

Variación en parámetros de germinación de una población natural de *Alnus acuminata* de Guatemala.

Olman Murillo Gamboa¹

Introducción

En la mayoría de los programas semilleros se utilizan, por lo general, lotes de semillas mezclados como punto de partida para realizar actividades de mejoramiento genético, reforestación y conservación forestal. Sin embargo, es común que se desconozca la integridad o representatividad que ese lote mezclado tenga con respecto a una procedencia u otra fuente semillera de la cual proviene. Estas interrogantes tienen especial importancia para programas de mejoramiento o conservación genética, ya que después de un costoso y laborioso esfuerzo en el trabajo de campo, donde se ha colectado material de unos 30 ó más individuos, la composición de la población de plántulas que se obtendrían al final de la fase de vivero para llevar a plantación, podría representar tan solo un número muy inferior de los individuos a los que se les colectó la semilla (El-Kassaby *et al.* 1992; Davidson *et al.* 1996; Müller 1997). Con el fin de estimar la magnitud de este problema y sus potenciales efectos en mejoramiento y conservación genética, se realizó la presente investigación con semilla de una población natural de *Alnus acuminata* en Tecpán, Chimaltenango, Guatemala.

Materiales y métodos

Se utilizó semilla de 50 árboles de una población natural de *A. acuminata* procedente de

Tecpán, en Chimaltenango, Guatemala, colectada en enero de 1997 por personal del Banco de Semillas Forestales de Guatemala (BANSEFOR-DIGEBOS). Los árboles estaban separados por más de 50 metros y los frutos fueron colectados el mismo día. Después del procesamiento de los frutos y semillas, fueron almacenadas en bolsas plásticas herméticamente selladas a 5 °C y enviadas al Instituto de Genética Forestal de Göttingen, Alemania, donde se realizó la presente investigación. El ensayo de germinación se realizó 2 meses después de colectada utilizando cuatro repeticiones de 50 semillas cada una, para cada uno de los 50 lotes. Las semillas demasiado pequeñas, incompletas y visiblemente dañadas fueron descartadas manualmente. Las semillas seleccionadas germinaron en platos petri con papel filtro, colocados en cámaras bajo las siguientes condiciones ambientales:

Luz	12 horas
Temperatura	10°C mínimo (oscuridad) y 24°C máximo (luz)
Humedad relativa del aire	entre 50 y 60% para ambos periodos

La posición de petri se cambió cada dos días dentro de la cámara de germinación con el fin de disminuir errores experimentales. El ensayo de germinación se prolongó por 35 días y las semillas se evaluaron cada 2-3 días, considerando como germinadas aquellas con la radícula más larga que el tamaño de la semilla. El análisis de la energía germinativa y su dinámica se basó en el parámetro conocido como Valor Pico (Czabator, 1962), el cual se obtiene al dividir cada vez el acumulado de

¹ Centro de Investigaciones en Integración Bosque-Industria (CIIBI), Escuela de Ing. Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

germinación entre el número de días correspondiente. Los resultados de porcentaje de germinación y valor pico obtenidos para cada lote de semilla fueron ordenados en tres categorías:

categorías de germinación	1 ó alto	= > 66.6%
	2 ó medio	= 33.3 to 66.6%
	3 ó bajo	= < 33.3%

Con los datos de Valor Pico se tomó el valor máximo observado (9,54) y se le consideró como el valor máximo ó 100%, a partir del cual se establecieron 3 categorías de Valor Pico

categorías de Valor Pico	1 ó alto	= > 6.36
	2 ó medio	= 3.18 to 6.36
	3 ó bajo	= < 3.18

A partir de los datos de germinación se obtuvieron adicionalmente las siguientes variables:

- porcentaje de germinación hasta el día 16 (día en que la mayoría de los lotes habían concluido en más del 80% su germinación).
- día en el que se observó la mayor cantidad de semillas germinadas.
- cantidad máxima de semillas germinadas observadas en un mismo día.

Para cada familia se determinó también el peso de 1000 semillas (g), a partir de la información obtenida de cuatro mediciones de peso de 100 semillas a temperatura ambiente, cuyos valores fueron registrados hasta el tercer decimal. Finalmente, se realizó una matriz de correlaciones entre todas las variables mencionadas.

Cuadro 1. Valores de germinación, valor pico de germinación y peso de la semilla de 50 árboles de *Alnus acuminata* de la población Tecpán, en Chimaltenango, Guatemala.

