

# MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD FÍSICA DE UN LOTE DE SEMILLA ALMACENADA DE *ALNUS JORULLENSIS*, *CEDRELA ODORATA* Y *CORDIA ALLIODORA* A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS PREVAC E IDS<sup>1</sup>

**Palabras clave:** Semillas, técnicas Prevac e IDS, *Alnus jorullensis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, Colombia.  
**Key words:** Seeds, PREVAC and IDS techniques, *Alnus jorullensis*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, Colombia.

Diego Fernando Vélez Sánchez<sup>2</sup>

## RESUMEN

Las técnicas Prevac (vacío-presión) e IDS (incubación-secado-separación) se han utilizado para mejorar la calidad física de lotes de semillas forestales almacenadas. Su eficacia está aprobada en especies como *Pinus caribea* y *Pinus oocarpa*. En la investigación desarrollada se aplicaron dichas técnicas con el fin de evaluar su potencial de uso en semillas de *Alnus jorullensis*, *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*. Los resultados obtenidos indican que las técnicas Prevac e IDS fueron efectivas en *Alnus jorullensis* y *Cedrela odorata*, ya que se logró mejorar la calidad física del lote. En la especie *Cordia alliodora* solo la técnica Prevac arrojó buenos resultados, la técnica IDS no fue efectiva porque las semillas no soportaron el proceso de incubación utilizado.

## ABSTRACT

The PREVAC (void - pressure) and IDS (incubation - drying - separation) techniques have been used to enhance the physical quality in lots of stored forest seed. It have been proved their efficacy in species like *Pinus caribea* and *Pinus oocarpa* (Simak 1984, citado por Willan, 1991). In the present investigation were applicated those techniques in *Alnus jorullensis*, *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora* seeds with the purpose of evaluate in laboratory their potential use. The results obtained indicate that PREVAC and IDS

techniques were effective in *Alnus jorullensis* and *Cedrela odorata* seeds, because it was enhanced the physical quality of de lot. In *Cordia alliodora* the IDS technique wasn't effective because seeds didn't resist the incubation process used, instead PREVAC technique have given good results.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más importantes dentro de la manipulación de semillas forestales es mejorar la calidad física de un lote de semillas que ha sido almacenado, con el fin de utilizar para la producción de plántulas, solo aquellas semillas que después de almacenadas, mantienen características físicas adecuadas, separando aquellas deterioradas, que presentan daño mecánico o fisiológico. Para esto se han desarrollado algunas técnicas como el Prevac y la IDS. La investigación desarrollada tuvo por objetivo determinar el potencial de uso en laboratorio de estas técnicas en semillas de *Alnus jorullensis*, *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*. Al aplicarlas, se logró seleccionar las semillas que después del almacenamiento mantenían características físicas adecuadas en *Alnus jorullensis* y *Cedrela odorata*. En el caso de *Cordia alliodora*, solo con la técnica Prevac se obtuvieron resultados importantes en cuanto a separación de semillas con daño mecánico. La técnica IDS no fue efectiva, las semillas no soportaron el proceso de incubación utilizado en esta investigación.

<sup>1</sup> Resumen de trabajo de investigación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal. Este proyecto fue auspiciado por la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Conif), a través del programa Insefor y contó con la colaboración de la empresa Serrano Gómez S.A. Bogotá. D.C.

<sup>2</sup> Ingeniero Forestal. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. La investigación fue orientada por el Ingeniero Forestal Javier Rodríguez, de Conif.

## OBJETIVO GENERAL

Mejorar la calidad física de un lote de semillas almacenadas de *Alnus jorullensis*, *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*, a través de la aplicación de las técnicas Prevac (vacío-presión) e IDS (incubación, secado y separación).

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- \* Evaluar la aplicación de las técnicas PREVAC e IDS en semillas almacenadas de las tres especies forestales en estudio.
- \* Llevar a cabo en laboratorio, bajo condiciones controladas y utilizando los protocolos de germinación desarrollados para estas especies, pruebas de germinación a las semillas tratadas con estas dos técnicas.
- \* Determinar la germinación total, la energía germinativa y el valor de germinación mediante el índice Czabator para cada ensayo de germinación realizado con semillas tratadas bajo estas dos técnicas en cada especie forestal.
- \* Desarrollar la metodología, para la aplicación del proceso técnico PREVAC e IDS, en los lotes de semillas almacenadas de las tres especies forestales en estudio.

## ANTECEDENTES

La técnica IDS fue desarrollada por Simak en 1981 (Citado por Willan, 1991), con el fin de separar las semillas llenas viables, de las llenas pero no viables después del almacenamiento; aplicó esta técnica en un lote de semillas de *Pinus sylvestris*, utilizando 10 kg de semillas, cuya germinación inicial era de 67%. Como resultado se obtuvieron dos fracciones de semillas, la primera (sin deterioro fisiológico) correspondió al 7,3% de las semillas, las cuales reportaron un 90% de germinación, y la segunda (con deterioro fisiológico) que era el 2,7% de las semillas, tuvo una germinación del 13%. Por otra parte Lestander y Bergsten, en 1982 (citados por Willan, 1991) desarrollaron una técnica para separar las semillas que presentan daño mecánico, de aquellas que no

lo presentan, a través de separación por centrifugado. Esta técnica fue aplicada en un lote de semillas de *Pinus sylvestris*, y como resultado las semillas separadas con daño mecánico presentaron una germinación de 3% y las semillas libres de daño un 85%

Posteriormente, Bergsten, en 1983 (citado por Willan, 1991) desarrolló la técnica Prevac, usada también para separar semillas con daño mecánico, pero basándose en la separación por vacío - presión.

