

RESPUESTA DE LA SEMILLA DE CEDRO NEGRO (*Juglans neotropica* Diels) A LA APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

Jaime López Carvajal¹; Edgar Piedrahíta Cardona²

RESUMEN

*La semilla de cedro negro (*Juglans neotropica* Diels) presenta una baja capacidad germinativa, baja uniformidad de su germinación y latencia profunda, por lo cual se procedió a la aplicación de tratamientos pregerminativos cuyos efectos se evaluaron por medio de los parámetros capacidad germinativa, velocidad de la germinación, vigor y dispersión de la germinación.*

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Semillas Forestales de la Universidad Nacional de Colombia y en el invernadero del Jardín Botánico de Medellín. El experimento tuvo un diseño completamente al azar con ocho tratamientos, cuatro repeticiones y la unidad muestral (repeticón) estuvo conformada por 25 semillas. Los tratamientos aplicados fueron: estratificación durante 30 y 60 días, osmoacondicionamiento en soluciones con potenciales osmóticos de -0.5, -1.0 y -1.5 MPa y la combinación de osmoacondicionamiento en solución con un potencial de -1.0 MPa más estratificación durante 30 y 60 días y un testigo. Además se realizaron pruebas de contenido de humedad, de absorción de agua, de peso, tamaño, forma y viabilidad para caracterizar adecuadamente la semilla de cedro negro.

Los resultados obtenidos indicaron que los tratamientos de osmoacondicionamiento fueron efectivos para aumentar la velocidad de germinación y el vigor de la semilla, mientras que los tratamientos de estratificación no fueron efectivos para aumentar la capacidad germinativa ni para disminuir la dispersión de la germinación. Los tratamientos de osmoacondicionamiento más estratificación aumentaron la dispersión

¹ Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Apartado 1779.

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Apartado 568.

de la germinación. El efecto de ambos sobre la velocidad de germinación y el vigor son contrastantes, pues la combinación con 60 días de estratificación aumentó la velocidad de la germinación y el vigor; en cambio la combinación con 30 días de estratificación no fue efectiva para mejorar la capacidad germinativa, la velocidad ni el vigor de esta semilla.

Palabras clave: germinación, tratamientos pregerminativos, Juglans neotropica Diels, osmoacondicionamiento, estratificación

ABSTRACT

RESPONSE OF BLACK CEDAR (Juglans neotropica Diels) SEED AT THE APPLICATION OF PREGERMINATIVE TREATMENTS

The black cedar (Juglans neotropica Diels) seed showing a low germinative capacity, low synchronicity in its germination and deep dormancy, for this reason the application of germinative treatments was preceeded, which effects were evaluated by means of the parameters such as germinative capacity, speed germination, vigor and dispersion of germinative process.

The investigation was taken at Universidad Nacional Forestry Seed Laboratory and at the Botanical Garden Greenhouse in Medellin (Colombia). The experiment had a completely random design with 8 treatments, 4 repetitions and the sampling unit was formed by 25 seeds. The treatments applied were as follows: stratification during 30 and 60 day periods, osmopriming under osmotic potential of -0.5, -1.0 and -1.5 MPa and the combination of osmopriming under -1.0 MPa plus stratification during 30 and 60 days with a respective control. Besides, tests of humidity contents, water absorption, weight, size, shape and viability in order to describe the seed propely.

The results obtained, showed that osmopriming treatments were effective in increasing the speed germination and seed vigor, while stratification treatments were not effective in increasing germinative capacity nor decreasing germinative dispersion. In regard, the combined treatments both them produced a high dispersion (low uniformity) of germination. Their effect on speed germination and vigor were very contrast, because the combination with stratification for 60 days increaing the speed germination and vigor, but on the contrary, the combination with stratification for 30 days was not effective to improve the seed germinative capacity, speed and vigor.

Key words: germination, pretreatments, Juglans neotropica Diels, stratification, osmopriming.

