

## Tratamientos pregerminativos aplicados a la semilla de Cedro negro (*Juglans neotropica*) para reducir su período de germinación

Jaime López C.<sup>1</sup>  
Edgar Piedrahita C.

### INTRODUCCION

La semilla de cedro negro (*Juglans neotropica*) es una nuez relativamente grande, de forma cerebroide y usualmente sin endospermo y envuelta por una pulpa carmosa. Según Chase (1947) el comportamiento de las especies de *Juglans* es muy similar entre ellas, pero se diferencian principalmente por su tamaño, el grosor de la cubierta y su sabor.

Según Atwater (1980), la semilla de cedro negro se ubica dentro del grupo de las no endospermicas, con testa leñosa y el interior con estratos semipermeables, cuyo embrión ocupa la mayor parte de la semilla y tiene forma espatulada o invertida, los cotiledones son grandes y latentes, y el endospermo está ausente o reducido a una línea en la cubierta. El principal bloqueo de su germinación se asocia con la retención de inhibidores que están contenidos en su cubierta (testa) gruesa, la cual es permeable al agua y semi o impermeable a algunos químicos o gases.

La semilla de cedro negro presenta latencia innata, la cual se puede producir por causas fisiológicas o físicas; cuando se produce por causas fisiológicas se caracteriza porque las semillas, aunque maduras anatómicamente, no pueden germinar hasta que ocurran complejos cambios fisiológicos en el embrión o el endospermo. Cuando la causa de la latencia es física, ella responde a una condición morfológica que impide la germinación de las semillas, la cual normalmente se relaciona con la conformación de la cubierta, que ejerce resistencia mecánica contra el desarrollo del embrión o que es impermeable al paso de la humedad o los gases indispensables para su desarrollo.

Debido a ello, muchas especies requieren que sucedan ciertos cambios después de finalizada la maduración, llamado proceso de postmaduración, el cual se alcanza por medio de la aplicación de tratamientos adecuados, como son la estratificación, el almacenamiento en seco y el osmoacondicionamiento, los cuales permiten que ocurran cambios fisiológicos en la semilla, para promover el inicio de la germinación.

Williams (1971) en un estudio de almacenamiento de semillas de *J. regia* detectó resultados favorables después de cuatro años de almacenamiento bajo condiciones ambientales de alta humedad y bajas temperaturas. Posteriormente Gordon y Rowe (1982) reportan que la semilla de esta especie es ortodoxa, y que pueden almacenarse a bajos contenidos de humedad (<15%) durante largos períodos sin perder la viabilidad.

**Estratificación.** Frecuentemente las semillas sometidas a estratificación contienen inhibidores y promotores del crecimiento (Frankland y Wareing 1966, citado por Wareing *et al.* 1973), por lo que al aplicar el tratamiento se altera el balance inhibidor/promotor que controla este tipo de latencia (Amen 1968, Wareing y Saunders 1971, citados por Tomas 1972).

Martin *et al.* (1969) encontraron que en el embrión de *J. regia* descendió la cantidad de un inhibidor cuando fue sometido a estratificación, por lo cual se ha considerado como un tratamiento altamente efectivo para la semilla de cedro negro. También reportaron que las semillas sembradas sin estratificación presentaban plántulas atípicas (enanías), mientras que las estratificadas durante 60-120 días desarrollaron plántulas normales, emergieron en un período de 2-3 semanas y con altos porcentajes de germinación.

Los períodos de estratificación de las semillas de *Juglans* son muy variables; se han obtenido resultados muy favorables en germinación principalmente con la utilización de períodos de estratificación de 1-6 meses, con los que se obtienen porcentajes entre 40-85% aproximadamente, que son aceptables dada la baja capacidad germinativa de las especies de *Juglans*.

**Osmoacondicionamiento.** Heydecker 1975, citado por Pary Cantliffe (1994) lo define como un tratamiento de presembrado en el cual las semillas se remojan en una solución osmótica que les permite imbibirse hasta alcanzar los primeros estados de la germinación, pero no permite la emergencia de la radícula a través de la cubierta seminal. Las semillas se pueden secar nuevamente hasta alcanzar su contenido de humedad original y bien almacenarse o sembrarse con las técnicas convencionales.

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia - Medellín, Colombia.

El fenómeno es conceptualmente simple, pero fisiológica y técnicamente complejo y difícil de manejar. Su principio se basa en ajustar el contenido de humedad de la semilla, en condiciones de libre aireación, hasta un nivel que permita alcanzar la fase en la cual tienen lugar los eventos metabólicos más importantes para preparar la germinación (fase II) sin dar lugar a la emergencia de la radícula (Heydecker *et al.* 1975), que ocurre en la fase III. Esto se obtiene poniendo las semillas en una solución acuosa de osmolaridad controlada, tal que le permita entrar en la fase II pero le impida entrar en la III (Bewley y Black 1983). Las semillas así tratadas comienzan a absorber agua en forma normal y luego la acción se detiene una vez se ha logrado el equilibrio con el potencial osmótico de la solución (Heydecker *et al.* 1973).

## METODOLOGIA

La prueba de germinación se realizó en el invernadero del Jardín Botánico de Medellín y la caracterización de la semilla en el Laboratorio de Semillas del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, a una altura de 1420 msnm., con una precipitación media de 1450 mm, temperatura promedio de 21°C y humedad relativa del 70%.