Familia (Lote)	Germinación (%)		Valor pico	Peso de 1000 semillas (g)	Familia (Lote)	Germinación (%)		Valor pico	Peso de 1000 semillas (g)
	16 días	34 días				16 días	34 días		
1	47,5	57,5	4,28	0,472	26	67,0	74,5	6,20	0,514
2	55,3	77,3	4,15	0,622	27	11,5	13,0	0,91	0,444
3	72,0	79,5	7,14	0,678	28	2,0	2,5	0,32	0,400
4	64,0	68,0	6,64	0,476	29	45,0	49,5	3,65	0,516
5	67,0	70,5	8,49	0,488	30	24,0	34,0	1,68	0,290
6	36,5	46,5	2,98	0,674	31	38,5	41,5	3,27	0,478
7	62,5	78,0	5,00	0,530	32	19,5	19,5	2,18	0,278
8	31,5	45,5	2,21	—	33	55,0	56,0	9,54	0,526
9	21,0	27,0	1,80	0,506	34	70,5	73,5	8,75	0,626
10	23,0	24,5	2,46	0,482	35	49,0	50,5	8,41	0,528
11	79,5	81,5	7,02	0,558	36	50,0	60,0	4,18	0,512
12	68,0	77,5	6,85	0,504	37	31,5	34,5	3,75	0,392
13	46,0	49,0	4,64	0,634	38	61,0	62,0	6,62	0,576
14	46,5	68,0	3,64	0,646	39	53,3	62,0	3,85	—
15	13,0	17,5	1,30	0,434	40	59,0	69,5	4,79	—
16	51,5	62,5	4,57	0,448	41	33,5	36,0	2,31	0,572
17	25,5	29,5	2,27	0,364	42	77,0	81,5	8,00	0,740
18	20,0	36,5	2,05	0,396	43	11,5	23,0	0,91	0,608
19	41,5	65,5	3,15	0,730	44	30,5	34,0	2,29	0,424
20	69,5	5,0	7,47	0,534	45	87,5	94,0	9,02	0,782
21	30,5	54,5	2,50	0,480	46	25,5	29,5	1,93	0,360
22	18,5	25,0	1,45	0,394	47	53,0	57,0	4,41	0,648
23	45,0	51,0	5,07	0,354	48	61,5	63,5	4,83	—
24	32,5	35,0	4,33	0,490	49	17,5	19,5	1,63	0,324
25	74,6	80,0	6,84	0,746	50	2,0	2,5	0,18	—

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan los valores de germinación (a los 16 y 34 días), peso y valor pico para cada uno de los lotes investigados. El porcentaje de germinación absoluto (a los 34 días) presenta un ámbito de dispersión muy amplio, con valores desde 2,5% hasta 94% (($x = 50.5$ y un coeficiente de variación de 45.5%), lo cual podría reflejar una variación importante en el estado de madurez de la semilla recolectada entre distintos árboles. La germinación hasta los 16 días presentó similarmente un ámbito de dispersión desde 2,0% hasta 87,5% (($x = 47,5$ y un coeficiente de variación de 50%). Sin embargo, esta es la situación típica de programas comerciales de semillas, donde usualmente no se cuentan con los recursos para realizar sucesivas colectas en poblaciones naturales, con el fin de lograr obtener semilla madura de cada árbol (Müller 1997). Además, se ha reportado para varias especies de árboles, que se puede encontrar en un mismo individuo, frutos con distintos grados de madurez o aún semillas con diferentes grados de madurez dentro del mismo fruto (Edwards 1980, Davidson *et al.* 1996). En poblaciones naturales de *A. acuminata* en Costa Rica, se ha observado usualmente, la presencia de frutos en todos los estados de madurez en un mismo árbol durante casi todos los 5 meses que se prolonga el período de producción de semillas (Murillo, *et al.* 1992; Vélchez y Murillo 1996). Por lo tanto, se puede asumir que los resultados obtenidos en este estudio con 50 familias, reproducen bien la situación típica que se podría presentar en programas semilleros y permiten conocer aspectos relacionados con los posibles problemas que ocurren al utilizar lotes mezclados de semillas.

Cuadro 2. Valores de las correlaciones entre los distintos parámetros de germinación.