Las dos técnicas se han utilizado con buenos resultados, para mejorar la calidad física de lotes de semillas en *Pinus caribea* y *Pinus oocarpa* (Simak, 1984; citado por Willan, 1991). En *Pinus caribea*, la utilización de ambos tratamientos mejoró la germinación del 75% original del lote al 91% y en *Pinus oocarpa* del 93% del testigo, al 99% en la semilla seleccionada. En 1989 Bergsten y Sundberg, (citados por Poulsen, 1993) aplicaron la técnica IDS, a un lote de semillas de *Cupressus lusitanica*. Con esta aplicación se incrementó el porcentaje de germinación de un 15% original, a uno entre 55% a 65% en las mejores fracciones.

## MARCO CONCEPTUAL

La semilla de escasa calidad, aun estando en condiciones de almacenamiento ideales, pierden rápidamente su viabilidad. Uno de los principales problemas dentro del almacenamiento es el riesgo al deterioro (Araujo y Bergemann, citados por Trujillo, 2001). Existen factores que afectan la viabilidad de las semillas almacenadas como son el daño mecánico y el deterioro fisiológico, producto de una inadecuada manipulación durante la extracción, limpieza, separación de alas, transporte, acopio, etc.; como consecuencia, las semillas pierden rápidamente su viabilidad (Willan, 1991).

Existen algunas técnicas para mejorar la calidad física de lotes de semillas, dentro de las cuales se encuentra la Prevac, que separa semillas libres de daño mecánico de aquellas que sí lo presentan, aplicando vacío y posteriormente presión, para

que las semillas con tal daño (grietas o rajaduras) en la cubierta seminal tomen agua más rápido que las de la cubierta seminal intacta. De esta forma las semillas con daño mecánico, por tomar mayor cantidad de agua, ganan más peso y se hunden, mientras que las que no poseen daño mecánico toman menor cantidad de agua, por lo que su ganancia en peso es mucho menor y no es suficiente para sumergirse, de manera tal que quedan flotando en el agua (Willan, 1991).

Otra de las técnicas es la IDS (incubación-secado-separación), que separa las semillas con deterioro fisiológico expresado en tejido embrionario muerto de aquellas que no lo presentan. La separación se hace a través de la incubación, el secado y la separación por flotación; en la incubación, el embrión de las semillas toma agua lentamente, sin que se llegue a la emergencia de alguna estructura funcional como radícula o plúmula. En el secado, las semillas que tienen tejido embrionario muerto liberan más rápido el agua tomada durante la imbibición, ya que el tejido muerto no es capaz de retenerla, mientras que las semillas con el embrión vivo sí son capaces de retener el agua embebida, para posteriormente utilizarla en el proceso de germinación. En la separación, las semillas, una vez se han secado, se colocan en agua, y aquellas que perdieron más rápido el agua embebida flotan (semillas con tejido embrionario muerto), mientras que las semillas que retuvieron el agua embebida se hunden (semillas sin tejido embrionario muerto) (Willan, 1991).

## METODOLOGÍA Y MATERIALES

La aplicación de la técnica Prevac, se realizó en la empresa Serrano Gómez S.A. y la aplicación de la técnica IDS, así como los ensayos de germinación, se realizaron en el laboratorio de semillas forestales de Conif. Para la aplicación de la técnica Prevac se utilizó una autoclave piloto de laboratorio, y para la aplicación de la técnica IDS se utilizó para la incubación un recipiente hermético, el cual estaba contenido en una estufa germinadora, con control de temperatura y humedad relativa. El secado se hizo en

una estufa germinadora y la separación se llevó a cabo en agua. En la primera instancia se adelantaron preensayos de las técnicas en los lotes de semillas seleccionados para cada una de las especies; el objetivo de estos fue calibrar la metodología propuesta por Simak (1984) para la aplicación de las técnicas. A partir de los preensayos, se especificaron las metodologías del proceso técnico Prevac e IDS para cada una de las especies, las cuales fueron: aplicación de la técnica Prevac en *Alnus jorullensis*: 1. Vacío durante 15 minutos a 7 psi. 2. A 7 psi de vacío, inyección del agua esterilizada a 20 °C, a través del sistema de caudal, hasta llenar completamente el autoclave piloto. 3. Liberación del vacío del autoclave piloto. 4. Presión a 1 psi durante 15 minutos, aplicándola con intervalos de 2 minutos. 5. Liberación de la presión y desalojo del autoclave. 6. Separación de la fracción de semillas sin daño mecánico, de aquellas que sí lo presentaban.

