar las semillas de cada especie. El objetivo de esta investigación es desarrollar protocolos de germinación para las especies *Alnus acuminata* y *Pithecellobium saman* y definir los procedimientos adecuados para obtener los mayores porcentajes de germinación.

## Especies estudiadas

*Alnus acuminata* (familia: Betulaceae), conocida en Costa Rica como jaúl, es una especie de uso múltiple y amplia distribución. Se encuentra de México hasta el norte de Argentina, generalmente en ambientes frescos de elevación media a alta (CATIE 1997). Es utilizada para la producción de pulpa y papel, leña, carpintería,

construcción, medicinas, mejoramiento de suelos y en sistemas agroforestales con pasto (Poschen 1980; Rojas *et al.*, 1991). Las semillas de jaúl son pequeñas (de 0,65 mm a 1,34 mm de largo) y aladas, conocidas como sámaras (CATIE 1997).

*Pithecellobium saman* (familia: Mimosaceae), conocida como cenízaro o genízaro en Costa Rica, es una especie de uso múltiple y amplia distribución. Crece desde México hasta Brasil y Paraguay a elevaciones de 0 a 700 msnm, en climas secos y húmedos. La madera es de alta calidad y utilizada para muebles, gabinetes, postes y construcción en general. Las semillas miden en promedio 10 mm de largo, 7 mm de ancho y 5 mm de grosor, el fruto es una vaina y contiene de 15 a 20 semillas. (Martínez y Enríquez 1984; Nichols y González 1992).

## Metodología

Los protocolos fueron desarrollados en el Banco de Semillas Forestales (BSF) del Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR) en CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Fueron utilizadas dos procedencias de *A. acuminata*, la primera de Goicoechea, San José y la segunda de Prusia, Cartago. Las semillas de *Pithecellobium saman* sólo fueron colectadas de la procedencia de Abangares, Guanacaste.

<sup>1</sup> Estudiante de la Universidad de Alberta, Canadá: Tema de Tesis de Maestría.

<sup>2</sup> Líder PROSEFOR-CATIE

En la primera etapa de la investigación, se probó la respuesta germinativa a las variables de temperatura (24, 27, 30 y 32°C), sustrato (papel, arena, y una mezcla de arena y tierra 1:1) y al fotoperíodo (0, 8, 16 y 24 horas luz por día), se utilizó un diseño factorial similar al utilizado por Jara y López (1996). Se determinó el porcentaje de germinación final y el valor de germinación; esta última variable es un concepto que combina el vigor germinativo y la velocidad de germinación (Djavanshir y Pourbeik 1976) y es calculado mediante la siguiente fórmula:

- VG:  $(3 \text{ VGD} / N) (\text{PG} - 10)$   
VG: valor de germinación  
VGD: velocidad de germinación diaria, que se calcula dividiendo el porcentaje de germinación acumulado entre el número de días transcurridos desde la siembra  
N: número de conteos diarios, iniciando el día que germina la primera semilla  
PG: porcentaje de germinación total al final del ensayo

Esta fórmula no aplica para especies que tienen un promedio de velocidad de germinación diaria superior a 10, que es el caso con cenízaro (Djavanshir y Pourbeik 1976). En vez de valor de germinación, en cenízaro se evaluó el valor máximo de la velocidad de germinación, que es el VGD más alto durante la prueba de germinación. Este valor representa la medida de velocidad de germinación solamente (Czabator 1962).

Fueron utilizadas cuatro cámaras de germinación con capacidad para controlar la temperatura, luz y humedad. La respuesta germinativa al pH fue cuantificada en la segunda investigación en el laboratorio de suelos en el CATIE. Se prepararon soluciones con pH de 4, 7 y 10, utilizando agua destilada y soluciones débiles de HCl y NaOH (Samaniego 1995). El jaúl se

sembró en papel de filtro y el cenízaro en arena seca. Los sustratos fueron manejados con las soluciones con los diferentes pH y se colocaron en una cámara de germinación a 30°C y bajo iluminación constante durante 24 horas.

En ambas investigaciones se utilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas según las reglas de ISTA (1976). Las semillas fueron sembradas en cajas plásticas y transparentes con tapas, y esterilizadas con alcohol de 95%. La arena y la tierra fueron esterilizadas con formalina al 5% y 15%, respectivamente. Las semillas de cenízaro, por tener la testa muy dura, recibieron un tratamiento pregerminativo de corte manual con tijera. Una vez colocadas en las cajas germinadoras fueron cubiertas con una capa de sustrato con un espesor de una vez el diámetro de la semilla. Las semillas de jaúl no recibieron tratamiento pregerminativo y fueron sembradas sobre el sustrato. Se registró la germinación cuando la radícula alcanzó una longitud de dos veces el tamaño de la semilla. Los conteos se realizaron diariamente. Las pruebas de germinación con jaúl duraron 12 días y las de cenízaro, ocho días.