INTRODUCCIÓN

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

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 ger-

minar hasta que ocurran complejos cambios fisiológicos en el embrión, los cotiledones o el endospermo. Cuando la causa de la latencia es física, ella corresponde 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. Estos pueden ser la estratificación, el almacenamiento en seco y el osmoacondicionamiento, los cuales permiten que ocurran cambios fisiológicos en la semilla, de tal forma que promuevan el inicio de la germinación.

Williams, 1971, en un estudio de almacenamiento de semillas de *J. regia* encontró 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 puede almacenarse a bajo contenidos de humedad (< 15%) durante largos períodos de tiempo sin perder la viabilidad.

Estratificación. Frecuentemente las semillas que se someten a estratificación contienen inhibidores y promotores del crecimiento (Frankland y Wareing citados por Wareing, Van Staden y Weeb, 1973), por lo que al efectuarse el tratamiento se altera el balance inhibidor/promotor que controla este tipo de latencia (Amen, 1968, Wareing y Saunders 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. Además, también reportaron que las semillas que se sembraban sin un período de estratificación presentaban plántulas cuyo aspecto general era atípico (enanas), mientras que las que se sometieron a estratificación 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 a que son sometidas las semillas de muchas especies de *Juglans* varían de unas cuantas semanas a varios meses. Para las especies de este género se han obtenido resultados muy favorables que aumentan su capacidad germinativa, principalmente con la utilización de períodos de estratificación de 1-6 meses, con los que se obtienen porcentajes entre 40-85% aproximadamente, los cuales se consideran aceptables dada la baja capacidad germinativa de las especies de *Juglans*.

Osmocondicionamiento. Heydeck er (1975), citado por Parera y Cantliffe (1994) define el osmocondicionamiento de semillas 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.

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 puede conseguirse poniendo las semillas en contacto con una solución acuosa de osmolaridad controlada, tal que permita a la semilla entrar en la fase II pero le impida entrar en la fase 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).

A la técnica también se le conoce con los nombres de imprimación, vigorización y fortalecimiento (Heydecker *et al.*, 1973) y tiene notables efectos sobre la germinación, la cual es más vigorosa, precoz y sincronizada (Brocklehurst y Dearman, 1983 (I); Brocklehurst *et al.*, 1987; Saxena y Sing, 1987, Hallgren, 1989; Simabukuro y Gualtieri, 1992; Wang y Downie, 1995).

Piedrahita (1997), aplicó esta técnica a semillas de *Pinus patula*. Los resultados mostraron que el

osmoacondicionamiento con nitrato de potasio (KNO₃) a un potencial de -0.6 MPa durante 12 días, en comparación con el testigo, redujo el tiempo de germinación inicial de 9 a 2 días; mejoró la potencia germinativa de 62.4% a 75% (20% más), el vigor (75% más), el crecimiento de las plántulas (20% más). La germinación también fue más uniforme pues el 50% de ésta se concentró en 5 días contra 13 días del testigo.

METODOLOGÍA

El ensayo de germinación se llevó a cabo 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 -Sede Medellín- (Colombia). La ciudad se encuentra a una altura de 1.420 msnm., con una precipitación media anual 1.450 mm, temperatura promedio de 21°C y una humedad relativa promedio de 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 muestral conformada por 25 semillas.

El ensayo se realizó en condiciones de invernadero para mantener los factores ambientales homogéneamente dispuestos (luz, agua, humedad relativa) durante el transcurso de la prueba.

Los tratamientos aplicados a la semilla fueron los siguientes:

TRATAMIENTOS	CÓDIGO	DURACIÓN (días)	TEMP. (°C)
Testigo	T1	-	-
Estratificación (30 días)	T2	30	3-5
Estratificación (60 días)	T3	60	3-5
Osmocondicionamiento (-0.5 MPa)	T4	15	15
Osmocondicionamiento (-1.0 MPa)	T5	15	15
Osmocondicionamiento (-1.5 MPa)	T6	15	15
Osmocond. (-1.0 MPa) + Estrat. (30 días)	T7	15 + 30	15 y 5
Osmocond. (-1.0 MPa) + Estrat. (60 días)	T8	15 + 60	15 y 5

Caracterización de la semilla. Se realizaron algunas pruebas para caracterizar adecuadamente las semillas de cedro negro, como fueron la determinación de su contenido de humedad (C.H.), peso, tamaño, forma, viabilidad y una prueba de absorción de agua.

