



Plan Sierra, Inc.

Avances y Perspectivas en el Mejoramiento Genético de *Pinus occidentalis* Swartz (Pino Criollo)



- Mariano H. Pérez Santana
- Juan G. Torres Herrera
- Alfredo A. Jiménez Guzmán



Avances y Perspectivas en el Mejoramiento Genético de *Pinus occidentalis* Swartz (Pino Criollo)



- Mariano H. Pérez Santana
 - Juan G. Torres Herrera
- Alfredo A. Jiménez Guzmán



Avances y Perspectivas en el Mejoramiento Genético de *Pinus occidentalis* Swartz (Pino Criollo)

Revista Plan Sierra 2008
Plan Sierra, Inc.

Marzo de 2008

ISBN: 978-9945-421-54-5

Equipo de Edición y Revisión Técnica:

Ing. Mariano H. Pérez Santana
Lic. Juan G. Torres Herrera
Lic. Alfredo A. Jiménez Guzmán

Edición:
Plan Sierra

Impresión:
Amigo del Hogar

Diseño y Diagramación:
En Amigo del Hogar por Juan Carlos Quezada

Auspiciado por:
Agencia Francesa para el Desarrollo (AFD)

PLAN SIERRA

Ave. San Juan, San José de las Matas,
Apartado postal 1152, Santiago, R. D.
Tels.: (809) 578 8249 / (809) 578 8370
Fax: (809) 578 8396 • E-mail: p.sierra@codetel.net.do



Prólogo	5
Agradecimientos	7
Resumen	9
I. Introducción	11
II. Antecedentes	13
III. Selección de árboles plus	15
IV. Multiplicación vegetativa	16
V. Comportamiento de descendencias / procedencias en el vivero	19
VI. Huertos semilleros	21
VI.1. Huerto semillero clonal de <i>Pinus occidentalis</i> Sw. “Monseñor Roque Adames” en Guamita	21
VI.2. Huerto semillero clonal de <i>Pinus occidentalis</i> Sw. en los Montones	22
VI.3. Huerto semillero de plántulas de <i>Pinus occidentalis</i> Sw. en Damajagua.	22
VI.4. Manejo de los huertos semilleros	24
VII. Pruebas de descendencias / procedencias en el campo	25
VII.1. Damajagua 1	25
VII.2. Damajagua 2.	26
VII.3. Los montones	27
VII.4. Celestina.	27
VII.5. La leonor	28
VII.6. Restauración	28
VII.7. Constanza	29

VIII. Procesamiento estadístico de los datos	31
VIII.1. Análisis de varianza	31
VIII.2. Heredabilidad	31
VIII.3. Ganancia genética	32
VIII.4. Comportamiento de las descendencias/procedencias en el campo	33
IX. Polinización controlada	37
IX.1. Manejo de polen	37
IX.2. Aislamiento de los conos femeninos y polinización	38
IX.3. Afectaciones a los conos por plagas	39
IX.4. Cosecha y procesado de los frutos	39
IX.5. Establecimiento de ensayos de vivero y campo	39
X. Valor económico del mejoramiento genético forestal	41
XI. Conclusiones	43
XII. Recomendaciones	45
XIII. Bibliografía	47
XIV. Glosario	49



Desde su fundación en 1979 Plan Sierra ha trabajado en el reordenamiento ecológico de las tres sub-cuencas más importantes del Río Yaque del Norte, la de los ríos Bao, Amina y Mao. Está claramente establecido que dentro de este concepto, la cobertura boscosa juega un papel preponderante para el equilibrio de los sistemas y su interacción con los habitantes. De aquí proviene el énfasis dado por Plan Sierra a la conservación del bosque existente y a la reforestación.

Una de las principales dificultades al establecer programas de reforestación es la obtención de semilla de la calidad adecuada que garantice el valor económico del bosque futuro. En nuestro caso la fuente de semillas del Pino Criollo, a utilizarse preferentemente en los programas de reforestación, tiene su origen en árboles inferiores remanentes de la explotación inadecuada de nuestros bosques durante más de la primera mitad del siglo pasado.

Ante esta realidad, Plan Sierra decide rescatar nuestro *Pinus occidentalis* y establece en 1998 un programa formal de Mejora Genética de esta especie endémica de nuestra isla. Para estos fines obtiene la cooperación del Instituto de Investigaciones Forestales de Cuba en la persona del Ing. Mariano H. Pérez Santana, genetista forestal de vasta experiencia en trabajos con pino tropical.

En este documento don Mariano describe magníficamente todo el trabajo realizado por él, asistido por personal de Plan Sierra encabezado por los Licenciados Juan G. Torres Herrera y Alfredo A. Jiménez Guzmán y el agrónomo Carlos Acosta, para establecer toda una metodología llevada a cabo con alto rigor científico que desemboca en la capacidad de producir semillas mejoradas y certificadas, de nuestro Pino Criollo. El documento describe las ganancias genéticas obtenidas desde 1998, en apenas 10 años, reflejadas en un mayor incremento en diámetro, altura y volumen de los árboles.

