

VELOCIDAD DE GERMINACIÓN DE VEINTIÚN ESPECIES FORESTALES TROPICALES.

Parraguirre Lezama Conrado *
Camacho Morfín Francisco **

RESUMEN.

En este trabajo se determina la velocidad de germinación de 21 especies forestales sembradas en el vivero del Campo Experimental Forestal (C E F) "San Felipe-Bacalar", estado de Quintana Roo, México, durante 1983.

Se discute la eficiencia de varias medidas de la velocidad de germinación para diferenciar la rapidez con que ocurre este fenómeno; se concluyó que los días al 75% es el índice que mejor refleja dichas diferencias. Los datos se comparan con los de otros autores.

Se recomienda continuar con este tipo de trabajo para otras especies y estudiar los mecanismos que inhiben la germinación de las especies que se desarrollan lentamente, así como determinar qué tratamientos la estimulan.

Palabras clave: Germinación, semillas, Genética Forestal, especies forestales tropicales, Quintana Roo.

ABSTRACT.

The sprouting rate of 21 forest species planted in "San Felipe-Bacalar", Campo Experimental Forestal, (C E F) situated in Quintana Roo state, Mexico, in 1983 is determined in this study.

The efficiency of several sprouting rate measures is discussed to differentiate the rate of this phenomenon and it was concluded that 75% of days is the rate best reflecting such differences. Data here are compared to those of other authors.

* Investigador del Campo Experimental Forestal San Felipe-Bacalar. CIR-Sureste. I N I F A P-S A R H.

** Investigador del Campo Experimental Forestal Coyoacán. CIR-Centro. I N I F A P-S A R H.

This type of work is recommended to study other species and the mechanisms inhibiting sprouting in slow development species and to determine treatments to stimulate it.

Key words: Germination, seeds, Forest Genetics, tropical forest species, Quintana Roo

INTRODUCCIÓN.

Dentro del subproyecto Tecnologías de Semillas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, I N I F A P, México, desde hace tiempo se ha establecido una línea de investigación en caracterización de semillas forestales.

En ella se pretenden estudiar aspectos anatómicos y fisiológicos que puedan aplicarse posteriormente en el establecimiento de plantaciones.

La velocidad de germinación es uno de los aspectos que se estudian en dicha línea, debido a que tiene una gran importancia práctica en la planeación de labores de cultivo en viveros forestales, así como en el establecimiento de plantaciones por el método de siembra directa en el campo.

OBJETIVO.

El presente trabajo pretende:

- Analizar las características de los índices que miden la velocidad de germinación
- Dar a conocer los resultados en siembras realizadas en el vivero del C E F "San Felipe-Bacalar", en el estado de Quintana Roo.

ANTECEDENTES.

Se dice que al graficar la germinación de una muestra de semillas contra el tiempo (*vid., infra*, figura 1), típicamente se tiene una campana positivamente desviada si se trabaja

con el porcentaje sencillo y una curva sigmoide si se emplea el porcentaje acumulado; en la gran mayoría de las ocasiones, la desviación de los datos de una muestra de estas curvas es considerable¹.

Así se tiene que, en ocasiones la germinación acumulada se ajusta mejor a:

- Un polinomio de cualquier grado²
- Una ecuación monomolecular
- Doble sigmoide³
- Modelo asimétrico como el de Gomperts⁴

Se ha señalado que la velocidad de germinación es el tiempo que transcurre desde la siembra hasta un punto arbitrario sobre las curvas de germinación⁵.

De acuerdo con Morales y Camacho (*op. cit.*), dicho punto puede ser:

- a) El inicio o final de la germinación, que se abreviará con D1 y D100, respectivamente.
- b) El tiempo para alcanzar el 50% de la germinación final (D 50), o algún otro porcentaje.
- c) El momento cuando el cociente del porcentaje acumulado, dividido entre el tiempo transcurrido desde la siembra, alcanza su máximo valor.

A dicho cociente se le conoce como germinación media diaria, por lo que esta medida es el tiempo en días, a máxima germinación media diaria (D M G M D).

- d) El promedio del tiempo que las semillas de una muestra requieran para germinar (D M).

¹ Morales, V. G. y Camacho, M. F. 1985. Formato y recomendaciones para evaluar germinación.

² Bould, A. and Arbor, B. M. 1981. "A model for seed germination curves". pp. 601-611.

³ Janssen, J. G. M. 1973. "A method for recording curves". pp. 705-708.

⁴ Triptan, J. L. 1984. "Evaluation of three growth curve models for gemination data analysis". pp. 451-454.

⁵ Koller, O. 1972. "Environmental control of seeds germination". pp. 2-101.

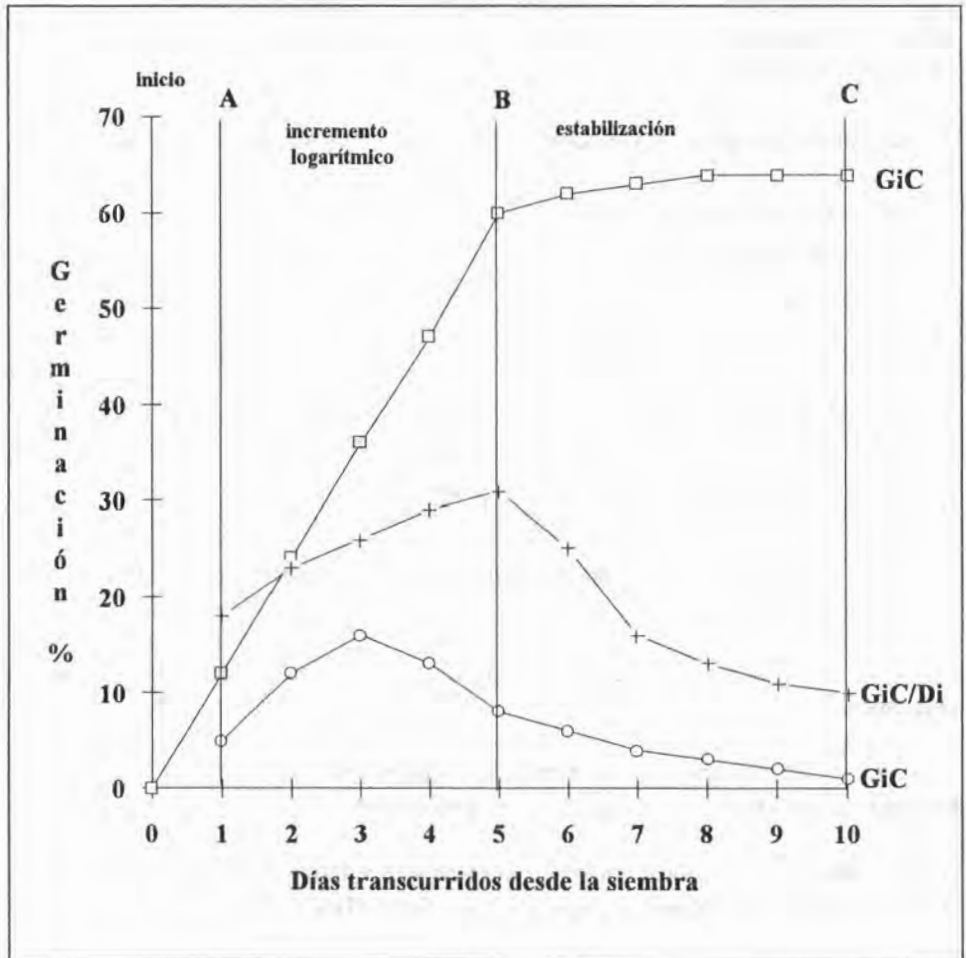


Figura N° 1. Curvas típicas de germinación diaria; germinación diaria acumulada y germinación media diaria, según Czabator⁶.