La metodología para la aplicación de la técnica Prevac en *Cedrela odorata*, con respecto a la anterior, varió en: 1. Vacío durante 20 minutos a 7 psi. 4. Presión a 1 psi durante 25 minutos, aplicándola con intervalos de 2 minutos. Con relación a la metodología para la aplicación de la técnica Prevac en *Cordia alliodora*, esta varió respecto a la primera expuesta en: 1. Vacío durante 15 minutos a 7 psi. 4. Presión a 1 psi durante 15 minutos, aplicándola con intervalos de 2 minutos.

La metodología para la aplicación de la técnica IDS en *Alnus jorullensis*: 1. Incubación de las semillas, entre papel filtro corrugado húmedo a 15 °C ( 2 °C, con una humedad relativa del 100%, durante 3 días. 2. Secado de las semillas, durante 10 minutos a 20 °C, con una humedad relativa de 35%. 3. Separación de las semillas, en agua, a temperatura ambiente durante 5 minutos.

La metodología para la aplicación de la técnica IDS en *Cedrela odorata*, varió con respecto a la primera en: 2. Secado de las semillas, durante 15 minutos a 20 °C, con una humedad relativa de 35%. Con relación a la metodología para la aplicación de la técnica IDS en *Cordia alliodora*, esta

varió respecto a la primera en: 2. Secado de las semillas, durante 70 minutos a 20 °C, con una humedad relativa de 35%.

Con las metodologías ya ajustadas, se llevó a cabo la aplicación de las técnicas y posteriormente se realizaron los ensayos de germinación. Al aplicar las técnicas Prevac, se obtuvieron dos fracciones de semillas (semillas con daño mecánico y semillas sin daño mecánico), las primeras se sembraron inmediatamente, ya que éstas constituían uno de los tratamientos considerados dentro del diseño experimental.

Las segundas se pasaron rápidamente a la aplicación de la técnica IDS, con el fin de remover aquellas llenas, sin daño mecánico, pero muertas. Primero se incubaron, después se secaron y por último se hizo la separación. Las fracciones de semillas obtenidas en la técnica IDS (semillas con deterioro fisiológico y semillas en buen estado fisiológico que correspondían a las de buena calidad física) se sembraron inmediatamente, ya que también correspondían a tratamientos considerados en el diseño experimental.

La prueba de germinación para *Alnus jorullensis* se llevó a cabo en una estufa de germinación y para *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* se realizó en un cuarto de germinación. Para llevar a cabo las pruebas se utilizaron los protocolos para germinación en laboratorio (Rodríguez, 2001). Se utilizó por especie un diseño experimental de bloques completos al azar, con 4 tratamientos y 6 repeticiones por tratamiento y la unidad experimental fue de 25 semillas.

Los tratamientos fueron: 1. T1(A): semillas con daño mecánico. 2. T2 (B): semillas con deterioro fisiológico. 3. T3 (C): semillas sin daño mecánico y sin tejido embrionario muerto, las cuales se catalogaron como aquellas de buena calidad física y 4. T4 (D): semillas testigo; la germinación se registró diariamente desde el inicio del ensayo hasta 30 días después. Al término del período del ensayo se calculó la germinación total, la energía germinativa y el valor de germinación. La interpretación de los resultados experimentales se llevó a cabo mediante la aplicación de la técnica del Anava para clasificaciones dobles.

**Tabla 1.** Resultados obtenidos al aplicar las técnicas Prevac e IDS en *Alnus jorullensis*.

TRATAMIENTOS	GERMINACIÓN TOTAL (%)	ENERGÍA GERMINATIVA (%)	VALOR DE GERMINACIÓN TOTAL*
T1 (A)	11 A B	9 B C	0.2080
T2 (B)	9 B	8 A C	0.2707
T3 (C)	44	31	3.7472
T4 (D)	20 A	16 A B	0.6275

Promedios con igual letra no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha=0,05$  y  $\alpha=0,01$ .

Fuente: El autor.

**Tabla 2.** Resultados obtenidos al aplicar las técnicas Prevac e IDS en *Cedrela odorata*.

TRATAMIENTOS	GERMINACIÓN TOTAL (%)	ENERGÍA GERMINATIVA (%)	VALOR DE GERMINACIÓN
T1 (A)	38.00 A	28.00 A	8.815 A
T2 (B)	24.67 A	18.00 A	7.483 A
T3 (C)	84.67	66.00	78.637
T4 (D)	66.67	46.67	37.475

Promedios con igual letra no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  y  $\alpha=0.01$ .

Fuente: El autor

**Tabla 3.** Resultados obtenidos al aplicar las técnicas Prevac e IDS en *Cordia alliodora*.

TRATAMIENTOS	GERMINACIÓN TOTAL (%)	ENERGÍA GERMINATIVA (%)	VALOR DE GERMINACIÓN (%)
T1 (A)	35.34 B C	-	-
T2 (B)	22.67 A C	-	-
T3 (C)	38.67 A B	-	-
T4 (D)	62.67	-	-

Promedios con igual letra no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  y  $\alpha=0.01$ .

Fuente: El autor

## RESULTADOS

Se transformaron los resultados de porcentaje de germinación total en *Alnus jorullensis*, *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*, y los resultados de porcentaje de energía germinativa en *Alnus jorullensis* y *Cedrela odorata*, utilizando la fórmula  $Y = \arcsenox$  (Reyes, 1990), (Tablas 1-3).