Las pruebas de germinación se efectuaron con base en las normas para ensayos de semillas (Gordon *et al.* 1991). El diseño estadístico fue completamente al azar con ocho tratamientos, cuatro repeticiones por tratamiento y la unidad muestra conformada por 25 semillas. El ensayo se realizó bajo condiciones de invernadero para mantener los factores ambientales homogéneamente dispuestos (luz, agua, humedad relativa) durante la prueba (Cuadro 1).

**Caracterización de la semilla.** Las pruebas para caracterizar adecuadamente las semillas de cedro negro, fueron la determinación de su contenido de humedad (CH), peso, tamaño, forma, viabilidad y una prueba de absorción de agua.

**Parámetros germinativos.** Durante el proceso germinativo se evaluaron los parámetros: capacidad germinativa (en porcentaje), velocidad (en días), vigor (evaluado mediante el Índice de Czabator 1962) y la dispersión (por medio de la desviación estándar de los datos).

El Índice de Czabator es un valor compuesto que se expresa como  $I.C = VM \times GDM$ , donde la GDM es la relación entre el porcentaje de germinación total de la prueba y el tiempo (en días) que tarda para alcanzar este valor. El VM es el cociente máximo que se obtiene de dividir cada una de las germinaciones diarias acumuladas por el correspondiente número de días para alcanzarla.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Caracterización de la semilla.** La semilla presentó un contenido de humedad del 19.03% (humedad relativa: 70%), muy cercano al determinado para otras especies afines, como *J. nigra* con un 17.02% bajo humedad relativa similar (Bonner 1980).

El valor promedio del peso fue de 42.52 g. por semilla (testa y embrión), pero al medir el espesor de la testa (4-5 mm) se encontró un valor superior al reportado para otras especies (1.2 y 2.2 mm) (Luna 1979), por lo tanto se considera que el mayor peso de la semilla de cedro negro, en comparación con otros congéneres, se debe al grosor de

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a la semilla

TRATAMIENTOS	SIMBOLO	DURACION (días)	TEMP. (°C)
Testigo	T1	-	-
Estratificación (30 días)	T2	30	3-5
Estratificación (60 días)	T3	60	3-5
Osmoacondicionamiento (-0.5 MPa)	T4	15	15
Osmoacondicionamiento (-1.0 MPa)	T5	15	15
Osmoacondicionamiento (-1.5 MPa)	T6	15	15
Osmoacond. (-1.0 Mpa) + Estrat. (30 días)	T7	15 + 30	15 y 5
Osmoacond. (-1.0 Mpa) + Estrat. (60 días)	T8	15 + 60	15 y 5

Las semillas de *J. neotropica* mostraron 4.46 cm en el plano transversal y de 4.58 en el longitudinal, valores que resultan superiores a los de otras especies de *Juglans* (Luna 1979). En cuanto a la forma, mostró un índice medio de redondez  $\Phi$  de 0.97, valor muy cercano a 1.0, lo que indica que es una semilla casi redonda.

La viabilidad promedio fue de 93%, lo que indica una buena conformación del lote de semillas utilizado en esta investigación, y coincidió con el que se obtuvo al finalizar el ensayo de germinación. Significa que la viabilidad no incidió en los resultados del ensayo de germinación.

La prueba de absorción de agua permitió diferenciar las fases en que se realiza todo el proceso (Fig. 1). La fase de imbibición (I) empezó desde el primer día de la prueba y se extendió por un lapso de 14 días aproximadamente, hasta que la semilla se encontró totalmente humedecida. Inicialmente no se observa un aumento de peso de la semilla debido a la consistencia leñosa de la testa que absorbe la humedad durante los primeros cuatro días, pero a partir del quinto día se presentó un aumento del contenido de humedad, variando desde un 16% hasta un 23% aproximadamente, en el cual se estabiliza.

La fase de equilibrio dinámico (II) empezó alrededor del día 15 y se extendió durante 10 días, en los cuales sólo se presentó un 2% de aumento del contenido de humedad (desde 23% hasta 25% aproximadamente), esto indica que, se comporta como una meseta. En ella hay una suspensión

parcial de la absorción de agua y se inician los procesos metabólicos propios de la germinación.

Por último, se inició la fase germinativa (III) a partir del día 27, en la cual se produjo de nuevo un aumento en el contenido de humedad, debido al inicio del crecimiento de la radícula en el interior de la semilla. En este punto se produjo la emergencia de la radícula cuyas presiones sobre la testa ocasionan su ruptura.

**Parámetros germinativos.** Los parámetros germinativos fueron analizados a partir de los resultados del ensayo de germinación, y se extendió por 180 días para visualizar el comportamiento de la germinación después de aplicados los tratamientos.

Las curvas de germinación diaria acumulativa presentaron una tendencia de crecimiento de forma sigmoidea (S) (Fig.2), donde se observan dos grupos; el primero conformado por los tratamientos de osmoacondicionamiento (T4,T5,T6) y la combinación de osmoacondicionamiento más estratificación durante 60 días (T8), alcanzó en promedio 30.8% de germinación; y el segundo grupo conformado por los tratamientos de estratificación (T2-T3) y la combinación de osmoacondicionamiento más estratificación durante 30 días (T7) y el testigo (T1), alcanzó un promedio de 18.8% de germinación. Para analizar estadísticamente la desigualdad