También se ha propuesto medir la velocidad de germinación en porcentaje alcanzado, por unidad de tiempo de las siguientes maneras:

⁶ Czabator, F. J. 1962. "Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination". pp. 386-396.

- a) La suma de los cocientes que resultan de dividir el porcentaje sencillo entre el tiempo transcurrido desde la siembra⁷.
- b) El máximo cociente que resulta de dividir el porcentaje acumulado entre tiempo transcurrido desde la siembra⁸, Czabator, *op. cit.*
- c) El cociente anterior, obtenido el último día que hay germinación, Czabator *op. cit.*
- d) El promedio de los cocientes que resulta de dividir el porcentaje acumulado entre tiempo transcurrido desde la siembra, obtenidos durante el período en que hay germinación⁹.

La estimación de la velocidad de germinación mediante cualesquiera de estos enfoques, puede realizarse ajustando los datos de germinación de una muestra a un modelo matemático^{10, 11}, Triptan, *op. cit.*

La gran variabilidad en la forma de las curvas de germinación, hace que esta manera de trabajar tenga siempre un componente arbitrario; además el ajuste de los modelos requiere generalmente del uso de computadora y en ocasiones de transformar los datos¹², Bould, *op. cit.*, Janssen, *Ibidem*, Morales y Camacho, *idem*.

La metodología para el cálculo de la velocidad de germinación, *vid. infra*, al usar directamente los datos de formación de las semillas de una muestra (revisada por Morales y Camacho, *op. cit.*), no supone que las curvas de germinación tengan una forma dada y no requiere de procesamiento electrónico.

Como el conocimiento de la velocidad de germinación se usa para planear labores de cultivo (Orchard *op. cit.*), tales como resiembra, transplante y deshierbes, entre otras, se requiere que los datos sean concretos.

Por ello es preferible medir velocidad en tiempo requerido para alcanzar un punto dado, que en porcentaje por unidad de tiempo, ya que este último resulta abstracto cuando se usan máximos o totales, Bould *op. cit.*, Djavanshir y Pourbeik, *Ibidem*.

⁷ Maguire, J. D. 1962. "Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour". pp. 176-177.

⁸ Vanesse, R. G. 1974. "Mesasuring the active germination of *Pseudotsuga menziesii*". pp. 131-138.

⁹ Djavanshir, M. and Pourbeik, M. 1976. "Germination value, a new formula". pp. 79-83.

¹⁰ Campbell, R. M. and Sorensen, F. C. 1979. "A new basis for characterizing germination data". pp. 24-34.

¹¹ Sorensen, F. C. 1983. "Geografic variation in seedling of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) from the western siskiyou mountain of Oregon". pp. 696-702.

¹² Orchard, T. J. 1977. "Estimating the parameters of plant seedling emergence". pp. 61-69.

Como el promedio de los cocientes obtenidos no expresa la variabilidad que éstos tienen a lo largo del período de germinación, resulta poco representativo de la velocidad. La germinación acumulada al final del período germinativo siempre afecta a dichos cocientes, lo que no ocurre al emplear el tiempo transcurrido de la siembra a un punto dado^{13,14}.

Es importante que al medir la velocidad de germinación se considere la uniformidad de la misma, Heydecker *op. cit.*, ya que afecta la inclinación de las curvas, Naylor, *Ibidem*. La uniformidad de germinación se evalúa con medidas de dispersión del tiempo de germinación, Morales y Camacho, *idem*.

Aunque la velocidad de germinación es un carácter heredable, propio de una especie e incluso de una variedad¹⁵, Sorensen, *op. cit.*, resulta notablemente afectada por la edad de las semillas¹⁶ y el ambiente¹⁷; por ello, los estudios que se efectúen para determinarla, se deben realizar en las condiciones típicas, tal y como se propagan las especies consideradas.

Entre los árboles forestales que habitan en los trópicos, es frecuente encontrar que las semillas se mantienen viables por poco tiempo, (algunos meses), y se requiere de condiciones especiales de almacenamiento, ya que no soportan el secado y las bajas temperaturas^{18, 19}; por ello, generalmente se siembran tan pronto como se recolectan²⁰.

Fors y Reyes *op. cit.*, publicó una lista del tiempo requerido para iniciar la germinación de varias especies forestales usadas en Cuba. Este autor presentó, además, datos de la evaluación de la germinación a lo largo del tiempo, de varias de ellas.

Recientemente Vega y colaboradores *op. cit.*, publicaron una lista del tiempo requerido para iniciar la germinación de 72 especies forestales tropicales que crecen en México. Estos autores realizaron siembras quincenales del mismo lote hasta que se perdió la viabilidad; los datos que presentan de D1 (días al inicio de germinación), son el promedio de dichas siembras.

El U S D A²¹, publicó también datos de velocidad de germinación para varias especies,

¹³ Heydecker, W. 1966. "Clarity in recording germination data". pp. 753-754.

¹⁴ Naylor, R. E. L. 1981. "An evaluation of various germination indices for predicting differences in seed vigour in italian ryegrass". pp. 593-600.

¹⁵ Dowker, O. Q.; Winarno, and Fennell, J. F. M. 1981. "Germination studies on onion seeds lots". pp. 41-48.

¹⁶ Aguilar, I. B. 1984. "Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais". pp. 277-290.

¹⁷ Woodstock, L. W. 1973. "Physiological and biochemical test for seed vigour". pp. 127-157.

¹⁸ Bonner, T. B. 1981. "Storage principles for tropical tree seed". pp. 223-233.

¹⁹ Vega, E. *et al.* 1981. "Viabilidad de semillas de 72 especies forestales tropicales almacenadas al medio ambiente". pp. 245-325.

²⁰ Fors y Reyes, A. J. 1967. Manual de Silvicultura.