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### ALNUS JORULLENSIS

Germinación total (%): Según el Anava, se presentó una diferencia estadística altamente significativa, entre las germinaciones de los tratamientos T3 (C) y T4 (D), el hecho de haber mejorado la germinación de un 20% de las semillas testigo, a un 44% en las semillas seleccionadas, indica que

al aplicar las técnicas Prevac e IDS, se logró separar las semillas que después de almacenadas no tenían afectada su calidad física, ya que no presentaban daño mecánico, ni deterioro fisiológico, como consecuencia de las labores de manipulación a que se había sometido el lote desde la recolección hasta su almacenamiento. Así mismo, es importante considerar que el lote utilizado presentaba un período de almacenamiento de 24 meses, de manera tal que fue posible hacerlo más eficiente en cuanto a germinación.

Estos resultados sugieren que posiblemente, al llevar a vivero estas técnicas, su aplicabilidad y efectividad pueden ser buenas, si se tiene en cuenta para este caso que un lote que se encuentra en el 20% de germinación puede llegar a ser poco utilizado, e incluso descartado para la producción de

plántulas, por el incremento que genera en la utilización de materiales, insumos, infraestructura y mano de obra, mientras que un lote por encima de este valor es más factible de ser utilizado para producción de material vegetal.

Entre la germinación obtenida en los tratamientos T3 (C) y T1 (A), se presentó una diferencia estadística altamente significativa; esto demuestra la presencia en el lote de semillas que habían sufrido daño mecánico durante su manejo y/o almacenamiento, y que este tipo de deterioro de las semillas separadas por la técnica Prevac incidió en la pérdida de su viabilidad. El tratamiento T1 (A) presentó germinación en semillas que fueron separadas por presentar daño mecánico, debido a que probablemente en algunas semillas el daño mecánico presente correspondió a grietas superficiales en la cubierta seminal, las cuales no afectaron la integridad física del embrión y por lo tanto no afectaron su viabilidad.

Entre la germinación de los tratamientos T3 (C) y T2 (B) se encontró también una diferencia estadística altamente significativa. En el lote utilizado para las pruebas, aparte de las semillas con daño mecánico, también se presentaron semillas con deterioro fisiológico; este tipo de daño disminuyó la capacidad de germinación de aquellas semillas que lo presentaban; la presencia de este tipo de deterioro pudo deberse a una inadecuada manipulación de las semillas en alguna de sus etapas de manejo o a su tiempo de conservación bajo condiciones de almacenamiento. En las semillas que fueron separadas con tejido embrionario muerto se presentó una germinación de 9%, debido posiblemente a que estas semillas germinadas presentaban tejido muerto en el embrión, pero no en sus partes esenciales, como la radícula o la plúmula, tal vez presentaron necrosis parcial en el tejido cotiledonar, de manera tal que el embrión logró desarrollar las partes esenciales y producir una plántula.

**Energía germinativa (%):** De acuerdo con el Anava, se presentó una diferencia estadística significativa entre los valores de energía germinativa de los tratamientos T3 (C) y T4 (D), por lo tan-

to, las semillas que se seleccionaron como aquellas de buena calidad física, presentaron una mayor velocidad de germinación y un mejor vigor de germinación, respecto a los valores originales del lote; en la Figura No. 1, se observa que las semillas con T3 (C) germinaron más rápido y su período de energía fue de 13 días, mientras que las semillas testigo germinaron más lento y su período de energía fue de 17 días; así mismo, al comparar la cantidad de semillas germinadas dentro del período de energía, se pudo observar que con T3 (C) hubo una germinación de 31% y en T4 (D) de 16%. Lo anterior demuestra que las semillas de buena calidad física, al presentar una mejor energía germinativa, pueden producir casi el doble de plántulas vigorosas con respecto a las producidas con las semillas testigo. Por otra parte, el proceso de incubación a que fueron sometidas las semillas con T3 (C) también contribuyó a que germinaran con mayor velocidad, ya que se aportó agua por imbibición al embrión, de manera tal que se dio inicio a la fase de hidratación y respiración; en consecuencia, en el momento de ser sembradas estaban listas para iniciar la fase de germinación, seguida de la fase de crecimiento y por último de la de desarrollo del germen, mientras que en las semillas testigo, se iniciaron todas sus fases de germinación en el momento de la siembra.