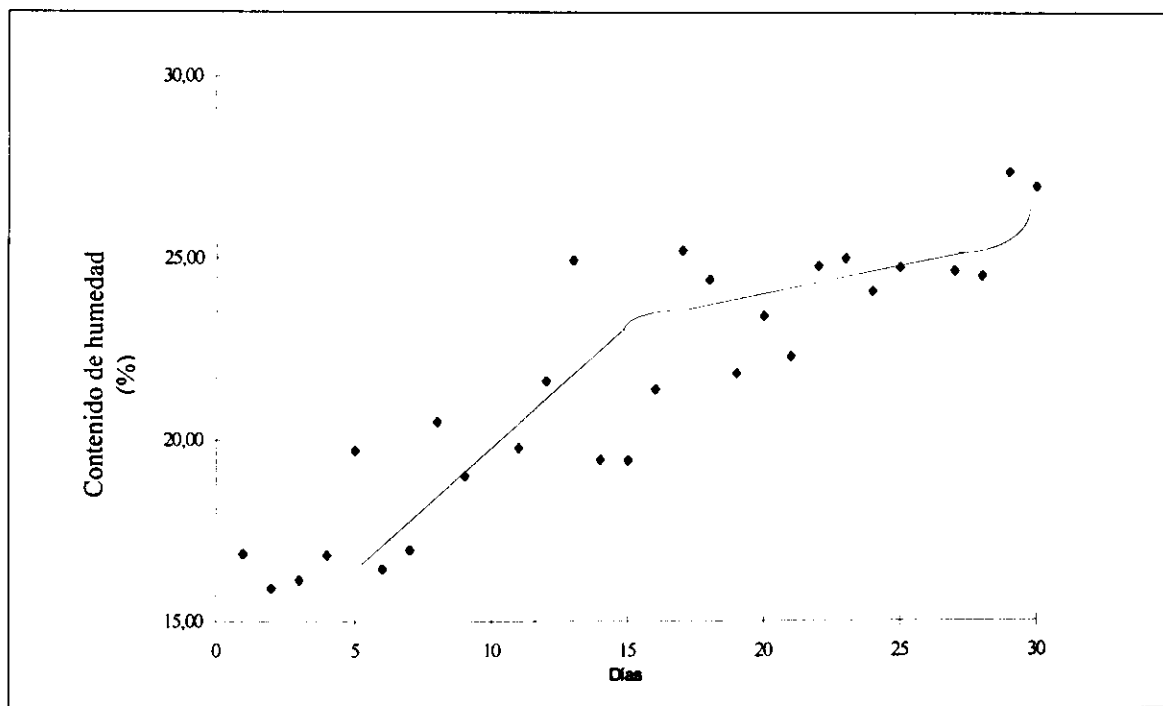


Figura 1. Cinética de absorción de agua pura para la semilla de *J. neotropica*, Medellín, Colombia.

entre los dos grupos se aplicaron contrastes ortogonales, que mostraron como resultado la inexistencia de diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre ambos grupos.

Antes de aceptar la validez de este resultado se debe mencionar el alto porcentaje de semillas deterioradas que se contabilizaron al finalizar el ensayo de germinación y que en total representaron más de la mitad (52%) de la población de semillas utilizadas. Esto seguramente afectó los resultados y no permitió detectar las diferencias que se aprecian entre los dos grupos en cuestión.

El deterioro de las semillas se produjo probablemente por la sobre-humectación, producida al permanecer más de 90 días en el sustrato, cuya humedad se mantuvo al 60%. Esto se puede corroborar con la prueba de absorción de agua, en donde se concluyó que la semilla requiere de un período de 27-30 días bajo humedad total (100%) para que se dé inicio a la germinación, por lo tanto se estima que bajo una humedad del sustrato del 60%, la semilla completaría su proceso germinativo en aproximadamente 50-70 días, como efectivamente se presentó para el testigo (T1). A partir de allí, las semillas se sometieron a una sobre-humectación que posiblemente empezó a deteriorar las menos vigorosas.

Hay que resaltar que el riego no se aplicó hasta producir encharcamiento, sino para mantener la humedad del sustrato en un 60% en volumen como lo recomienda el ISTA para los ensayos de germinación; pero parece que éste porcentaje de humedad fue sumamente perjudicial para las semillas, especialmente para las más débiles y lentas, o las menos vigorosas, mientras que para las que conservaron su latencia durante un mayor tiempo, su resistencia a las condiciones prevalecientes de humedad fue mayor, como se presentó en los tratamientos de estratificación (T2-T3) y el testigo (T1), con lo cual se comprobó que su permanencia en estado latente le permitió a la semilla una mayor resistencia contra las condiciones adversas. Su resistencia a las condiciones prevalecientes de humedad fue mayor, con lo que se comprobó que la permanencia en estado latente le permitió a la semilla una mayor resistencia a las condiciones adversas.

La cantidad de semillas latentes (15%) al finalizar el ensayo de germinación se puede considerar normal teniendo en cuenta la duración del ensayo (180 días), ya que la latencia es una condición fisiológica que desaparece a medida que transcurre el tiempo. La cantidad de semillas muertas (8%) también coincide como complemento del porcentaje de semillas viables (viabilidad) encontrado, el cual fue de 93%. En concordancia con estos resultados, se estima que la cantidad de semillas deterioradas (52%) corresponde a la fracción no latente que se encontraba próxima a germinar (Fig. 3).

Aún con todo lo anterior, los resultados del ensayo de germinación indicaron que las condiciones de humectación únicamente afectaron al parámetro capacidad germinativa porque para los parámetros de velocidad, vigor y dispersión de la germinación sí se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto se produjo porque los datos de la capacidad germinativa se obtuvieron al finalizar la prueba, es decir, 180 días después de sembradas; mientras que para los otros parámetros, los datos se obtuvieron al inicio o en el transcurso de la prueba.