²¹ U S D A. 1974. Seeds of woody plants in the United States.

algunas de ellas tropicales, con datos del tiempo requerido para alcanzar el "pico", el cual según Czabator *op. cit.*, coincide con el punto en que se obtiene el máximo cociente del porcentaje acumulado, entre los días transcurridos desde la siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente trabajo se realizó en el vivero del C E F "San Felipe-Bacalar", el cual está ubicado a la altura del kilómetro 50 de la carretera Chetumal-Felipe Carrillo Puerto, en el municipio Othón P. Blanco, estado de Quintana Roo.

El clima de este lugar es cálido subhúmedo con lluvias de verano.

	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	\bar{X}
Temp media (°C)	26.2	22.2	25.7	26.1	26.1	25.6	25.9	26.0	25.5
Temp media máxima (°C)	---	31.9	32.4	32.3	32.1	31.5	32.7	33.0	32.2
Temp media mínima (°C)	---	20.1	19.2	19.8	20.2	19.9	19.4	19.0	19.6
Temp máx extrema (°C)	38.0	37.0	38.0	37.0	37.0	38.5	37.0	37.0	37.4
Temp mín extrema (°C)	9.0	8.0	7.0	12.0	10.0	8.0	8.0	7.0	8.6
Precipitación total (mm)	1 380	1 241	1 209	1 667	1 469	1 453	1 015	865	1 287
Evaporación total (mm)	1 683	1 600	1 240	1 111	1 273	1 034	1 145	1 736	1 353

Cuadro N° 1. Resumen de los datos meteorológicos registrados en la estación del C E F "San Felipe-Bacalar"

Las semillas se colectaron de febrero a noviembre de 1983; las especies trabajadas y su fecha de recolección se presentan en el cuadro 2.

Después de cosechar las semillas, éstas se limpiaron y se pusieron a germinar en camas semilleras de 8 metros de largo por un metro de ancho; dichas camas tienen un metro de altura a partir del suelo y están construidas de bloques, con una profundidad de 20 centímetros.

Como sustrato para la siembra se empleó una mezcla de ya'axmon (tierra negra), con kancab (tierra roja) en proporción de 1:1 v/v.

Las semillas se colocaron en líneas con una separación de 10 centímetros entre sí y otro tanto entre las semillas; por lo general se sembraron 2 repeticiones de 10 semillas cada una.

El bajo número de repeticiones se debió a que los lotes recolectados eran pequeños y las siembras se hicieron originalmente para determinar el potencial de germinación de dichos lotes.

La profundidad de siembra varió de acuerdo con el tamaño de las semillas, pero se pueden establecer dos grupos con características similares:

a) Semillas grandes como kanisté, ramón, melina, zapote, siricote, negrito, caracolillo y katalox; fueron sembradas a una profundidad de 4 cm, aproximadamente.

b) Semillas pequeñas que comprenden todas las demás especies (excepto caoba); se sembraron a 2 cm de profundidad, aproximadamente.

El caso de la caoba es especial, ya que estas semillas se sembraron siguiendo la práctica común en la zona, que consiste en colocarlas con el lugar donde se encontraba el ala hacia arriba e inclinadas unos 45°, ya que esto facilita la emergencia de las plántulas.

Las semillas de huaxin y tzalam se escarificaron, cortándoles un trozo de la testa a un lado del lugar donde emerge la radícula.

Los riegos se llevaron a cabo cada tercer día en época de secas; cuando se presentaron las de lluvias, se regó únicamente en caso de necesitarse, con intervalos de hasta 5 días.

NOMBRE		FECHA	
Común	Científico	Recolección	Siembra
Amapola	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	15-V-84	15-V-84
Balché	<i>Lonchocarpus longistylus</i>	19-IV-83	22-IV-83
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	24-III-83	6-IV-83
Caracolillo	<i>Mastichodendrum capiri</i>	22-IV-83	28-IV-83
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	20-II-84	23-IV-84
Chacá	<i>Bursera simaruba</i>	13-IV-83	19-IV-83
Chechem	<i>Metopium Brownei</i>	7-VIII-83	26-VIII-83
Chit	<i>Trinax radiata</i>	27-X-83	27-X-83
Huaxim	<i>Leucaena leucocephala</i>	20-V-83	9-VIII-83
Jabín	<i>Piscidia communis</i>	8-VI-83	16-VI-83
Kanasín	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	18-IV-83	22-IV-83
Kanisté	<i>Pouteria campechiana</i>	24-VIII-83	2-IX-83
Katalox	<i>Swartzia cubensis</i>	19-IV-83	27-IV-83
Machiche	<i>Lonchocarpus castilloi</i>	22-XI-83	30-IX-83
Maculis	<i>Tabebuia rosea</i>	19-IV-83	27-IV-83
Melina	<i>Gmelina arborea</i>	16-VI-83	22-VI-83
Negrilo	<i>Simarouba glauca</i>	20-V-83	25-V-83
Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>	21-VI-83	26-VII-83
Siricote	<i>Cordia dodecandra</i>	30-V-83	22-VI-83
Tzalam	<i>Lysiloma bahamensis</i>	15-IX-83	27-IX-83
Zapote	<i>Manilkara zapota</i>	13-VI-83	22-VI-83

Cuadro N° 2. Fechas de siembra y recolección de las especies estudiadas.

Después de la siembra se hicieron observaciones diarias (excepto los fines de semana),

para contar el número de plántulas emergidas.

Con el promedio de los datos obtenidos en las repeticiones para cada especie, se calcularon los siguientes índices, de acuerdo con las recomendaciones de Morales y Camacho *op. cit.*

1.	Días a inicio de germinación	(D1)
2.	Días al 100% de la germinación alcanzada	(D100)
3.	Días al 50% de dicha germinación	(D50)
4.	Días al 75%	(D75)
5.	Días medios	(DM)
6.	Días a máxima germinación media diaria	(DMGMD)
7.	Desviación típica del tiempo medio de germinación	(DT)
8.	Intervalo intercuartilar	(IC)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La necesidad de disponer de información acerca de la velocidad de germinación para el manejo de semillas forestales, fue reconocida por Fors y Reyes *op. cit.*; posteriormente, Orchard, *op. cit.* ha puntualizado también en este aspecto; Woodstock, *Ibidem*, ha reconocido que no es un problema fácil de solucionar ya que el ambiente ocasiona fuertes variaciones.

No obstante que el análisis de los datos de cualquier conjunto de siembras no puede dar un resultado definitivo, la planificación de las actividades en los viveros requiere conocer, cuando menos en términos generales, cuánto tiempo tardan en germinar las semillas de determinada especie.

Otro problema que se enfrenta al tratar de establecer la velocidad de germinación de un conjunto de especies, es elegir la medida que mejor refleje las diferencias en velocidad y que además resulte práctica y de la mayor utilidad.