Se presentó una diferencia estadística altamente significativa entre los valores de energía germinativa de los tratamientos T3 (C) y T1 (A), y entre T3 (C) y T2 (B), lo cual indica que el daño mecánico y el deterioro fisiológico, además de incidir en la pérdida de la viabilidad, en aquellas semillas que germinaron con estos tipos de deterioro, disminuyeron su velocidad y vigor de germinación; en la Figura 2 se observa que las semillas de T1 (A), respecto a las semillas de T3 (C) y T2 (B), también respecto a las de T3 (C), germinaron más lento y sus períodos de energía fueron con T1 (A), de 17 días, y con T2 (B): de 14 días, frente a los 13 días observados con T3 (C). Al ver la cantidad de semillas germinadas dentro del período de energía, se pudo determinar que con T1 (A) hubo una germinación de 9% y con

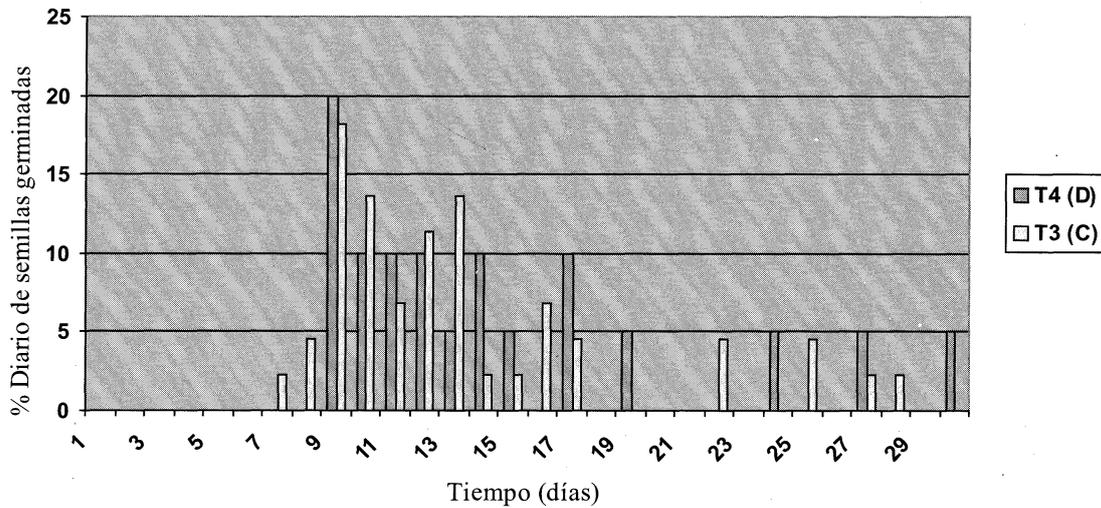


Figura 1. Comparación entre los porcentajes diarios de semillas germinadas obtenidos en los tratamientos T3 (C) y T4 (D) en *Alnus jorullensis*.

T2 (B), de 8%, mientras que con T3 (C), como ya se comentó, fue de 31%. Este comportamiento demuestra que el daño mecánico y el deterioro fisiológico, afectaron la velocidad y vigor de germinación y pueden disminuir la producción de plántulas vigorosas.

**Valor de germinación total:** Debido al comportamiento de los datos en *Alnus jorullensis*, no se pudo calcular el valor de germinación para cada repetición en cada uno de los tratamientos, por lo tanto se calculó el valor de germinación total individualmente. Se hicieron comparaciones directas con los valores de germinación total obteni-

dos. Entre los valores de germinación con T3 (C) y T4 (D), se observó que el valor de T3 (C) es casi seis veces mayor que el presentado con T4 (D), esto muestra que efectivamente las semillas seleccionadas de buena calidad física presentaron una mejor germinación y una mayor velocidad de germinación, respecto a los valores que presentaba originalmente el lote, validando de esta forma los resultados obtenidos en la germinación total y en la energía germinativa.

Entre T (C) y T1 (A) y entre T3 (C) y T2 (B), se determinó que el valor de germinación total de T3 (C) es 18 veces mayor que el presentado por

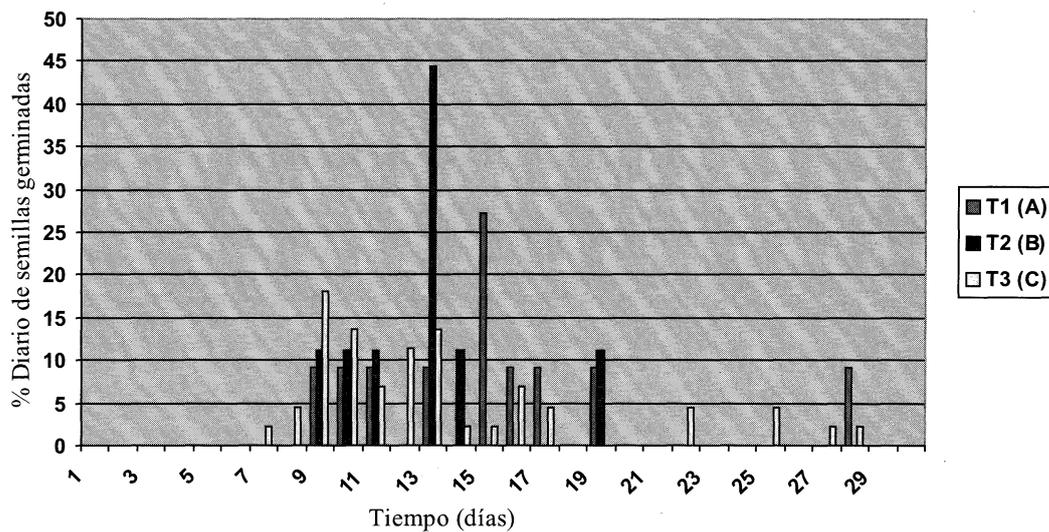


Figura 2. Comparación entre los porcentajes diarios de semillas germinadas obtenidos en los tratamientos T3 (C) y T1 (A) y entre T3 (C) y T2 (B) en *Alnus jorullensis*.