Parámetros germinativos. Los parámetros que se evaluaron durante el proceso germinativo fueron la capacidad germinativa (en

porcentaje), la velocidad (en días), el 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 $IC = GDM \times VM$, 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 al dividir cada una de las germinaciones diarias acumulada por el correspondiente número de días para alcanzarla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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 una humedad relativa similar (Bonner, 1980).

Para el peso se obtuvo un valor promedio de 42.52 g por semilla (testa y embrión), pero al medir el espesor de la testa (4-5 mm) se encontró que era un valor muy 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 produjo principalmente por el grosor de la testa y no por poseer un embrión más grande.

El tamaño medido para las semillas de *J. neotropica* fue de 4.46 cm en el plano transversal y de 4.58 en el plano longitudinal, valores que resultan superiores a los de muchas otras especies de *Juglans* (Luna,

1979). En cuanto a la forma, se encontró un índice medio de redondez (R) de 0.97, valor muy cercano a 1.0, lo que indica que es una semilla casi redonda.

Su viabilidad arrojó un valor promedio de 93%, lo que indica una buena conformación del lote de semillas utilizado en ésta 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, como se observa en la Figura 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 en 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, partiendo desde un 16% hasta alcanzar un 23%, aproximadamente, nivel 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% aproximada-

mente). En ella hay una suspensión parcial de la absorción de agua y según Bewley y Black, 1983, en dicha fase se presentan los eventos metabólicos esenciales para la germinación.

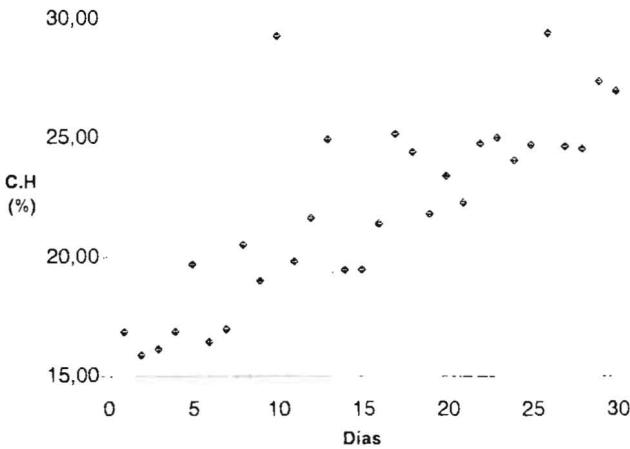


Figura 1. Cinética de absorción de agua pura por la semilla de cedro negro

Por último, se dio inicio a 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 se analizaron a partir de los resultados del ensayo de germinación, el cual se extendió durante un lapso de 180 días para visualizar completamente el comportamiento de la germinación después de aplicados los tratamientos.

Las curvas de germinación diaria acumulativa, como se observa en la Figura 2, presentaron una tendencia de crecimiento con forma sigmoïdal (S). En la figura se observan dos grupos. El primero de ellos conformado por los tratamientos de osmoacondicionamiento (T4, T5, T6) y la combinación de osmoacondicionamiento más estratificación durante 60 días (T8), el cual 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), el cual alcanzó un promedio de 18.8% de germinación. Con el fin de analizar estadísticamente la desigualdad entre los dos grupos se aplicaron contrastes ortogonales, los cuales arrojaron como resultado la inexistencia de diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los dos grupos indicados.