Los datos sobre velocidad de germinación publicados por Vega y colaboradores *op. cit.*, además de tener la limitante de promediar los resultados obtenidos con semillas recién cosechadas, con los que se obtuvieron de semillas envejecidas; permiten concluir que el índice empleado no es representativo de la forma como germinó la mayoría de las semillas de las muestras.

Debido seguramente a la primera limitante, los datos de estos autores muestran en general un retraso con respecto a los obtenidos en el presente trabajo (*cfr.* cuadro 3).

La falta de representatividad de la velocidad de germinación de las semillas de una muestra, que se tiene con los días a inicio y al 100%, se debe a que su valor depende de lo que tardan en germinar una o unas cuantas semillas.

Esto se pone de manifiesto para los días a inicio, al comparar la velocidad de germinación de kanasín con la de machiche, la cual, según este índice, es más rápida en la primera especie, mientras que el resto de las medidas indican que el kanasín tiene una germinación más lenta que el machiche (*vid.*, figuras 2 y 3).

Para los días al 100%, se tiene la misma situación al comparar los resultados obtenidos en esta última especie con los de chacá (*vid.*, *infra*, figura 2).

Los datos de los días a inicio resultan de utilidad únicamente en especies de rápida germinación como el huaxin, que en un lapso de 3 a 5.26 días inicia la germinación al alcanzar el 75% del total.

En esta especie iniciar una labor como el trasplante, 5 o 6 días después de iniciada la germinación resulta conveniente, ya que hay un gran número de plantas emergidas.

En cambio, en especies de germinación lenta como el kaniste, que inició la germinación hasta los 53 días y alcanzó el 50% a los 81 días (*vid.*, cuadro 3 y figura 5), sería absurdo empezar a transplantar unos cuantos días después de iniciada la germinación.

Expresar la velocidad de germinación mediante el promedio del tiempo de emergencia, tiene como ventaja que se toman en cuenta todos los datos disponibles en el cálculo; lo que no ocurre al emplear días al 50% ó 75%, cuya estimación sólo emplea las dos o tres primeras cuartas partes de los datos obtenidos, Orchard, *op. cit.*

Esta última característica de los cuartiles, puede ser más ventajosa que limitante, ya que los resultados son poco afectados por las semillas débiles, que germinan después del "período enérgico de la germinación", el cual según Czabator *op. cit.* termina cuando se alcanza la máxima germinación media diaria.

Esto es evidente al analizar los resultados obtenidos en jabín donde el 75% de germinación se alcanzó entre los 6 y 11 días, mientras que el 25% restante se completó hacia los 32 días; esta última cuarta parte produjo un retraso en los días medios y amplió la desviación típica, de modo que éstos superaron en valor a los días al 75% , y éste superó al intervalo intercuartilar.

Lo anterior prueba el efecto que tiene sobre las primeras medidas, la germinación que ocurre fuera del "período enérgico", la cual produce plántulas con pocas probabilidades de sobrevivir, de acuerdo con Czabator *op. cit.*

Tanto los días al 50% como al 75%, fueron poco afectados por la germinación que ocurrió después del onceavo día.

ESPECIE	D 1	D 100	D M	D T	D 50	I C	D 75	D M G M
Huaxim	3	8	5.86	0.72	4.45	0.81	5.26	6
Tzalam	8+ 9*	20	9.46	3.13	7.69	0.53	8.43	8
Jabín	6+ 9	32	10.86	5.86	7.94	2.34	10.55	11
Amapola	5+ 6	13	10.97	2.56	8.92	2.70	11.01	13
Maculís	7+ 1	27	10.74	3.85	7.90	2.66	12.00	12
Chechem	7 - 1	31	12.90	6.18	9.82	2.74	13.00	14
Melina	8+ 1	26	13.29	4.55	11.22	2.16	13.41	14
Ramón	10+ 18	24	15.09	3.65	13.29	2.74	16.15	17
Balché	10+ 0	39	17.13	7.72	13.62	4.07	19.33	14
Siricote	12+ 3	47	22.24	7.70	18.80	3.81	21.74	22
Chacá	13+ 7	55	17.39	4.79	16.67	4.14	21.77	17
Cedro	11- 1	30	23.77	3.81	16.54	4.66	22.42	24
Machiche	16+ 5	35	22.92	5.82	19.90	2.84	23.15	22
Caoba	15+ 5	40	24.37	4.51	21.62	1.73	25.09	28
Negríto	16+ 8	48	28.18	6.34	28.60	0.01	28.63	29
Kanasín	14	45	28.60	7.91	25.77	5.71	31.35	39
Katalox	19+ 2	47	32.45	6.80	30.17	3.73	34.68	44
Zapote	28- 9	58	37.97	7.74	34.41	4.98	40.20	47
Caracolillo	33	63	40.90	7.45	37.94	5.04	43.36	46
Kanisté	53+ 15	117	82.71	18.96	81.50	7.98	97.14	108
Chít	93	174	128.90	18.41	125.73	8.63	143.00	154

* Diferencia con respecto a los datos de Vega, *op. cit.*

D 1 = Días a inicio de germinación

D M = Días medios

D 50 = Días al 50% de la germinación alcanzada

D 75 = Días al 75 % de la germinación alcanzada diaria.

D 100 = Días al 100% de la germinación alcanzada

D T = Desviación típica.

I C = Intervalo intercuartilar.

D M G M D = Días a máxima germinación media

Cuadro 3. Resultados de las pruebas de germinación en vivero de veintiún especies forestales tropicales.