## Resultados y discusión

En la primera investigación, los efectos de las tres variables temperatura, sustrato y fotoperíodo mostraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ) en la germinación total y el valor de germinación de las dos procedencias de *A. acuminata*. En *P. saman* las únicas diferencias estadísticamente significativas que se presentaron fueron debido al sustrato (porcentaje de germinación y valor máximo de la velocidad de germinación) y temperatura (sólo el valor máximo de la velocidad de germinación). En las dos especies, las interacciones entre los tres factores fueron estadísticamente altamente significativas ( $P < 0.001$ ). Puesto que las interacciones representaron solamente una pequeña parte de la

variación total en los modelos y por su complejidad, no se incluye el análisis de estas interacciones en el presente artículo.

En jaúl el porcentaje de germinación y valor de germinación fueron significativamente más altos en los sustratos de papel y arena que en la mezcla de arena y tierra (Cuadro 1). Para *P. saman*, se descartó el uso del papel durante el proceso de la investigación debido a problemas con hongos. Entre los sustratos arena, y arena: tierra, el porcentaje de germinación fue 4% más

alto en arena. Para ambas especies, el crecimiento de hongos fue un problema en el sustrato arena: tierra, a pesar de la esterilización con formalina. Especialmente con *P. saman*, la presencia de hongos en este sustrato causó infección secundaria y la muerte de plantas recién germinadas.

Con relación a las temperaturas evaluadas, el porcentaje de germinación más alto fue determinado a temperaturas de 24 y 27°C en ambas procedencias de *A. acuminata*. La germinación disminuyó al aumentar la temperatura

sobre ese nivel (Fig. 1). La forma de las curvas para el valor de germinación fueron muy parecidas a las del porcentaje de germinación mostrado en la Figura 1. Tendencias germinativas debido a la temperatura como efecto principal, se pueden demostrar con funciones cuadráticas altamente significativas en las dos procedencias (Fig. 1). En *P. saman*, la temperatura no tuvo efecto en el porcentaje de germinación dentro de los límites probados. El porcentaje promedio de germinación bajo las cuatro temperaturas fue 93%. Sin embargo, la velocidad de germinación aumentó progresivamente al aumentar la temperatura (Fig. 2).

También se determinó una influencia del fotoperíodo en el porcentaje de germinación y el valor de germinación de las dos procedencias de *A. acuminata*. El porcentaje de germinación aumentó con un

Cuadro 1. Germinación de *A. acuminata* y *P. saman* después de doce y ocho días respectivamente, como respuesta al sustrato como efecto principal

Sustrato	<i>A. acuminata</i>				<i>P. saman</i>	
	Procedencia Goicoechea (%)	Procedencia Goicoechea (vg) <sup>a</sup>	Procedencia Prusia (%)	Procedencia Prusia (vg)	Procedencia Abangares (%)	Procedencia Abangares (vm) <sup>b</sup>
arena	17 a <sup>c</sup>	2.7 a	32 a	8.6 a	95 a	20.2 a
papel	17 a	2.5 a	31 a	8.5 a	-	-
arena: tierra	10 b	1.3 b	21 b	3.9 b	91 b	18.4 b

<sup>a</sup> Valor de germinación (vg) (Djavanshir y Pourbeik 1976). <sup>b</sup> Valor máximo (vm) de la velocidad de germinación (Czabator 1962). <sup>c</sup> Comparación de medias entre columnas aplicando la prueba de Tukey (P<0.05).