T1 (A) y casi 14 veces mayor respecto a T2 (B). Estos resultados son consecuentes con los obtenidos para estos tratamientos en la germinación total y la energía germinativa, ya que se encuentran expresados en este valor.

En estos parámetros de evaluación, los tratamientos T1 (A) y T2 (B) no presentaron diferencias de significancia estadística, por lo tanto, ambos afectaron de manera similar la germinación y la velocidad de germinación de las semillas que los presentaron.

### CEDRELA ODORATA

Germinación total (%): Se presentó una diferencia estadística significativa entre la germinación total obtenida en los tratamientos T3 (C) y T4 (D), que indica que se mejoró la germinación total del lote en un 18%. La aplicación de estas técnicas fue muy satisfactoria, si se tiene en cuenta que este lote se encontraba en almacenamiento por seis meses y presentaba un buen porcentaje de germinación (mayor a 50%) y se logró mejorar a 84,67%, a partir de la selección de las semillas, con lo cual se logró optimizar la utilización de la semilla e incrementar la producción de plántulas sanas. Esta ganancia en germinación obtenida en laboratorio muestra que, al aplicar en vivero estas técnicas para la selección de semillas, es posible que se logre mejorar la relación beneficio-costos en la producción de material vegetal.

Entre los tratamientos T3 (C) y T1 (A) se presentó una diferencia estadística altamente significativa; se pudo determinar que el daño mecánico presentado por las semillas separadas a través de la técnica Prevac, incidió en la pérdida de su potencial germinativo. En T1 (A) se observó que en semillas separadas por daño mecánico hubo germinación; esto muestra que el daño mecánico en algunas semillas no incidió en la pérdida de su viabilidad, posiblemente porque el daño presente no fue lo suficientemente grave para afectar la integridad física del embrión, y hacerle perder su capacidad de germinación; así mismo, se nota que en este lote, por tener un período de almacenamiento tan corto y un buen porcentaje de germinación original, el daño mecánico no incidió de una manera tan marcada en la disminución de la capacidad germinativa de las semillas que lo presentaban.

Al analizar los resultados obtenidos entre los tratamientos T3 (C) y T2 (B), se determinó una diferencia estadística altamente significativa; el deterioro fisiológico expresado como tejido embrionario muerto afectó la pérdida de la viabilidad de las semillas que lo presentaban; este resultado además muestra que la técnica IDS logró separar las semillas de buena calidad física de las que presentaban este tipo de deterioro. En T2 (B) se presentó germinación en semillas que habían

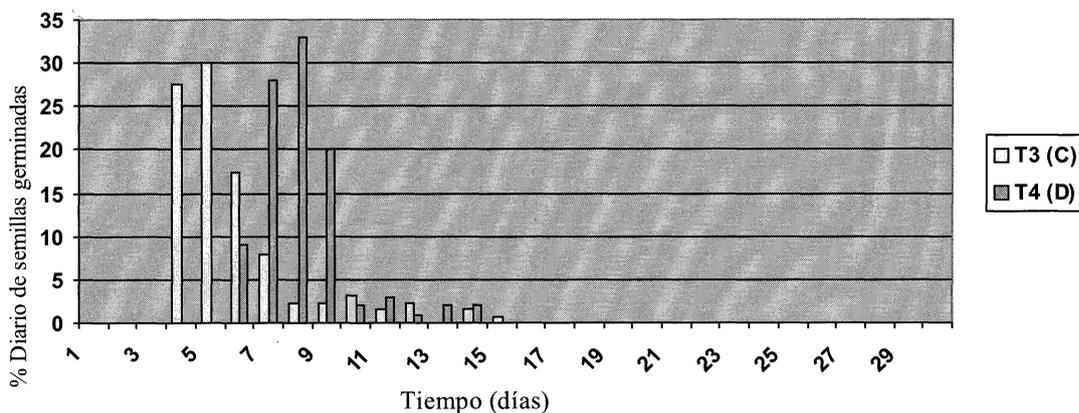


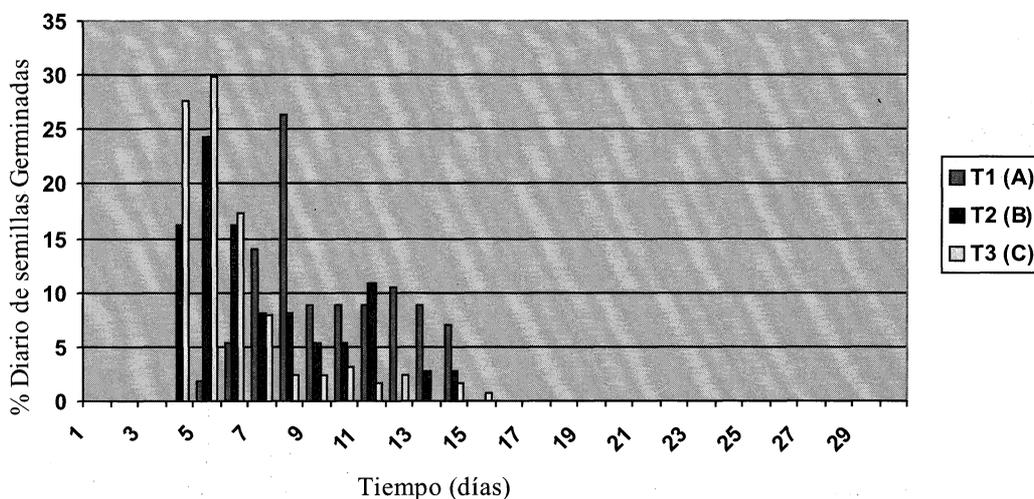
Figura 3. Comparación entre los porcentajes diarios de semillas germinadas obtenidos en los tratamientos T3 (C) y T4 (D) en *Cedrela odorata*.