**Capacidad germinativa.** Los resultados de esta investigación indican que los períodos de 30 y 60 días de estratificación no fueron eficaces para superar la latencia y promover la germinación en las semillas de cedro negro (Cuadro 2). Quizás se requieren períodos superiores a 90 días como se ha comprobado para otras especies de *Juglans*. Martin *et al.* (1969) indican que la cantidad de inhibidores en semillas de *J. regia* decreció cuando fueron sometidas a estratificación durante períodos de 60 a 120 días. Somers *et al.* (1989) reportan en semillas de *J. nigra*, que disminuye el ácido abscísico (ABA) y aumentan las citoquininas a medida que incrementaban el tiempo de estratificación, el cual llegó hasta los seis meses.

Los tratamientos de osmoacondicionamiento (T4, T5, T6) no fueron eficaces para aumentar significativamente la

Cuadro 2. Capacidad germinativa para el testigo y los pretratamientos aplicados a la semilla de *Juglans neotropica* en Colombia.

TRATAMIENTO	SIMBOLO	GERMINACION (%)
Osmoacond. (-1.0 MPa) + Estratíf. (60 días)	T8	35
Osmoacondicionamiento (-0.5 MPa)	T4	30
Osmoacondicionamiento (-1.0 MPa)	T5	29
Osmoacondicionamiento (-1.5 MPa)	T6	29
Estratificación (30 días)	T2	20
Estratificación (60 días)	T3	20
Testigo	T1	18
Osmoacond. (-1.0 MPa) + Estratíf. (30 días)	T7	17

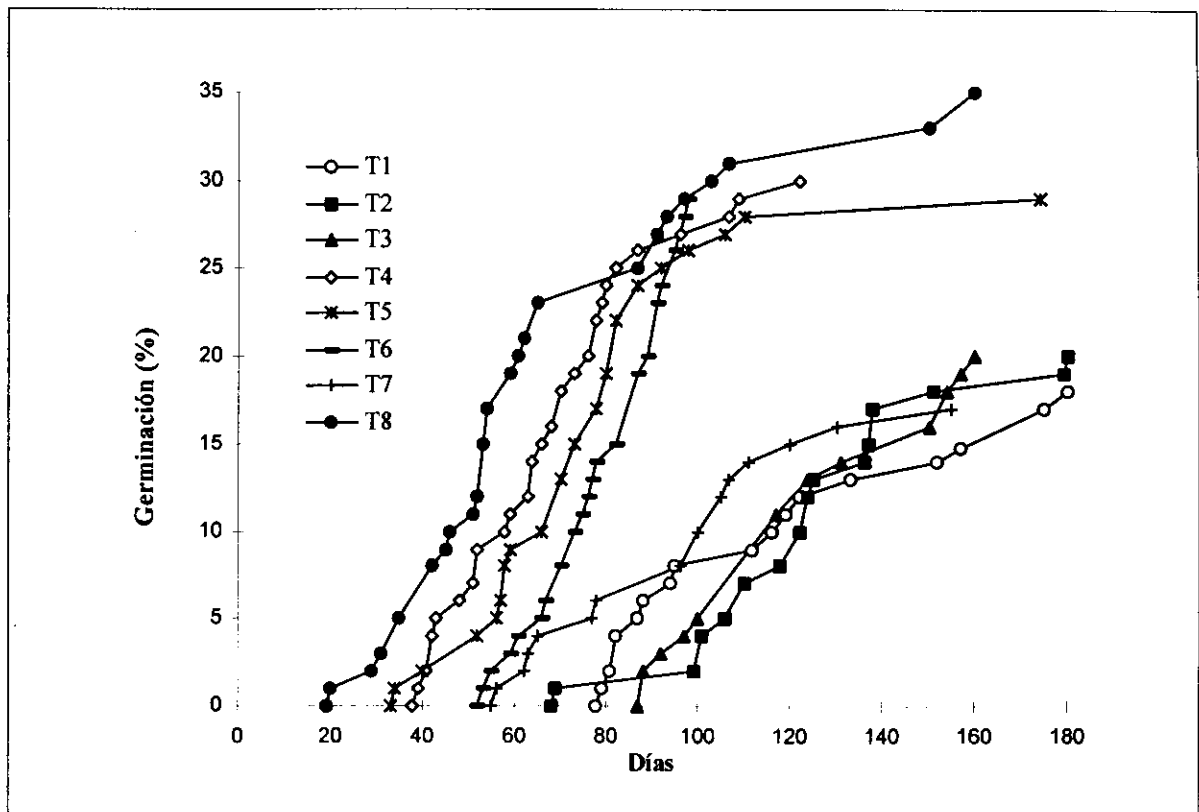


Figura 2. Germinación acumulada para el testigo y los pretratamientos aplicados a la semilla de *Juglans neotropica* en Colombia.