	Día pico				
Germinación 16 días (%)	0,963 ($p > 0,0001$)	0,90 ($p > 0,0001$)	0,62 ($p > 0,0001$)	-0,44 ($p > 0,0013$)	0,90 ($p > 0,0001$)
Germinación 34 días (%)	--	0,82 ($p > 0,0001$)	0,66 ($p > 0,0001$)	-0,33 ($p > 0,017$)	0,83 ($p > 0,0001$)
Valor pico	--	--	0,506 ($p > 0,0004$)	-0,60 ($p > 0,0001$)	0,92 ($p > 0,0001$)
Peso 1000 semillas (gr)	--	--	--	-0,072 ($p > 0,64$)	0,55 ($p > 0,0001$)
Día pico	--	--	--	--	-0,46 ($p > 0,0008$)

Para las 50 familias se obtuvo un valor pico promedio de 4.24 (variando desde 0.18 hasta 9.54, con un c.v. = 59,27%) y en la mayoría de los casos, se obtuvieron los valores más altos en las mismas familias con los mayores porcentajes de germinación (La correlación de Spearman o del ranking de familias, entre el valor pico versus germinación a los 34 y 16 días fue de $r = 0,82^{***}$ y de $r = 0,90^{***}$ respectivamente), tal y como ha sido reportado en otros estudios (El- Kassaby *et al.* 1992).

En el cuadro 2 se observa que el peso de 1000 semillas mostró una correlación positiva y significativa pero no superior al 62-66% con respecto a los dos porcentajes de germinación, lo cual indica que en un 34-38% de las familias, el peso de su semilla no tuvo relación con su porcentaje de germinación. Esta información revela la magnitud del efecto negativo en cuanto a diversidad genética del lote que se produciría en la diversidad genética de un lote de semilla mezclada si se le eliminara la semilla de menor tamaño o de poco peso. Así también, el peso de la semilla solo tuvo una correlación ligeramente superior al $r = 0,50$ con respecto al valor pico y de $r = 0,55$ con respecto a la germinación pico; lo cual

Cuadro 3: Distribución de familias de acuerdo con su porcentaje de germinación y su contribución hipotética (si se mezclara la semilla) a una producción conjunta aproximada de 1000 plántulas.

Clases de Germinación (%)	Número de familias por clase de germinación ¹			Número de plántulas/familia en una producción hipotética de 1000 plántulas ¹		Número de plántulas/clase de germinación ¹ y su acumulado, en una producción hipotética de 1000 plántulas			
	No. fam.	Acumulados		No plánt.	Particip. (%)	No plánt.	Particip. (%)	Acumulados (%)	
< 10	2	2	50	2	(0,2)	4	(0,4)	0,4	100
10,1 a 20	4	6	48	6	(0,6)	25	(2,5)	2,9	99,6
20,1 a 30	6	12	44	10	(1,02)	61	(6,1)	9,0	97,1
30,1 a 40	7	19	38	14	(1,4)	99	(9,9)	18,9	91,0
40,1 a 50	5	24	31	18	(1,8)	91	(9,1)	28,0	81,1
50,1 to 60	6	30	26	22	(2,2)	133	(13,3)	41,3	72,0
60,1 a 70	9	39	20	26	(2,6)	235	(23,5)	64,8	58,7
70,1 a 80	7	46	11	30	(3,0)	211	(21,1)	85,9	35,2
80,1 a 90	3	49	4	34	(3,4)	103	(10,3)	96,2	14,1
> 90,1	1	50	1	38	(3,8)	38	(3,8)	100	3,8
Total	50	---	---	---	---	1000	(100)	---	---

1) Con base en el porcentaje de germinación hasta los 34 días.

2) Se supone que se ha producido un lote de semilla mezclado a partir de una participación igual de semillas por familia (en este caso 40 semillas/familia para ajustar 2000 semillas en total, de las cuales se obtendrían aproximadamente 1000 plántulas en conjunto).

evidencia una baja asociación entre el peso de la semilla y la velocidad o energía germinativa de la semilla. El peso de la semilla no tuvo relación con el día en que se registró la mayor germinación (día pico). Sin embargo, el parámetro día pico si mostró, como se esperaba, una asociación negativa (aunque débil) con los dos porcentajes de germinación, lo cual indica, que a mayor porcentaje y energía de germinación (germinación a los 16 días por ejemplo), corresponde más tempranamente el día cuando se registró la mayor cantidad de semillas germinadas.