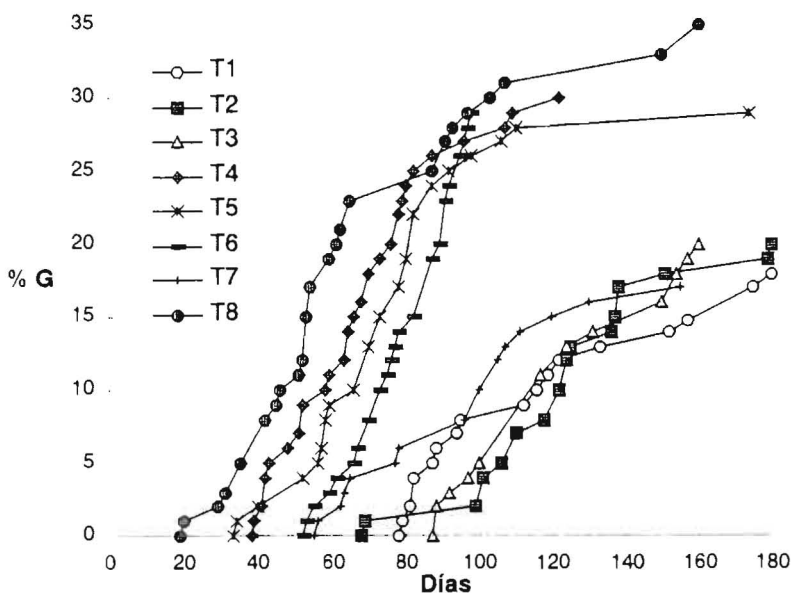


Figura 2. Germinación acumulada para el testigo y los pretratamientos aplicados a la semilla de cedro negro.

Pero antes de aceptar la validez de este resultado es de suma importancia mencionar el gran porcentaje de semillas deterioradas que se contabilizaron al finalizar el ensayo de germinación y que en total representaron más de la mitad (52%) de toda 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.

La causa del 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% del volumen total del sustrato. Ésto 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 estuvieron sometidas a una sobre-humectación que posiblemente empezó a deteriorar las semillas menos vigorosas.

En este punto, hay que resaltar que el riego no se aplicó hasta producir encharcamiento, sino para mantener la humedad del sustrato en un 60% en volumen y tal como lo recomienda el ISTA para los ensayos de germinación; pero parece que ésta cantidad de humedad fue sumamente perjudicial para las semillas, especialmente para las más débiles y lentas, es decir, para las menos vigorosas. En cambio, para las semillas que conservaron su latencia durante un tiempo más prolongado, su resistencia a las condiciones prevalecientes de humedad fue mayor, tal como se presentó en los tratamientos de estratificación (T2-T3) y el testigo (T1), con lo que se comprobó que su permanencia en estado latente le permitió a la semilla una mayor resistencia contra 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. Igualmente, la cantidad de semillas muertas (8%) 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%) corres-

ponde a la fracción no latente que se encontraba próxima a germinar (Figura 3).



Figura 3. Categorías de semillas presentes al finalizar el ensayo de germinación.

Aún con todo lo anterior, es importante destacar que los resultados arrojados por el ensayo de germinación 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 ensayados. Esto se produjo porque los datos de la capacidad germinativa se obtuvieron al finalizar la prueba, es decir, 180 días después de sembradas las semillas; mientras que para los demás parámetros los datos se obtuvieron en el inicio o durante el

transcurso de la prueba.

Capacidad germinativa. Los resultados arrojados por esta investigación indican que los períodos de 30 y 60 días de estratificación no fueron efectivos para superar la latencia y promover la germinación en las semillas de cedro negro (Tabla 2). Quizás se requieren períodos superiores a 90 días como se ha comprobado para otras especies de *Juglans*. Martin *et al.* (1969) encontraron que la cantidad de inhibidores en semillas de *J. regia* decreció cuando fueron sometidas a estratificación durante

períodos de 60 a 120 días. Igualmente, Somers *et al.* (1989) descubrieron que en semillas de *J. nigra*, ocurre una disminución del ácido abscísico (ABA) y un aumento

de las citoquininas a medida que aumentaban el tiempo de estratificación, el cual llegó hasta los seis meses.