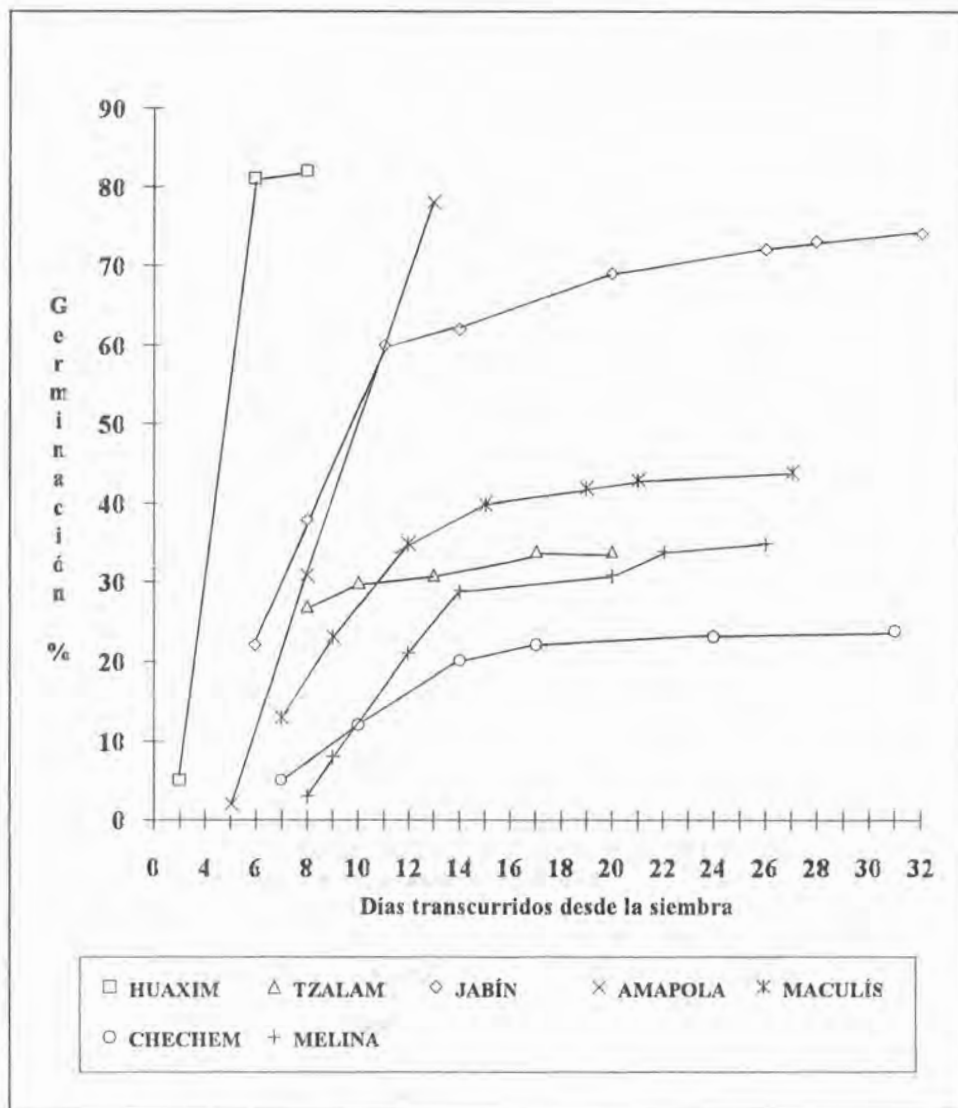


Figura N° 2. Especies de rápida velocidad de germinación; D 75, menos de 14 días

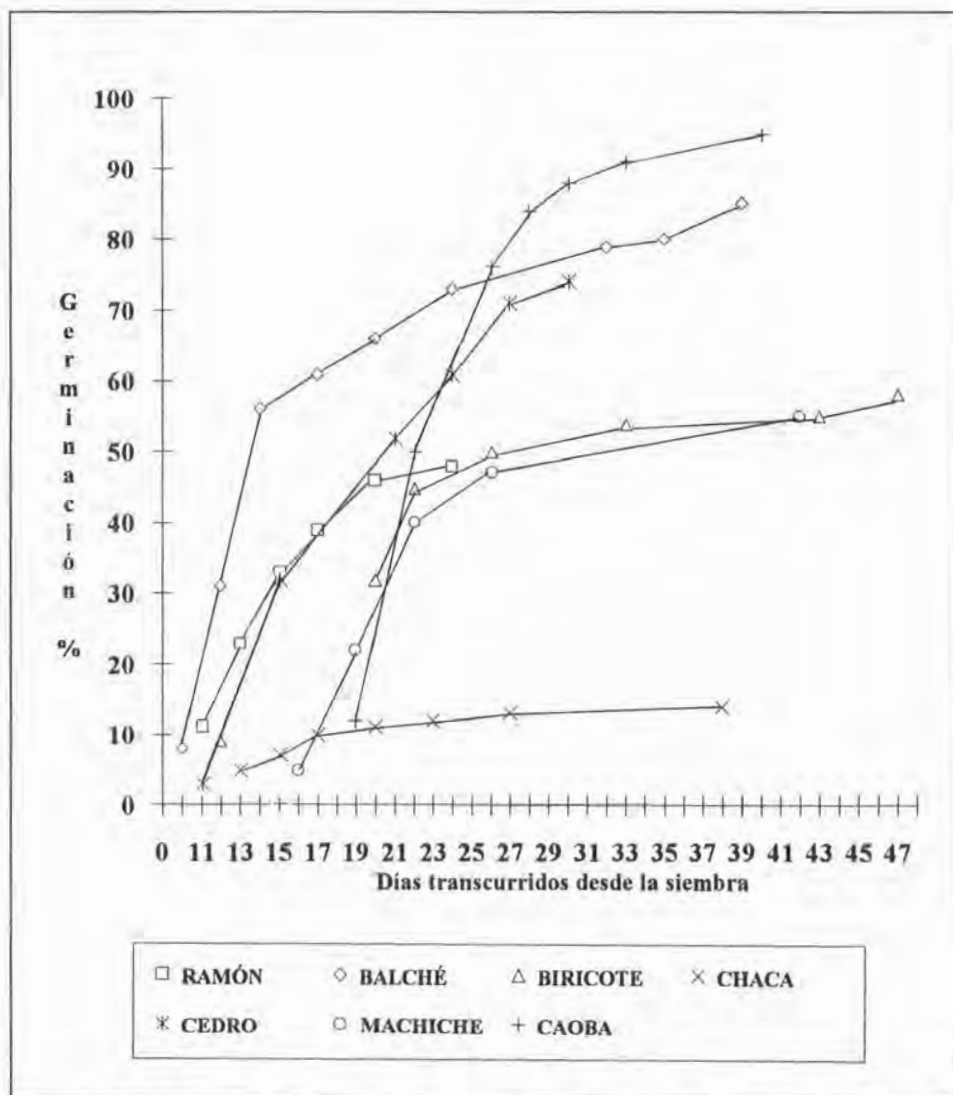


Figura N° 3. Especies de velocidad de germinación intermedia; D 75, entre 14 y 28 días.

Se sabe que la inclinación de las curvas de germinación es influida por la uniformidad de ésta (Naylor *op. cit.*); por ello cuando se estima la velocidad con medidas de tendencia

central, como días medios o al 50%, se debe indicar la dispersión en el tiempo requerido para germinar, a fin de tener una mejor idea de dicha velocidad, Orchard *op. cit.*

Esta forma de estudiar la velocidad de germinación no resulta adecuada en ocasiones, ya que no es fácil determinar subjetivamente hasta dónde la uniformidad de germinación afecta la rapidez con que germinan las semillas; por ejemplo, en tzalam y maculís, los días medios y al 50%, (*vid.*, cuadro 3), tienen valores cercanos.

Lo mismo es para la desviación típica, por lo cual, estas medidas indican velocidades de germinación similares; sin embargo, hay una mayor diferencia en los intervalos intercuartilares, por ello, es difícil determinar con estas medidas hasta dónde es similar la germinación de estas especies.