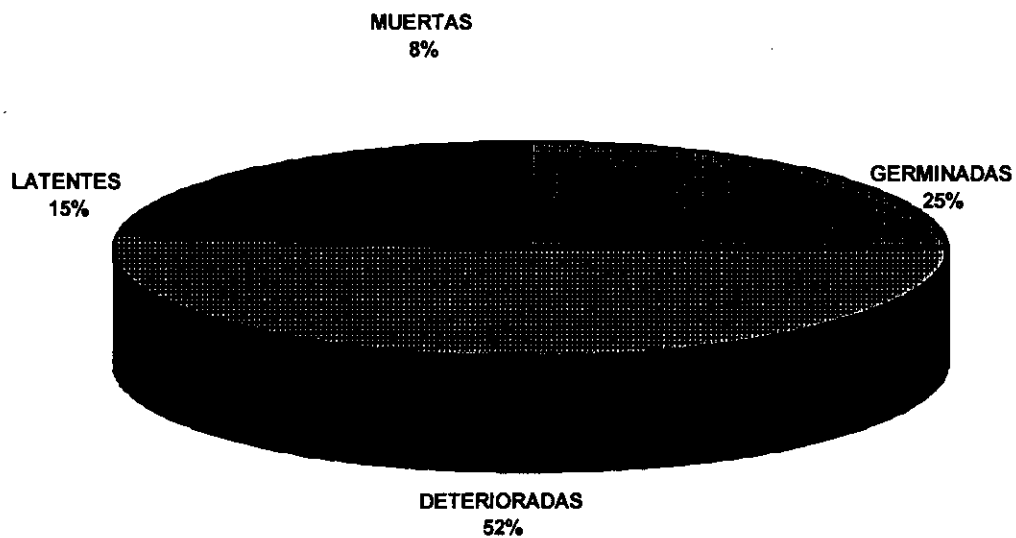


Figura 3. Categorías de semillas de *Juglans neotropica* presentes al finalizar el ensayo de germinación en Colombia.

capacidad germinativa de estas semillas, pero la literatura generalmente no los reporta como muy eficaces para promover la capacidad germinativa sino más bien la velocidad de germinación, tanto en especies agrícolas como forestales.

Para verificar si la testa gruesa de la semilla desempeñó un papel importante en el mantenimiento de su latencia, principalmente por la limitación en la entrada de humedad y los gases o por contener inhibidores de la germinación (Lewak y Rudnicki 1977 citado por Labouriau 1983), se le efectuó una escarificación (ruptura de la testa) a las semillas que se encontraban latentes al finalizar la prueba de germinación. Después de esto, se sembraron de nuevo y al cabo de 10-15 días germinaron algunas, lo que hace pensar que la semilla de cedro negro presenta doble latencia; una producida por las condiciones internas del embrión y otra ocasionada por la cubierta (testa) dura y gruesa, que es permeable al agua pero impermeable al paso de los gases (Atwater 1980).

La escarificación parece ser un procedimiento eficaz para facilitar la germinación de la semilla de cedro negro después de aplicados los tratamientos pregerminativos, debido a que permite el crecimiento del embrión y el libre intercambio de gases, pero presenta el inconveniente de llegar a destruir gran cantidad de semillas al tratar de abrir las dos valvas que componen la nuez y que se encuentran herméticamente selladas.

**Velocidad de germinación.** Para éste parámetro se destacan los tratamientos de osmoacondicionamiento, principalmente el combinado de osmoacondicionamiento más estratificación durante 60 días (T8), el cual provocó una mayor velocidad de germinación. Se anota que los resultados de los tratamientos combinados (T7 y T8) fueron completamente distintos. Es decir, el tratamiento T7 no fue eficaz mientras que el T8 fue el más eficaz de todos los tratamientos ensayados para aumentar la velocidad de germinación.

Una posible explicación para ello puede estar relacionada con la afirmación de Dennis (1994), en el sentido de que la duración de la estratificación es un factor crítico, porque dependiendo de ella su efecto puede ser promotor o inhibidor de la germinación. Esto se confirmó para la semilla de cedro negro porque el tratamiento T7, que tuvo una estratificación de 30 días, aumentó la latencia de las semillas (posiblemente del tipo de latencia secundaria) mientras que el tratamiento T8, con 60 días de estratificación presentó un porcentaje mucho menor de semillas latentes.

Los tratamientos de osmoacondicionamiento aplicados en forma individual (T4, T5, T6) sí produjeron un aumento significativo en la velocidad de germinación de las semillas de cedro negro, pero no tan pronunciado como el T8. Este hecho confirma la efectividad del osmoacondicionamiento en la preparación de esta semilla para germinar rápidamente al momento de sembrarse. Además, se comprobó que las semillas retienen los beneficios del osmoacondicionamiento