sido separadas con tejido embrionario muerto; estas germinaron posiblemente por no presentar, al igual que en *Alnus jorullensis*, tejido muerto en las partes esenciales del embrión, sino que por el contrario presentaron necrosis parcial en el tejido cotiledonar, observada durante el ensayo, ya que las plántulas producidas en el tratamiento T2 (B) presentaban en sus hojas cotiledonares signos de necrosis parcial.

**Energía germinativa (%)** Según el análisis de varianza, se presentó una diferencia estadística significativa entre los resultados de energía germinativa con T3 (C) y T4 (D), lo que muestra que las semillas que fueron seleccionadas del lote no solo presentaron una mayor capacidad de germinación, sino que además germinaron con mayor rapidez y con mejor vigor, debido a que como se aprecia en la Figura 3, las seleccionadas de buena calidad física germinaron mucho más rápido, en mayor número y su período de energía fue de seis días, mientras que en las semillas testigo, la germinación se dio de forma más lenta y su período de energía fue de ocho días. En esta misma Figura, se puede observar que la germinación en las semillas de buena calidad física fue más uniforme, de manera tal que puede haber una mayor seguridad de producción de plántulas vigorosas. Al determinar y comparar el número de semillas germinadas dentro del periodo de ener-

gía, se presentó con T3 (C) una germinación de 66% y con T4 (D) de 46,67%; esto señala que las semillas seleccionadas pueden llegar a producir un 19,33% más de plántulas vigorosas, respecto a las semillas testigo. El proceso de incubación, tal como sucedió en *Alnus jorullensis*, sirvió como tratamiento pre-germinativo, ya que aportó agua a las semillas, de modo que se comenzó la activación enzimática, la hidrólisis y catabolismo de los compuestos almacenados, así como el incremento de la respiración; por esto, cuando se sembraron, estaban listas para iniciar su fase de crecimiento y desarrollo.

Se presentó una diferencia altamente significativa entre los valores de energía germinativa con T3 (C) y T1 (A) y entre T3 (C) y T2 (B) el daño mecánico y el deterioro fisiológico, aparte de estar comprometidos con la pérdida de la viabilidad de las semillas, afectaron la velocidad y vigor de la germinación en aquellas que germinaron. La Figura 4 muestra que las semillas con estos dos tipos de daño, aunque germinaron, en comparación con las semillas de buena calidad física, lo hicieron más lentamente y presentaron un período de energía de 11 días (T1) y 8 días (T2), los cuales también fueron menos eficientes que los obtenidos con T3 (C), que fue de seis días. Por otra parte la cantidad de semillas germinadas con T1 (A) y T2 (B) dentro de sus períodos de energía



**Figura 4.** Comparación entre los porcentajes diarios de semillas germinadas obtenidos en los tratamientos T3 (C) y T1 (A) y entre T3 (C) y T2 (B) en *Cedrela odorata*.

fueron de 28% y 18% respectivamente, mientras que en T3 (C) fue de 66%. Esto demuestra que afectaron de manera importante la energía y el vigor de germinación y pueden disminuir la cantidad de plántulas vigorosas producidas con semillas sometidas a este tratamiento.

**Valor de germinación:** Se presentó una diferencia estadística altamente significativa entre los valores de germinación con T3 (C) y T4 (D), las semillas seleccionadas de buena calidad física presentaron una mayor germinación y en un período de tiempo más corto respecto al lote, es decir, este valor de germinación confirma lo expuesto anteriormente sobre porcentaje de germinación total y energía germinativa. Entre los valores de germinación obtenidos con T3 (C) y T1 (A) y entre T3 (C) y T2 (B), se encontró una diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que las semillas de buena calidad física presentaron una mejor velocidad de germinación y una mayor germinación, respecto a las semillas con daño mecánico o deterioro fisiológico. Al comparar los resultados obtenidos con T1 (A) y T2 (B) bajo los tres parámetros de evaluación, se determinó que no existe diferencia estadística significativa; no obstante, se observó que las semillas con deterioro fisiológico presentaron menor valor en la germinación y en la energía germinativa respecto a las semillas con daño mecánico.