Las diferencias en velocidad de germinación entre el tzalam y el maculís se aprecian con más claridad al usar los datos de días al 75% y a máxima germinación media diaria.

Quizá el cálculo de esta última medida sea más fácil que el de la primera, pero se tiene el problema de que su estimación supone que la curva de germinación es sigmoide, por lo tanto alcanza un punto donde la germinación media diaria tiene un máximo, lo cual no siempre ocurre, Bould, *op. cit.*

Por ello, resulta más recomendable emplear los días al 75%, los cuales no requieren suponer que la curva de germinación tiene una forma dada, en razón de lo cual, en este trabajo obtuvieron valores cercanos a los días a máxima germinación media diaria.

Con fundamento en lo anterior, se pueden dividir las especies trabajadas en los siguientes grupos de velocidad:

- a) Semillas que tardan en germinar menos de dos semanas; con valores de 5.25 días al 75% en huaxin, a 13.41 días en melina, *vid supra*, figura 2.
- b) Semillas que alcanzan el 75% de germinación entre las dos y cuatro semanas, con valores extremos de 16.15 días en ramón, a 25.09 días en caoba, *vid., supra*, figura 3.
- c) Semillas que logran el 75% de germinación en más de cuatro semanas con un mínimo de 28.63 en negrito, a 133 días en Chit, *vid., infra*, figuras 4 y 5.

Es interesante señalar que en el último grupo se pueden encontrar especies que presenten dormición y hay que resaltar la importancia de conocer la velocidad de germinación, ya que puede servir para establecer qué especies requieren de un tratamiento para estimular este proceso.

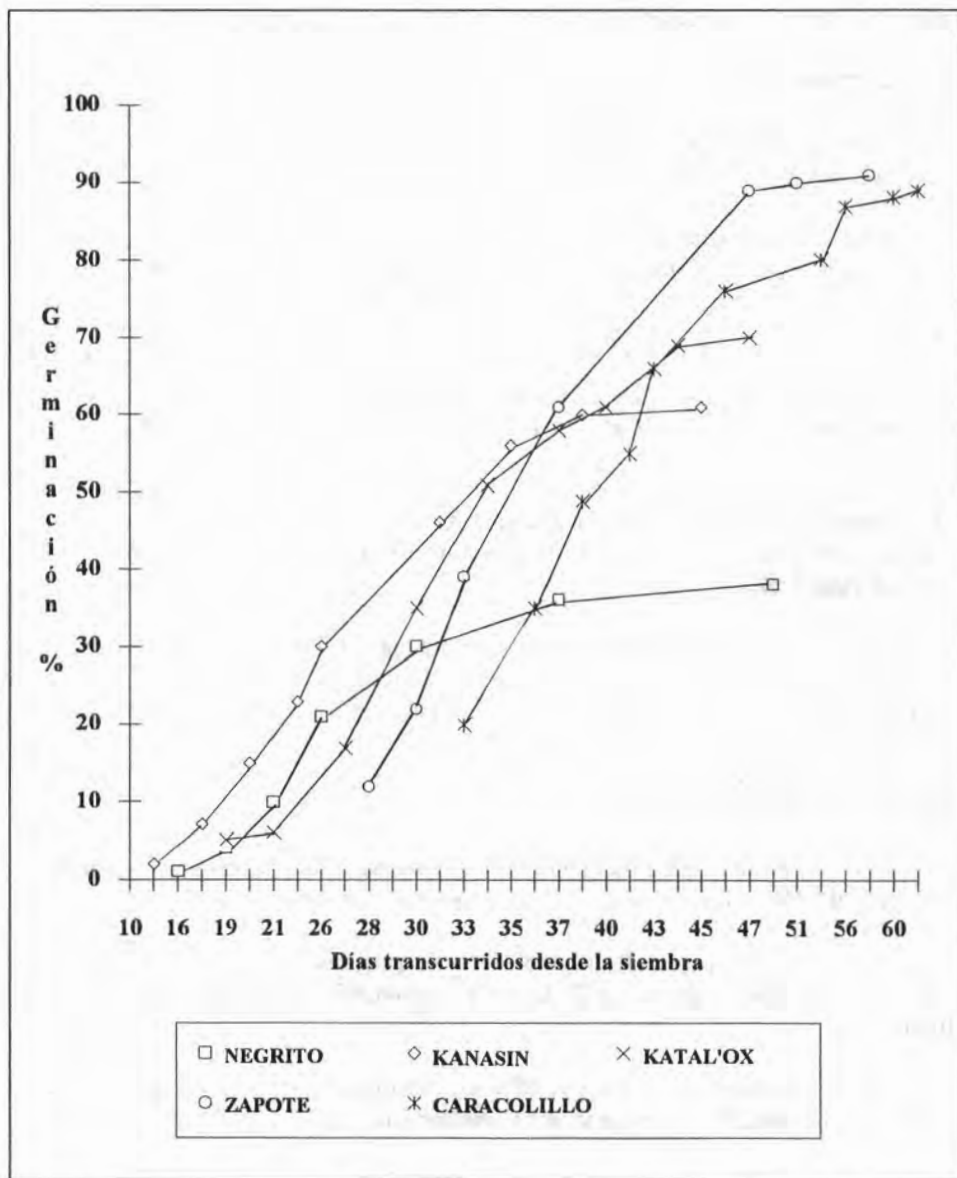


Figura N° 4. Especies de lenta velocidad de germinación; D 75, entre 28 y 48 días.