Tabla 2. Capacidad germinativa para el testigo y los pretratamientos aplicados a la semilla de cedro negro.

TRATAMIENTO	SÍMBOLO	% GERMINACIÓN
Osmoacond. (-1.0 MPa) + Estratif. (60 días)	T8	35.0
Osmoacondicionamiento (-0.5 MPa)	T4	30.0
Osmoacondicionamiento (-1.0 MPa)	T5	29.0
Osmoacondicionamiento (-1.5 MPa)	T6	29.0
Estratificación (30 días)	T2	20.0
Estratificación (60 días)	T3	20.0
Testigo	T1	18.0
Osmoacond. (-1.0 MPa) + Estratif. (30 días)	T7	17.0

Los tratamientos de osmoacondicionamiento (T4, T5, T6) no fueron efectivos para aumentar significativamente la capacidad germinativa en estas semillas, pero la literatura generalmente no los reporta como muy efectivos 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 citados 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 unos 10-15 días germinaron algunas de ellas, lo que confirma que la semilla de cedro negro presenta una doble latencia, es decir, una de ellas producida por las condiciones internas del embrión y la 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 o ruptura de la testa parece ser un procedimiento efectivo 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 que su utilización produce la destrucción de una 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 osmocondicionamiento, principalmente el tratamiento combinado de osmocondicionamiento más estratificación durante 60 días (T8), el cual imprimió 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 efectivo mientras que el T8 fue el más efectivo de todos los tratamientos ensayados para aumentar la velocidad de germinación.

Una posible explicación para ello puede relacionarse 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 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 después del secado como ha sido reportado para otras semillas por Brocklehurst y Dearman, 1983.

cos ensayados (-0.5, -1.0 y -1.5 MPa) produjeron resultados similares entre sí, como se observa en la Figura 4, lo que es de gran importancia porque demuestra la plasticidad de estas semillas para soportar un rango amplio 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 ensayados es relevante, porque se disminuyen las posibilidades de provocar una inhibición de la germinación al someterlas a potenciales osmóticos muy bajos.

Además, los potenciales osmóti-

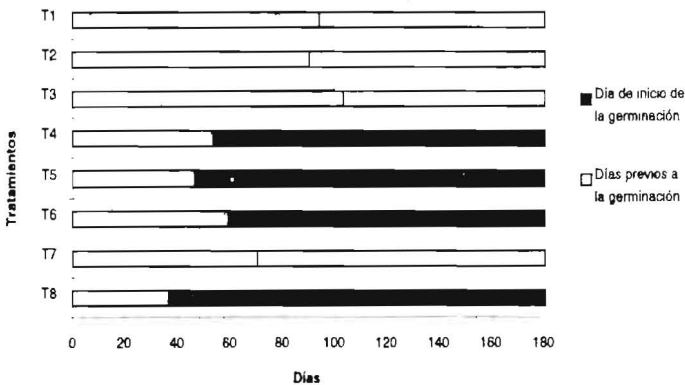


Figura 4. Velocidad de germinación (Días requeridos para el inicio de la germinación)

Vigor germinativo. Los resultados muestran, como se observa en la Figura 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 rápida germinación de las semillas de cedro negro. Esto se reflejó en un valor germinativo (I.C) mayor que el de los otros tratamientos ensayados, siendo con-

sistente con otras investigaciones en donde bajo condiciones de osmoacondicionamiento similares, 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. Además, como menciona Piedrahita (1987), la velocidad de germinación es un factor de gran importancia para las especies forestales, debido a la alta competencia que se presenta en las primeras etapas de crecimiento.