### **CORDIA ALLIODORA**

En *Cordia alliodora*, solo fue posible calcular la germinación total, debido al comportamiento de las semillas frente a la aplicación de las técnicas Prevac e IDS. Según el Anava, al comparar la germinación obtenida con T3 (C) y T4 (D), con valores de 38,67% y 62,67%, respectivamente, se presentó una diferencia estadística altamente significativa, lo cual indica que la aplicación de las técnicas no fue efectiva para esta especie, ya que no se logró mejorar la germinación del testigo. El punto crítico de la aplicación de las técnicas en las semillas de *Cordia alliodora* se localizó en la técnica IDS, ya que estas semillas no soportaron el proceso de incubación a que fueron sometidas. Esto al parecer se debe a sus constituyentes quí-

micos; según Triviño T. *et al.* (1990), las semillas presentan cantidades altas de ácidos grasos no saturados como el linoléico, que son inestables en presencia de luz y oxígeno. De acuerdo con lo anterior, las semillas de *Cordia alliodora*, parecen ser muy susceptibles a cambios bruscos de oxígeno. Al incubarlas, se presentó una reducción considerable de la disponibilidad de oxígeno, ya que el aparente exceso de humedad dificultó su llegada al embrión y le causó la muerte, ya que este necesita disponer de oxígeno suficiente para mantener sus actividades metabólicas. Al comparar la germinación obtenida con los tratamientos T4 (D) y T1 (A), se evidenció una diferencia estadística altamente significativa, este resultado muestra que el lote utilizado sí presentaba semillas con daño mecánico, y que la técnica Prevac logró separarlas.

El daño mecánico observado se debió a la perforación efectuada por un insecto del orden coleóptera, familia Bruchidae probablemente *Amblycerus* sp, de acuerdo con lo reportado por Pinzón (1997), quien sostiene que la semilla de *Cordia alliodora* es el hospedero identificado de este insecto.

### **CONCLUSIONES**

- Con la aplicación de las técnicas Prevac e IDS se logró en laboratorio mejorar la calidad física de los lotes de semillas utilizados de las especies *Alnus jorullensis* y *Cedrela odorata*, ya que se pudieron seleccionar aquellas semillas que aún mantenían una buena calidad física, y se las separó de aquellas que se encontraban deterioradas, por factores como el daño mecánico y el deterioro fisiológico.
- El daño mecánico y el deterioro fisiológico afectaron en proporciones similares el porcentaje de germinación y la energía germinativa de las semillas almacenadas de las especies *Alnus jorullensis* y *Cedrela odorata*. Por lo tanto estos dos factores de deterioro incidieron de igual manera en la disminución de la calidad física del lote de semilla almacenada.

- Las técnicas PREVAC e IDS tienen un alto potencial de uso para la selección de semillas, en las especies *Alnus jorullensis* y *Cedrela odorata*. Se puede llegar a optimizar la utilización de las semillas, incrementar considerablemente la producción de plantas sanas y vigorosas, mejorar los rendimientos de producción y obtener una mayor uniformidad de las plántulas producidas.
- En la especie *Cordia alliodora*, con la aplicación de la técnica Prevac, se logró separar del lote almacenado las semillas que presentaban daño mecánico de las sanas. La técnica IDS no fue efectiva en esta especie, debido a que las semillas no soportaron el proceso de incubación utilizado, debido a diversos factores, dentro de los cuales se presume que su gran susceptibilidad a cambios bruscos en el nivel de oxígeno disponible provocó la muerte del embrión durante el proceso al que se sometía.

## RECOMENDACIONES

- Llevar a cabo en vivero ensayos sobre la aplicación de las técnicas para las semillas de *Alnus jorullensis* y *Cedrela odorata*, de manera tal que se pueda evaluar el comportamiento de las técnicas Prevac e IDS bajo condiciones de campo, y poder así determinar si es factible incorporarlas a los protocolos de manejo de semillas de estas dos especies forestales.
- Realizar nuevos ensayos sobre la aplicación de la técnica IDS en semillas de *Cordia alliodora*,

utilizando un proceso distinto de incubación al propuesto en esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Pinzón, P.** 1997. Guía de insectos dañinos en plantaciones forestales, Programa de protección forestal, Corporación Nacional de Investigación Y Fomento Forestal (Conif), Ministerio del Medio Ambiente, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), 99 págs.

**Poulsen, K.** 1993. Seed quality, concept, measurement and methods to increase quality, Lecture Note C-14, Danida Forest Seed Centre. 14 págs.

**Reyes, P.** 1990. Bioestadística aplicada: Agronomía, biología, química, Editorial Trillas, 216 págs.

**Rodríguez, J. y V. Nieto** 2001. «Investigación en semillas forestales nativas», Serie Técnica No. 43, Conif, 89 págs.

**Triviño, T.; R. Santos de Acosta y A. Castillo** 1990. Técnicas de manejo de semillas para algunas especies forestales neotropicales en Colombia, Conif, Serie de documentación No. 19, 91 págs.

**Trujillo, E.** 2001. «Recolección y procesamiento de semillas forestales», Serie Técnica No. 34, Conif, 118 págs.

**Willan, R.** 1991. «Guía para la manipulación de semillas forestales. Con especial referencia a los trópicos», Montes 20/2, Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Danida Forest Seed Centre, 502 págs.