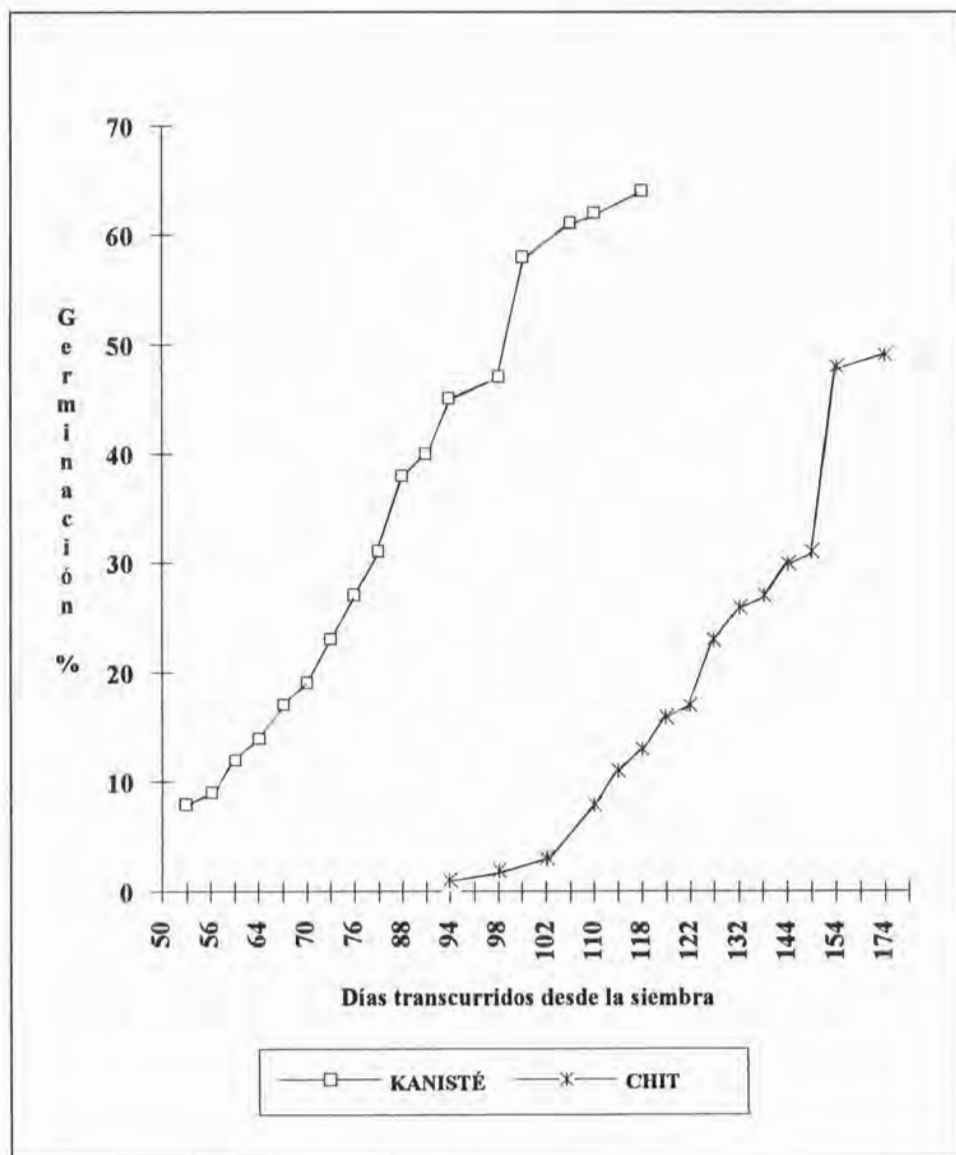


Figura N° 5. Especies de muy lenta velocidad de germinación; D 75, más de 90 días.

RECOMENDACIONES.

- Es conveniente que se continúe con trabajos que permitan conocer el tiempo de germinación de especies forestales.

- Una posibilidad de lograr este conocimiento, es trabajar en siembras de vivero, de distintos lotes de diversas especies, durante varios años, para establecer en diferentes localidades los valores máximo, mínimo y más frecuentes, del tiempo de germinación de cada especie.

- Se podría también hacer un trabajo más preciso al someter a germinación, semillas en gradientes ambientales para ajustar modelos que permitan pronosticar la velocidad de germinación.

- Como variable para medir el tiempo de germinación se sugiere usar los días al 75%, cuyo cálculo se detalla en la metodología *vid., infra*, tomada de Morales y Camacho, *op. cit.*

- Se recomienda detectar los mecanismos inhibidores en las especies con lenta germinación, para poder establecer los tratamientos que puedan estimularla.

AGRADECIMIENTOS.

El presente estudio fue posible gracias al apoyo de las autoridades del I N I F A P, especialmente a las facilidades proporcionadas por el ingeniero Antonio Sánchez Martínez para la realización del análisis y discusión de los resultados, así como para la elaboración del escrito.

A la ingeniero agrícola María Luisa Orozco, quien colaboró en el procesamiento de los datos.

Al personal del vivero del C E F "San Felipe-Bacalar", quienes ayudaron a la realización de las siembras y en la toma de datos del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilar, I. B. 1984. "Avaliação de qualidade fisiologica de sementes florestais". *En: Simposio Internacional. Métodos de produção e controle de qualidade de sementes a mudas florestais.* marzo 19-23. Curitiba, Brasil. pp. 277-290.
- Bonner, T. B. 1981. "Storage principles for tropical tree seed". *En: Memoria de la reunión sobre problemas en semillas forestales tropicales. Tomo I. Publicación Especial N° 35.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. pp. 223-233.
- Bould, A. and Arbor, B. M. 1981. "A model for seed germination curves". *Seed Sci. & Technol.* N° 9. pp. 601-611.
- Campbell, R. M. and Sorensen, F. C. 1979. "A new basis for characterizing germination data". *Journal of seed technology* N° 4. pp. 24-34.
- Czabator, F. J. 1962. "Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination". *Forest Science* Vol 4. N° 8. pp. 386-396.
- Djavanshir, M. and Pourbeik, M. 1976. "Germination value, a new formula". *Silvae Genetica.* Vol 2. N° 25. pp. 79-83.
- Dowker, O. Q; Winarmo, and Fennell, L, J. F. M. 1981. "Germination studies on onion seeds lots". *Horticultural Research.* Vol 1. N° 21. pp. 41-48.
- Fors y Reyes, A. J. 1967. Manual de Silvicultura. Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestales. IV edición. La Habana, Cuba, 251 p.
- Heydecker, W. 1966. "Clarity in recording germination data". *Nature London.* N° 210. pp. 753-754.
- Janssen, J. G. M. 1973. "A method of recording curves". *Ann Bot.* N° 37. pp. 705-708.
- Koller, O. 1972. "Environmental control of seed germinating". *In: Seed Biology.* Ed. Kozłowsky, T. T. Academic Press. New York. pp. 2-101.
- Maguirre, J. D. 1962. "Speed of germination. - Aid in selection an evaluation for seedling emergence and vigour". *Crop Science* N° 2. pp. 176-177.
- Morales, V. G. y Camacho, M. F. 1985. Formato y recomendaciones para evaluar germinación. *En: Memorias de la III Reunión Nacional de Plantaciones Forestales.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México.

- Naylor, R. E. L. 1981. "An evaluation of varios germination indices for predicting differences in seed vigour in italian ryagrass". *Seed Science & Technology*. N° 9. pp. 593-600.
- Orchard, T. J. 1977. "Estimating the parameters of plant seedling emergence". *Seed Science & Technology*. Vol 1. N° 5. pp. 61-69.
- Sorensen, N, F. C. 1983. "Geografic variation in seedling of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) from the western siskiyou mountain of Oregon", *Ecology*. Vol 4. N° 4. pp. 696-702.
- Triptan, J. L. 1984. "Evaluation of three growth curve models for germination data analysis". *Jour Amer Soc Hort Sci* Vol 4. N° 109. pp. 451-454.
- United States Department of Agriculture. Forest Service. 1974. Seeds of woody plants in United States. U S D A. Agric. Handbook. N° 405. 833 p.
- Vanesse, R. G. 1974. "Measuring the active germination of *Pseudotsuga menziesii*". *Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux*. Vol 2. N° 9. pp. 131-138.
- Vega, E, C; Patiño, V, F. y Rodríguez, P, A. A. 1981. "Viabilidad de semillas de 72 especies forestales tropicales almacenadas al medio ambiente". *En: Memoria de la Reunión sobre problemas en semillas forestales tropicales*. Tomo I. Publicación Especial N° 35. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México D F. pp. 325-245.
- Woodstock, L. W. 1973. "Physiological and biochemical test for seed vigour". *Seed Science & Technology* N° 1. pp. 127-157.