En el Cuadro 3 se aprecia la contribución de cada una de las familias y de cada clase de germinación a una producción hipotética conjunta de 1000 plántulas en un semillero o almácigo forestal. Asumiendo que cada familia aportó igual

cantidad de semilla al lote compuesto (40 semillas por familia), se observa que las familias con mayor porcentaje de germinación (> 90%) aportarían individualmente casi 20 veces más plántulas que las familias con el menor porcentaje de germinación (< 10%). Las familias cuya germinación es entre 80 y 90% (penúltima clase de germinación) aportarían 12 veces más plántulas que aquellas familias cuya germinación es de 10 a 20%. Así también se podría observar que las 6 familias con el menor porcentaje de germinación (primeras dos clases ó < 20%) aportarían tan solo el 2,9% del total de plántulas obtenidas, mientras que las 4 familias de las mayores dos clases de germinación (> 80% de germinación) aportarían el 14,1% de las plántulas obtenidas. Estos datos evidencian una participación desigual de cada familia en un hipotético lote mezclado de semilla.

También demuestran que si, por ejemplo, en un huerto semillero se desconocieran las características de germinación de la semilla producida por cada clon, el uso de lotes de semilla mezclada no podría garantizar que se logre reproducir material procedente de los clones a los que se les colectó la semilla. Así también en programas de conservación genética, no se podría garantizar que de los individuos colectados se vayan a obtener plántulas, a pesar de los esfuerzos realizados en el trabajo de campo. Aún más desigual sería en realidad la situación, ya que en la práctica normalmente no se revisa si el lote de semilla producido fue constituido en forma equitativa con semilla de todos los árboles. Además siempre se tienen clones con mayor producción de semilla que otros. Por lo tanto, la contribución individual por familia sería aún más sesgada hacia individuos cuya semilla mantenga un alto porcentaje de germinación, tal y como se reporta en trabajos similares (El-Kassaby *et al.* 1992; Davidson *et al.* 1996; Müller 1997).

Estos datos no se correlacionaron con la germinación en vivero, sin embargo permiten conocer el patrón de germinación a obtener. Es de esperar que los datos de emergencia en el semillero sean ligeramente inferiores a los aquí expuestos. Nótese entonces, que si se disminuye ligeramente el porcentaje de germinación en un semillero, estaríamos perdiendo inmediatamente y casi por completo la contribución de las 6 familias con el menor porcentaje de germinación (12% del total de familias). Si además se agrega la mortalidad del proceso de vivero, se podría tener en el lote de plántulas que irán al campo, una representación menor de la población de familias originales si no se toman las medidas necesarias.

Conclusiones y recomendaciones

- Mezclar los lotes de semilla y eliminar luego la semilla de menor tamaño o peso, sin conocerse la participación individual de cada uno de los

árboles que la componen (en cantidad y calidad de su semilla), podría disminuir en forma significativa la variabilidad genética del lote y afectar los esfuerzos de programas de conservación y mejoramiento genético. Como solución se podría eliminar la semilla de menor tamaño, pero solamente dentro del lote de semilla de cada árbol individual y previo a efectuar la mezcla con la semilla de todos los árboles.

- En una fuente semillera, es vital conocer la capacidad germinativa de la semilla que produce cada uno de los individuos que la componen (árboles, clones, etc.), con el fin de conformar en forma apropiada los lotes de semilla mezclada.

Bibliografía

- Czabator, F.J.** 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8: 386-396.
- Davidson, R.H., Edwards, D.G.W., Sziklai, O.; El-Kassaby, Y.A.** 1996. Genetic variation in germination parameters among populations of pacific silver fir. *Silvae Genetica* 45: 165-171.
- Edwards, D.G.W.** 1980. Maturity and quality of tree seeds - a state-of-the-art review. *Seed Sci. and Technol.* 8: 625-657.
- El-Kassaby, Y.A., Edwards, D.G.W.; Taylor, D.W.** 1992. Genetic control of germination parameters in douglas-fir and its importance for domestication. *Silvae Genetica* 41: 48-54.
- Muller, E.U.** 1997. Investigaciones en frutos y semillas de árboles individuales de cinco especies forestales de la Región Huetar Norte de Costa Rica, con especial consideración en el almacenamiento). Disertación de doctorado. COSEFORMA. Documento del Proyecto No. 51. 237 p.
- Murillo, O.; Vilchez, B.; Rojas, E.** 1992. Estimación de cosecha de semilla en un rodal semillero de jaúl *Alnus acuminata* spp *arguta* (Schlectendal) Furlow, en Zarcero, Costa Rica. In: II Congreso Forestal Nacional. Noviembre 25-27. San José, Costa Rica. pp 16-18.
- Vilchez, B.; Murillo, O.** 1996. Experiencias con manejo de polen de jaúl (*Alnus acuminata* spp *arguta* (Schlectendal) Furlow en Costa Rica y sus perspectivas para futuros programas semilleros. *Tecnología en Marcha* 12: 3-7.