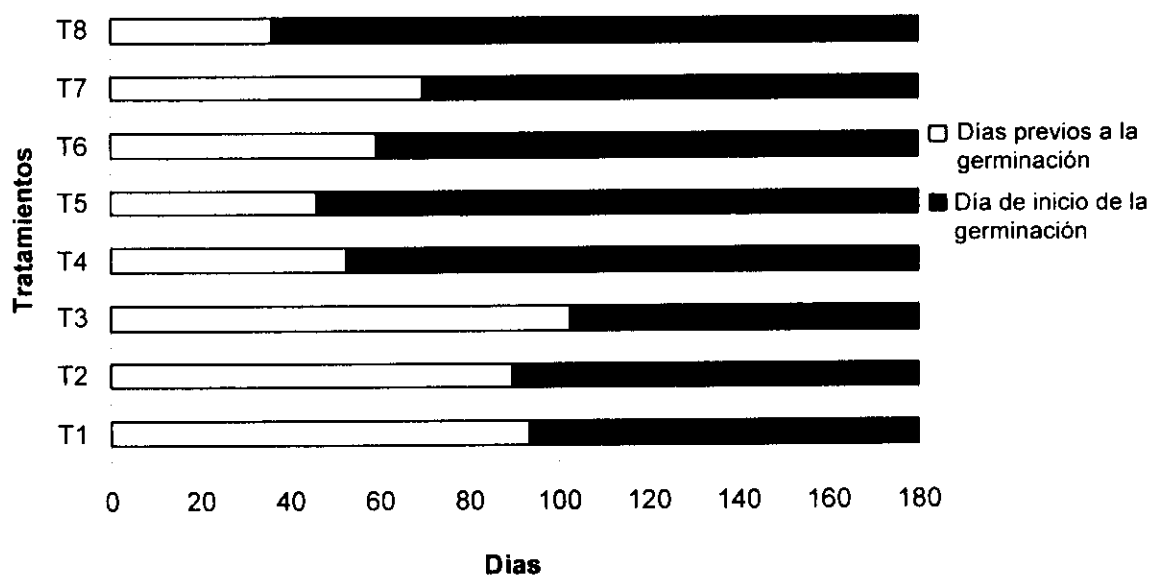


Figura 4. Velocidad (días requeridos para el inicio de la germinación) de *Juglans neotropica* en Colombia.

después del secado como ha sido reportado para otras semillas por Brocklehurst y Dearman (1983).

Los potenciales osmóticos ensayados (-0.5, -1.0 y -1.5 MPa) produjeron resultados similares entre sí (Fig. 4), lo que es de gran importancia porque demuestra la plasticidad de estas semillas para soportar un amplio rango de potenciales osmóticos (Jett y Wellbaum 1997). Este comportamiento no es propio de todas las semillas porque algunas requieren potenciales muy específicos. Por lo tanto, el hecho de presentar resultados similares bajo los tres potenciales osmóticos es relevante, porque se disminuyen las posibilidades de provocar una inhibición de la germinación al someterlas a potenciales osmóticos muy bajos.

**Vigor germinativo.** Los resultados muestran (Fig. 5), que el vigor en las semillas de cedro negro aumenta con la aplicación de los tratamientos de osmoacondicionamiento (T4, T5, T6) y la combinación de osmoacondicionamiento más estratificación durante 60 días (T8). Es decir, el osmoacondicionamiento tiene efectos que estimulan la germinación rápida de las semillas de cedro negro. Esto se reflejó en un valor germinativo (I.C) mayor que el de los otros tratamientos ensayados, siendo consistente con otras investigaciones en donde, bajo condiciones similares de osmoacondicionamiento, se reportan resultados positivos.

Según Czabator (1962) la tasa o velocidad de germinación es el concepto más importante para cuantificar el vigor de las semillas. Según Piedrahita (1987) la velocidad de germinación es un factor de gran importancia para las especies forestales debido a la alta competencia que se presenta, principalmente en las primeras etapas de crecimiento.

**Dispersión de la germinación.** La dispersión se estimó por medio de la desviación estándar (d.s.) de los datos. Los resultados indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos, pero estos no favorecen la uniformidad de la germinación, sino que por el contrario la aumentan con relación al testigo.

Los tratamientos de estratificación (T2, T3) y de osmoacondicionamiento (T4, T5, T6) no se diferenciaron estadísticamente del testigo (T1), pero sí de los tratamientos combinados de osmoacondicionamiento y estratificación (T7-T8), los cuales en lugar de disminuir la dispersión la aumentaron significativamente. Estos presentan una dispersión promedio de 96 días, frente a 58 de los tratamientos individuales (Fig. 6).