APÉNDICE.

Metodología para estimar la velocidad y uniformidad de germinación²².

La velocidad de germinación es el tiempo transcurrido desde la siembra hasta un punto arbitrario sobre las curvas de germinación, según la definición dada por Koller, *op. cit.*

Diversos autores como, Manjarrez en 1980; Nikolaeva en 1969 y los coautores Vega, Patiño y Rodríguez, *op. cit.*, han señalado que una manera de estimar la velocidad de germinación es por medio de los días requeridos para iniciar la germinación, o para que germinen todas las semillas viables de una muestra.

Se llaman días a inicio (D 1), y días al 100% de la capacidad germinativa (D 100), respectivamente; su estimación es sencilla: D1 es el primer dato de la columna Di y la segunda (D 100), el último de ésta cuando hubo germinación. (*cfr.* en el cuadro 1 a. D 1 = 2 y D 100 = 9).

Esta forma de estimar la velocidad de germinación, no permite saber cuánto tiempo requiere para germinar la mayoría de las semillas, ya que su cálculo se fundamenta en valores extremos.

Se puede tener una estimación más representativa, al calcular el tiempo requerido para alcanzar un porcentaje dado o la media, Orchard *op. cit.*

Los días a un porcentaje dado (*vid., infra*, cuadro 1 a), se obtienen al buscar en la columna Ai el porcentaje equivalente (E), que es la capacidad germinativa + 1, multiplicada por el porcentaje dado, expresado en decimales.

Si el valor de E se localiza en dicha columna, se anotan los correspondientes Di; si no, se usará la siguiente fórmula adaptada de los coautores Snedecor y Cochran en 1967:

$$\text{Días a un \% dado} = D + \frac{I(E - Ae)^*}{Ge}$$

* Cuando la capacidad germinativa es menor del 50%, es conveniente multiplicarse

²² Tomado de Morales y Camacho, *op. cit.*

tanto G_i como A_i en las columnas por una corrección $c = 100/\text{capacidad germinativa}$, para disponer del porcentaje total alcanzado.

donde:

- $A_c =$ el valor de A_i menor, más cercano al valor de E .
- $D =$ a los días transcurridos para alcanzar A_c en el conteo inmediato anterior al que tiene la A_i mayor, más cercana a E (*vid.*, ejemplo IV).
- $I =$ al tiempo transcurrido desde D hasta el siguiente conteo.
- $G_e =$ al valor presente en la columna G_iC en el primer conteo posterior a D .

Para aclarar el uso de esta fórmula, se presentan los siguientes ejemplos, desarrollados con datos del cuadro 1 a:

I. Días al vigésimo quinto porcentaje o D 25:

$$E = (64 + 1) (0.25) = 16.25$$

$$D = 1$$

ya que se hicieron conteos diarios, se sabe que ese día no hubo germinación;

con lo que $A = 0$ y $G_e = 26$, sustituyendo:

$$D_{25} = 1 + \frac{1(16.25 - 0.60)}{25} = 1.62$$

II. Días al 50%, a la mediana o D 50:

$$E = 32.50$$

$$D_{50} = 3 + \frac{1(32.50 - 30.00)}{18} = 3.14$$

III. Días al 75% o D 75:

$$E = 48.75$$

$$D_{75} = 4 + \frac{1(48.75 - 40.00)}{12} = 4.06$$

IV. Días al 95% o D 95:

$$E = 61.75$$

$$D95 = 6 + \frac{1(61.75 - 60.00)}{2} = 6.87$$

Nombre de la especie _____		Fecha de siembra _____								
Tratamiento _____		Tamaño de muestra 50								
FECHA	DI	GI	GIC	GICDI	$\Sigma GIC=AI$	$GMDI=AI/DI$	$\Sigma GMDI$	NI	$\Sigma GMDI/NI$	$\Sigma GMDI/NI \times AI/10$
2	13	26	52	26	13.000	13.000	1			
3	2	4	12	30	10.000	23.000	2	11.500	34.500	
4	9	18	72	48	12.000	37.000	3	12.333	59.198	
5	6	12	60	60	12.000	49.000	4	12.250	73.500	
6	0	0	0	60	10.000	59.000	5	11.800	70.800	
7	1	2	2	62	8.857	67.857	6	11.309	70.116	
8	0	0	0	62	7.750	75.607	7	10.801	66.966	
9	1	2	2	64	7.111	82.718	8	10.339	66.169	
10	0	0	0	64	6.400	89.118	9	9.902	63.373	
$\Sigma = 32$										

C = 100/tamaño de la muestra, es decir 100/50 = 2

Cuadro N° 1 a. Forma propuesta para toma de datos de germinación²³.

²³ Tomado de Morales y Camacho, *op. cit.*, La forma empleada en este trabajo es la que originalmente presentaron los autores en la III Reunión Nacional de Plantaciones Forestales, ya que la que aparece en las memorias de dicha reunión, presenta algunas modificaciones.

Orchard *op. cit.* define a la uniformidad de germinación como la magnitud de las diferencias en tiempo de germinación de semillas individuales de una muestra que se evalúa usando medidas de dispersión.

Los mencionados autores Manjarrez y Nikolaeva señalaron que la uniformidad de germinación se puede estimar mediante el periodo germinativo, que se obtiene restando los días a inicio de germinación, de los días al 100%, en el ejemplo:

$$D_{100} - D_1 = 9 - 2 = 7.$$

De acuerdo con Orchard *op. cit.*, también se puede usar la desviación con respecto a la media o a la mediana; en el primer caso se trata de calcular la desviación típica (S) con la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (GiC) (Di - D)^2}{(\sum GiC) - 1}}$$

Cuya aplicación se efectúa en las columnas libres de la forma.

La desviación respecto a la media se estima al calcular el intervalo intercuartilar (I C), así:

$$I C = \frac{D_{75} - D_{25}}{2}$$

Sustituyendo los datos del cuadro I a, que fueron procesados al hablar de los días a un porcentaje dado, se tiene:

$$I C = \frac{4.06 - 1.62}{2} = 1.22$$