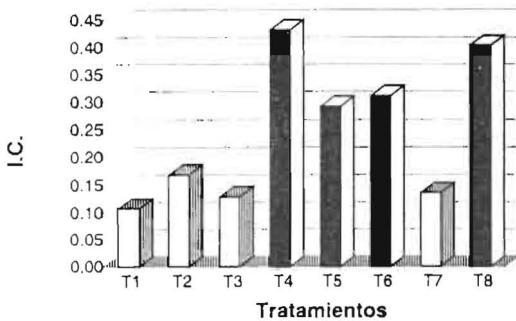


Figura 5. Vigor de la semilla (Valor germinativo de Czabator) por efecto de los pretratamientos.

Los tratamientos combinados presentaron efectos similares a los encontrados para la velocidad de germinación, es decir, el osmoacondicionamiento más estratificación durante 30 días (T2) no mejoró el vigor respecto al

testigo, mientras que la combinación de osmoacondicionamiento más estratificación durante 60 días (T8) sí mejoró el vigor.

Dispersión de la germinación. La dispersión se estimó por medio de

las desviación estándar (d.s.) de los datos. Los resultados indican que existen 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 tratamiento combinados de osmoacondicionamiento y estratificación (T7 y 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 como se observa en la Figura 6.

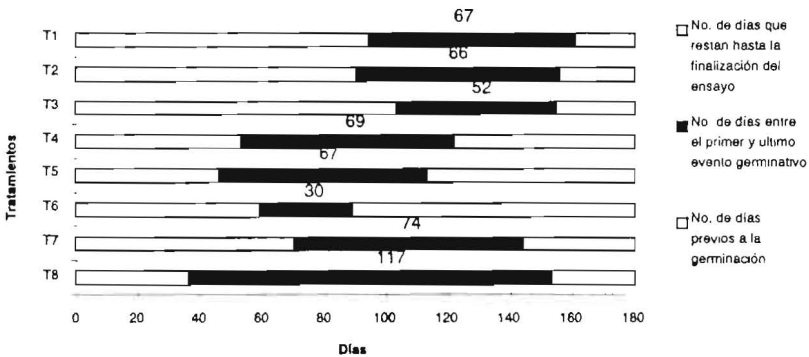


Figura 6. Dispersión de la germinación (número de días existentes entre el primer y último evento germinativo).

El tratamiento de osmoacondicionamiento 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 dispersa en un período de 67 días.

CONCLUSIONES

- Los tratamientos de osmoacondicionamiento bajo los tres potenciales osmóticos ensayados (-0.5, -1.0 y -1.5 MPa) fueron muy efectivos 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 efectivos para superar la latencia profunda que presenta esta especie por lo que probablemente se requieren períodos de estratificación mayores a los ensayados, posiblemente entre 90 y 120 días.
- Se destaca la combinación de los tratamientos de osmoacondicionamiento (-1.0 MPa) y estratificación durante 60 días (T8) como el tratamiento más efectivo para aumentar la velocidad y el vigor de la semilla de cedro negro.
- El tratamiento combinado de osmoacondicionamiento (-1.0 MPa) más estratificación durante 30 días (T7) no fue efectivo para aumentar la velocidad, el vigor ni la capacidad germinativa. **A d e m á s a u m e n t ó** significativamente la dispersión de la germinación.
- El tratamiento de osmoacondicionamiento 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) tuvo una duración de 14 días, la de equilibrio dinámico (II) fue de 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