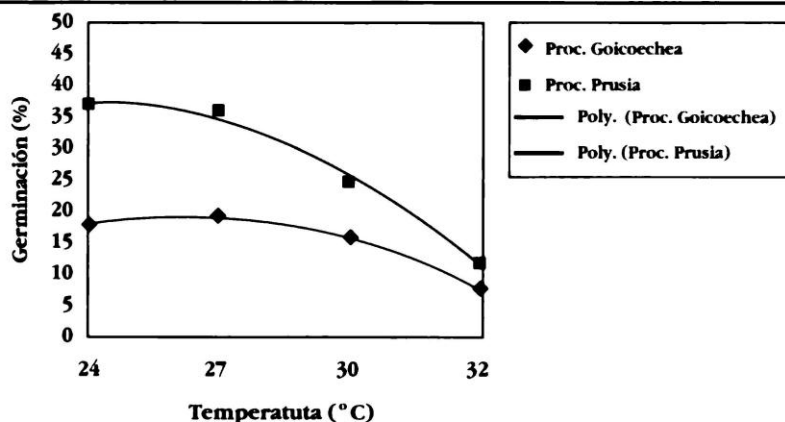


Figura 1. Porcentaje de germinación de las semillas de dos procedencias de *A. acuminata* después de 12 días, como respuesta al efecto principal de temperatura. Hubo funciones cuadráticas altamente significativas para cada procedencia (proc. 1:  $y = -0.371x^2 + 19.571x - 238.836$ ,  $R^2 = 0.979$ ; proc. 2:  $y = -0.534x^2 + 26.853x - 299.667$ ,  $R^2 = 0.999$ , cálculos de  $R^2$  basados en las medias de temperatura).

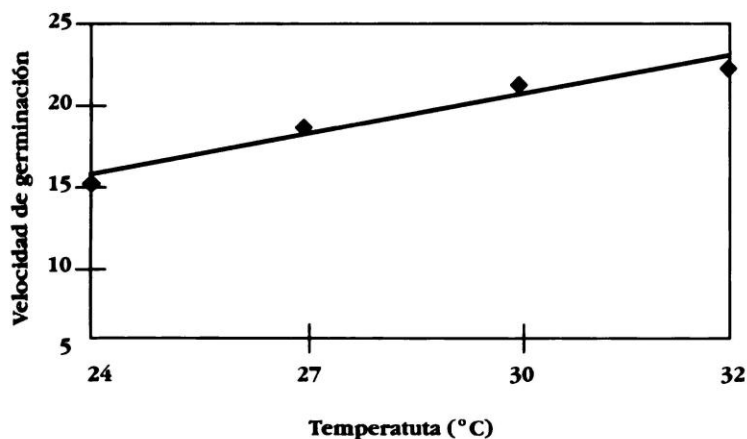


Figura 2. El valor máximo de la velocidad de germinación de semillas de *P. saman* después de ocho días, como respuesta al efecto principal de temperatura. El valor máximo subió linealmente con la temperatura,  $y=0.845x + -4.585$ ,  $R^2=0.992$  ( $R^2$  basado en las medias de temperatura).

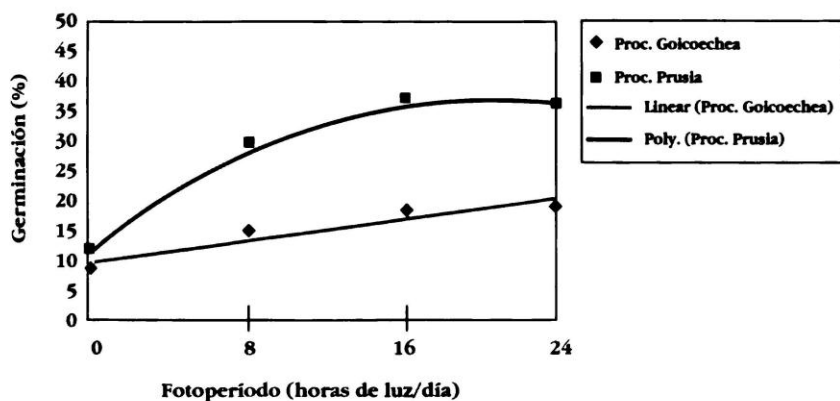


Figura 3. Porcentaje de germinación de las semillas de dos procedencias de *A. acuminata* después de 12 días como respuesta al efecto principal de fotoperíodo. Hubo funciones altamente significativas para cada procedencia (proc. 1:  $y=0.403x + 10.067$ ,  $R^2=0.960$ ; proc. 2:  $y=0.067x^2 + 2.584x + 11.621$ ,  $R^2=0.999$ ,  $R^2$  basado en las medias de temperatura).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación de *A. acuminata* y *P. saman* después de doce y de ocho días a 30°C, respectivamente, como respuesta al pH

pH	GERMINACION %		
	<i>A. acuminata</i>		<i>P. saman</i>
	Procedencia Goicoechea	Procedencia Prusia	Procedencia Abangares
10	22	37	94
7	20	36	96
4	17	23	95

incremento en las horas luz, culminando con los tratamientos de 16 a 24 horas de luz por día (Fig. 3). Las tendencias generales del valor de germinación fueron similares. Debido al efecto positivo de la luz en la germinación de estas semillas, el jaúl parece tener semillas fotoblásticas. El fotoperíodo no tuvo un efecto significativo en la germinación de semillas de *P. saman*. El porcentaje de germinación de esta especie fue muy alto dentro de los límites probados, con un promedio de 93%.