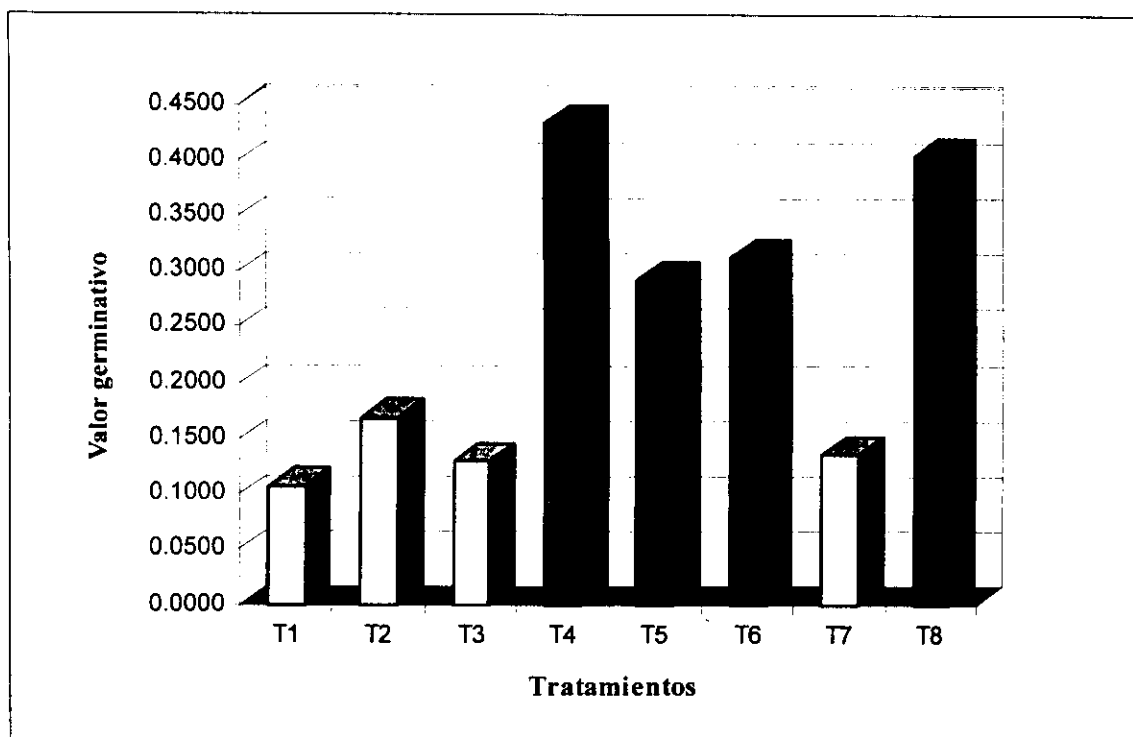


Figura 5. Vigor de la semilla de *Juglans neotropica* (Valor germinativo de Czabator) por efecto de los pretratamientos, Colombia

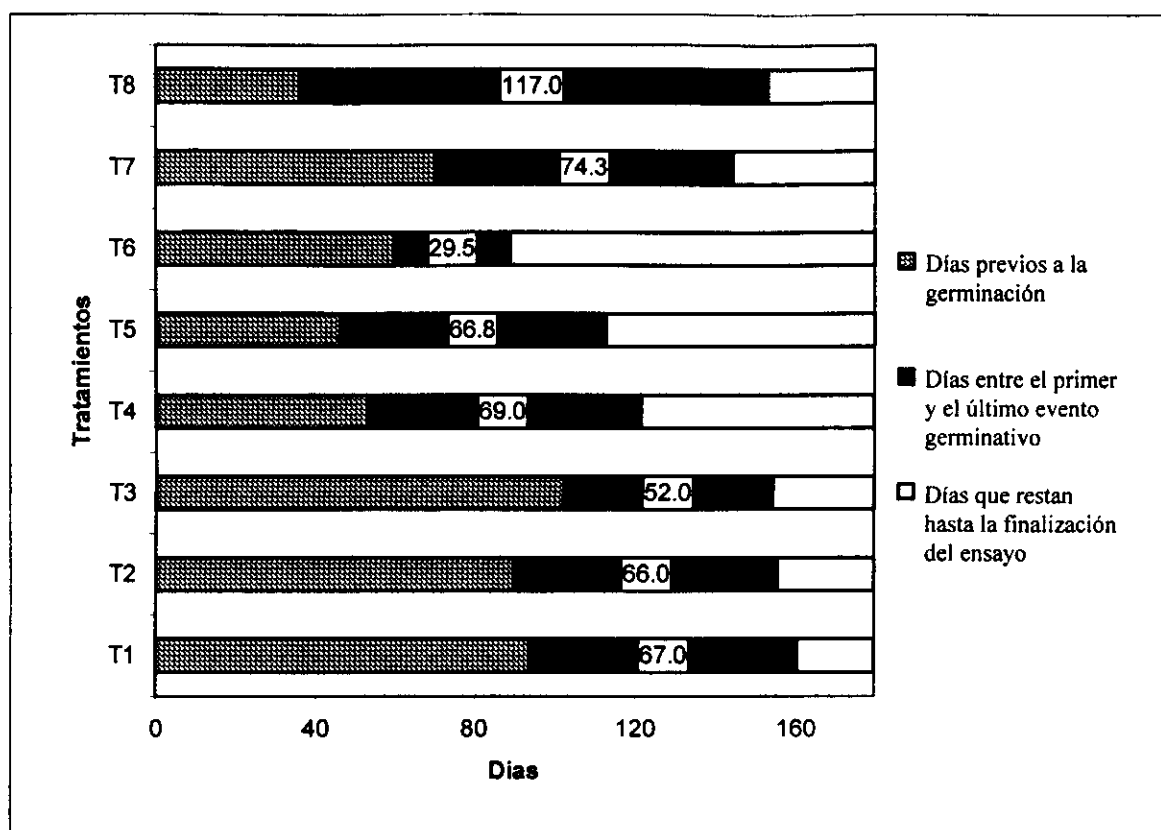


Figura 6. Dispersión de la germinación (Numero de días existentes entre el primer y ultimo evento germinativo) de semillas de *Juglans neotropica*, Colombia.

El tratamiento de osmocondicionamiento a un potencial de -1.5 MPa (T6) tuvo el efecto más favorable sobre la dispersión de la germinación. Esta fue la más baja (30 días) pero no presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con el testigo. Este presentó la germinación más dispersa en un período de 60 días.

### CONCLUSIONES

- Los tratamientos de osmocondicionamiento bajo los tres potenciales osmóticos ensayados (-0.5, -1.0 y -1.5 MPa) fueron muy eficaces para aumentar la velocidad y el vigor a las semillas de cedro negro.
- Los tratamientos de estratificación durante 30 y 60 días (T2, T3) no fueron eficaces para superar la latencia profunda de esta especie. Probablemente se requieren períodos de estratificación mayores, entre 90 y 120 días.
- Se destaca la combinación de los tratamientos de osmocondicionamiento (-1.0 MPa) y estratificación durante 60 días (T8) como el tratamiento más eficaz para

aumentar la velocidad y el vigor de la semilla de cedro negro.