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

BIBLIOGRAFÍA

- ATWATER, B.R. Germination, dormancy and morphology of the seeds of herbaceous ornamental plants. *E n* : Seed Science and Technology. Vol. 8 (1980); p.523-573
- BEWLEY, J.D. and M. BLACK. Physiology and biochemistry of seeds. Berlin: Springer-Verlag, 1983. v.1. 306 p.
- BONNER, F.T. Measurement of seed moisture in *Carya ovata* and *Juglans nigra*. Washington: USDA Forest Service, 1980. p.33-39.
- BROCKLEHURT, P.A. and J. DEARMAN. Interaction between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. Y. Laboratory germination. *En: Annual Applied Biology*. Vol. 102, No.3 (1983); p. 577-584.
- _____ *et al.* Recent development in osmotic treatment of vegetable seeds. *En: Acta Horticulturae*. Vol. 215 (1987); p. 193-200.
- CZABATOR, F. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *En: Forest Science*. Vol. 3, No. 4 (1962); p. 386-396.
- CHASE, S.B. Eastern black walnut (*Juglans nigra*) germination and seedbed studies. *En: Journal of Forestry*. Vol. 45 (1947); p. 661-668.
- DENNIS, F.G. Dormancy: what we know (and don't know). *En: Hortscience*. Vol. 21, No. 11 (1994); p.1249-1255.
- GORDON, A.G. and ROWE, D.C.F. Seed manual for ornamental trees and shrubs. *En: Forestry Commission Bulletin* 59 (1982); 132 p.
- _____ *et al.* Tree and shrub seed handbook. Zurich: International Seed Testing Association, 1991.
- HALLGREN, S.W. Effect of osmotic priming using aerated solutions of polyethylene glycol on germination of pine seeds. *En: Annual Science Forest*. Vol. 46 (1989); p. 31-37.
- HEYDECKER, W. *et al.* Accelerated germination by osmotic seed treatment. *En: Nature*. Vol. 246, No. 5247 (1973); p. 42-44.
- _____ . Invigoration of seeds? *En: Seed Science and Technology*. Vol. 3. Nos. 3/4 (1975); p. 881-888.
- JETT, L.W. y G.E. WELBAUM. A comparison of broccoli seed priming treatments. *En: Hortscience*. Vol. 32 (1997); p. 553-557.

- LABOURIAU, L.G. A germinação das sementes. *En: Serie de biología. Monografía No 24 (1983); 174p.*
- LUNA, F. El nogal: producción de fruto y madera. Madrid: Ministerio de Agricultura, 1979. 118 p.
- MARTIN, G.C. *et al.* Changes in endogenous growth substances in the embryos of *Juglans regia* during stratification. *En: Journal American Society for Horticultural Science. Vol. 94 (1969); p.13-17.*
- PARERA, C.A. and D.J. CANTLIFFE. Presowing seed priming. *En: Horticultural Review. No. 16 (1994); p.109-141.*
- PIEDRAHITA, E. Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla de roble (*Tabebuia rosea* Bertold DC). *En: Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. Vol. 40, No. 1 (1987); p.45-61*
- PIEDRAHITA, E. Imprimación osmótica y no-osmótica de semillas de *Pinus patula* (Schlecht & Cham.). Medellín, 1997. 214 p. Trabajo de Grado (Magister en Silvicultura y Manejo de Bosques). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- SAXENA, O.P. and G. SINGH. Osmotic priming studies in some vegetable seeds. *En: Acta Horticulturae. No. 215 (1987); p.201-207.*
- SIMABUKURO, E.A. e S.C. GUALTIERI. Efeito do pré-tratamento osmótico e do ácido 3-indolil acético na germinação de *Prosopis juliflora* SW(DC). *En: Revista Ceres. Vol. 39, No.222 (1992); p.177-188*
- WANG, B.S.P. and B. DOWNIE. Priming and invigoration of tree seeds: innovations in tropical tree seed technology. *En: Proceedings of the IUFRO Symposium of the Project Group P.2.04.00. "Seed Problems". Arusha (Tanzania). sept. 7-10. 1995. p.268-283.*
- WAREING, P.F.; VAN STADEN, J. and WEEB, P. Endogenous hormones in the control of seed dormancy. *En: HEYDECKER, W; ed. Seed ecology. London: Butterworths, 1973. p.145-155.*
- WILLIAMS, R. Stratified walnut (*Juglans regia*) seed still viable after four years in storage. *En: Tree Planter's Notes. Vol. 22, No. 4 (1971); p.1-2.*