## pH

En ambas fuentes de semillas de *A. acuminata*, hubo una tendencia positiva en la germinación con el aumento del pH en el sustrato dentro de los límites probados (procedencia 1:  $y = 0.833x + 13.667$ ,  $R^2 = 0.971$ ; procedencia 2:  $y = 2.333x + 15.667$ ,  $R^2 = 0.842$  [ $R^2$  cálculos basados en las medias de pH]) (Cuadro 2). Prácticamente, la diferencia total en porcentaje de germinación entre los tratamientos fue poca en el caso de procedencia 1 (5%). En la segunda procedencia, sin embargo, se observó una reducción de germinación de 15% entre pH 10 y 4. No hubo una diferencia significativa en la germinación de semillas escarificadas de *P. saman* bajo las tres condiciones de pH (promedio de germinación 95%) (Cuadro 2).

## Conclusiones

\* Con base en los resultados, las dos procedencias de *A. acuminata* presentaron porcentajes de germinación más altos en los sustratos de arena y papel, a temperaturas de 24 y 27°C y fotoperíodos de 16 a 24 horas. Condiciones altamente ácidas afectaron negativamente la germinación de estas semillas (especialmente procedencia 2).

\* Se recomienda un sustrato de arena esterilizada para *P. saman*. No se determinaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación de las semillas de esta especie por efecto de la temperatura (de 24 a 32°C); ni al fotoperíodo (de 0 a 24 horas) ni al pH (4, 7 y 10), aunque si se detectó un aumento en la rapidez de germinación al aumentar la temperatura.

## Agradecimientos

Al Dr. Rodolfo Salazar y a William Vásquez por sus aportes en el desarrollo de este ensayo y a Gerardo Barquero, Mario Alvarez, Alexis Ramírez, Alfonso González, Alba Chaves y Amable Rodríguez por su consejo y ayuda.

## Bibliografía

- CATIE.** 1997. *Alnus acuminata* spp. *arguta* (Schlecht.) Farlow. CATIE/PROSEFOR. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales No. 18: 2p.
- Czabator, F.J.** 1962. Germination Value: An Index Combining Speed and Completeness of Pine Seed Germination. *Forest Science* 8(4):386-396.
- Djavanshir, K.; Pourbeik, H.** 1976. Germination Value - A New Formula. *Silvae Genetica* 25(2):79-83.
- Instituto Nicaraguense de Recursos Naturales y del Ambiente.** 1992. Especies para Reforestación. Genizaro (*Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth.) IRENA, Nicaragua. Nota Técnica No. 12: 2p.
- ISTA (International Seed Testing Association).** 1976. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. and Technol.* ISTA, Zurich, Switzerland. 206 p.
- Jara, L. F.; López P., J.** 1996. Optimización de condiciones de laboratorio para la germinación de semillas forestales. *Boletín: Mejoramiento Genético y Semillas Forestales.* No. 15: 15-19.
- Martínez, A.; Enríquez, G.** 1984. La sombra para el cacao. CATIE. Serie técnica. *Boletín Técnico* No. 5. 58 p.
- Mesén, F.; Hersame, R.** 1996. Optimización de condiciones ambientales para la germinación de cedro (*Cedrela odorata* L.) y ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) *Boletín: Mejoramiento Genético y Semillas Forestales.* No. 15: 20-24.
- Nichols, D.; González, E.** 1992. Especies Nativas y Exóticas para la Reforestación en la zona Sur de Costa Rica. Memoria del II Encuentro sobre Especies. 12-14 de febrero, 1991. San Vito de Coto Brus, Costa Rica. OET-DGF. 73p.
- Poschen, P.** 1980. El jaúl con pasto. La Práctica de un sistema silvo-pastoril en Costa Rica. Programa de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 6 p.
- Rojas, F.; Torres, G.; Arnáez, E.; Moreira I.** 1991. Jaúl. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Serie de Cuadernos Científicos y Tecnológicos. Subserie Especies Forestales Tropicales No. 1. 11 p.
- Samaniego P., J. A.** 1995. Estandarización de Técnicas para el Manejo de Semillas de *Suietenia macrophylla* y *Cordia alliodora*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 134 p.
- SEFORVEN (Servicio Autónomo Forestal Venezolano Dirección de Investigación Forestal División de Capacitación y Extensión Forestal).** 1992. Autoecología de la especie: SAMAN. Cartilla No. 6. 10 p.