- El tratamiento combinado de osmocondicionamiento (-1.0 MPa) más estratificación durante 30 días (T7) no fue eficaz para aumentar la velocidad, el vigor ni la capacidad germinativa. Además, aumentó significativamente la dispersión de la germinación.
- El tratamiento de osmocondicionamiento a un potencial de -1.5 Mpa (T6) redujo la dispersión de la germinación a solamente 30 días. Es decir, 37 días menos que el testigo, aunque estadísticamente no se encontraron diferencias entre ellos.
- La prueba de absorción de agua permitió delimitar adecuadamente las fases en que se realiza todo el proceso en la semilla de cedro negro. La fase de imbibición (I) duró 14 días, la de equilibrio dinámico (II) 10 días. El aumento en el contenido de humedad después de la fase II, el cual caracteriza la iniciación de la germinación (fase III), se produjo a partir del día 25 y la emergencia de la radícula se observó a partir del día 27.



## AGRADECIMIENTOS

A José Humberto Gallego y Orfa Jiménez, Jefe Auxiliar del Jardín Botánico de la Universidad de Caldas por el apoyo financiero a ésta investigación. A Adolfo León Gómez, Jefe del Invernadero del Jardín Botánico de Medellín, por su colaboración en el desarrollo del ensayo de germinación. Al profesor Guillermo Correa, por su asesoría en la parte estadística. A la profesora María Claudia Diez, Jefe del Laboratorio de Semillas Forestales de la Universidad Nacional de Colombia -Sede Medellín- por propiciar el uso del laboratorio.

## BIBLIOGRAFIA

- Atwater, B.R. 1980. Germination, dormancy and morphology of the seeds of herbaceous ornamental plants. *Seed Sci. Tech.* 8: 523-573
- Bewley, J.D.; M. Black. 1983. *Physiology and biochemistry of seeds.* Berlin. Springer-Verlag. Vol. 1: 306 p.
- Bonner, F.T. 1980. Measurement of seed moisture in *Carya ovata* and *Juglans nigra*. Washington: USDA Forest Service. p.33-39
- Brocklehurst, P.A. y Dearman, J. 1983. Interactions between seed priming treatments and nine lots of carrot (*Daucus carota*), celery (*Apium graveolens*) and onion (*Allium cepa*) I. Laboratory germination. *Annals of Applied Biology* . 102 (3): 577-584.
- Brocklehurst, P.A. *et al.* 1987. Recent developments in osmotic treatment of vegetable seeds. *Acta Horticulturae.* 215:193-200.
- Chase, S.B. 1947. Eastern black walnut (*Juglans nigra*) germination and seedbed studies. *Journal of Forestry.* 45: 661-668.
- Czabator, F. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science.* 3(4):386-396.
- Dennis, F.G. 1994. Dormancy: what we know (and don't know). *Hortscience.* 21(11):1249-1255.
- Gordon, A.G. ; Rowe, D.C.F. 1982. Seed manual for ornamental trees and shrubs. *Forestry Commission Bulletin* 59: 132.
- Gordon, A.G. *et al.* 1991. *Tree and shrub seed handbook.* Zurich: International Seed Testing Association.
- Hallgren, S.W. 1989. Effect of osmotic priming aerated solutions of polyethylene glycol on germination of pine seeds. *Annual Science Forest.* 46: 31-37.
- Heydecker, W.; *et al.* 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature.* 246 (5247): 42-44.
- Heydecker, W.; *et al.* 1975. Invigoration of seeds. *Seed Science and Technology.* 3( ¾): 881-888.
- Jett, L.W.; Welbaum, G.E. 1997. A comparison of broccoli seed priming treatments. *Hortscience.* 32: 553-557.
- Laboriau, L.G. 1983. A germinacao das sementes. Serie de biología. Monografia 24:174.
- Luna, F. 1979. El nogal: producción de fruto y madera. Madrid. Ministerio de Agricultura. 118 p.
- Martin, G.C.; *et al.* 1969. Changes in endogenous growth substances in the embryos of *Juglans regia* during stratification. *Jour. Am. Soc. Hort. Sci.* 1969: 13-17.
- Parera, C y D. Cantliffe. Presowing seed priming. *Horticultural Review.* No. 16:109-141.
- Piedrahita, E. 1987. Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla de roble (*Tabebuia rosea* Bertold DC). *Rev. Fac. Nac. de Agronomía, Medellín.* 40(1): 45-61.
- Piedrahita, E. 1997. Imprimación osmótica y no-osmótica de semillas de *Pinus patula* (Schlecht y Cham). Medellín. Trabajo de Grado (Magister en Silvicultura y Manejo de Bosques). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 214p.
- Saxena, O.P.; Singh, G. 1987. Osmotic priming studies in some vegetable seeds. *Acta Horticulturae.* No.215:201-207.
- Simabukuro, E.A.; Gualtieri, S.C. 1992. Efeito do pré-tratamento osmótico e do ácido 3-indollil acético na germinacao de *Prosopis juliflora* SW (DC). *Revista Ceres.* 39(222):177-188.
- Wang, B.S.P.; Downie, B. 1995. Priming and invigoration of tree seeds: innovations in tropical tree seed technology. *In: Proceedings of the IUFRO Symposium of the Project Group P2.04.00. "Seed Problems". Arusha (Tanzania).* Sept. 7-10. 1995. p. 268-283.
- Wareing, P.F.; Van Staden, J.; Weeb, P. 1973. Endogenous hormones in the control of seed dormancy. *In: Heydecker, W.; ed. Seed Ecology.* London. Butterworths. pp.145-155.
- Williams, R. 1971. Stratified walnut (*Juglans regia*) seed still viable after four years in storage. *Tree Planter's Notes.* 22(4):1-2.