Este importante documento describe que Plan Sierra ya tiene establecido 320 tareas de huertos semilleros clonales y de plántulas de pino criollo capaces de producir semilla mejorada para ser utilizadas en los programas de reforestación con esta especie.

El reto para Plan Sierra es ahora ampliar las áreas de semillero para eventualmente aumentar la producción para suplir la demanda nacional, después de tener satisfecha la demanda de plantas de nuestras cuencas de los ríos Bao, Amina y Mao. Además, ampliar el trabajo para incluir la especie *Pinus caribaea* para suplir el mercado de esta especie que se creó cuando fue necesario importar semilla de Cuba, ya que no teníamos a mano semilla mejorada de pino criollo. En este sentido ya se ha creado un rodal semillero en el bosque Falconbridge en Los Montones, San José de las Matas.

Nos sentimos muy satisfechos de poder entregar este documento a la comunidad nacional. Nos complace además felicitar, y dar las gracias, por el éxito de este programa de Mejora Genética, a don Mariano y sus colaboradores Juan Gilberto y Alfredo y demás técnicos de Plan Sierra. Debemos agradecer por otro lado a la comunidad económica nacional e internacional, representadas por el Banco Popular, la Asociación Cibao de Ahorros y Préstamos y la Agencia Francesa para el Desarrollo, por sus aportes económicos.

Todas las personas e instituciones que han contribuido a hacer una realidad el rescate de nuestro *Pinus occidentalis* deberán con razón sobrada sentirse orgullosos de haber hecho posible que el futuro bosque del Pino Criollo dominicano sea más productivo, más sano, y más rentable.

Ing. Arturo Grullón Espaillat
Presidente Junta Directiva
Plan Sierra, Inc.



***E**n mi condición de cubano y con el permiso de Juan Gilberto y Alfredo, quiero agradecer en primer lugar al pueblo dominicano y sus autoridades que me han permitido asistir sistemáticamente este proyecto que hoy presentamos los avances y las proyecciones para el futuro a corto y mediano plazo.*

Se me hace extremadamente difícil, mencionar nombres, pero ahora con el permiso de todos, debo hacer referencia a aquellas personas que más han tenido que ver con mi presencia para el seguimiento de este trabajo, y por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, merecen mi más profundo agradecimiento los señores Don Manuel Arsenio Ureña y Don Arturo Grullón ambos presidentes de la Junta Directiva del Plan Sierra en diferentes periodos.

A los directivos Ing. Constanza Casanovas, Lic. Simeón Abreu, Ing. Fermín Ramírez y al Lic. Alfredo A. Jiménez quienes más cerca han estado brindándome todo tipo de colaboración para el mejor desarrollo del trabajo.

A la Junta Directiva del Plan Sierra.

A los colegas Carlos Acosta y Marcus Hernández que colaboraron en varias etapas del trabajo.

A todos los empleados del Plan Sierra, muchas gracias por las magníficas atenciones y el apoyo recibido en todas las dependencias.

A mi hermano Alfredo y Doña Mercedes y sus familias por haberme permitido convivir con ustedes y tratarme como uno de sus seres queridos.

A mi familia en especial a mi esposa Omaida, y a mis hijos Liudmila y Héctor Javier por entender y soportar mis ausencias prolongadas, para darle continuidad a este Proyecto.

Al Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM), la Dirección General Forestal, al Instituto de Investigaciones Forestales y su Estación Experimental de Viñales, en las personas de Juan J. Blanco, Elías Linares, Celia Guerra, Pablo Echevarría entre otros, por permitirme compartir mis experiencias con el hermano pueblo dominicano.

A TODOS MUCHAS GRACIAS

*Ing. Mariano H. Pérez Santana
Instituto de Investigaciones Forestales
Estación Experimental Forestal Viñales
Pinar del Río, Cuba*





P*inus occidentalis* Sw. es una especie de alto valor para República Dominicana, su área de distribución natural actual es de unas 302 500 ha y presenta un rango ecológico amplio. Desde hace varios años el Plan Sierra viene ejecutando un programa de mejora genética con esta especie. En este trabajo se presentan los principales avances alcanzados y las perspectivas para el futuro inmediato. Se han seleccionado 117 árboles plus y se ha definido una técnica de injerto eficiente (púa lateral modificado con suplemento hídrico) con el cual se alcanza más del 70 % de éxito; esto ha permitido multiplicar los árboles plus y establecer dos huertos semilleros clonales. Con semillas obtenidas por polinización libre de los árboles plus se ha establecido un huerto semillero de plántulas y 7 experimentos de campo de descendencias/procedencias en diferentes condiciones edafoclimáticas de la Vertiente Norte de la Cordillera Central. A los 4 , 6 y 8 años de establecido el primer huerto semillero clonal, los mejores clones superaron a la media de toda la población, en más de un 20 % para la altura total y el diámetro medio, estos valores representan grandes avances dentro de una selección clonal. Por otro lado, los estudios de descendencias muestran diferencias altamente significativas entre las familias, los orígenes y entre las localidades. La ganancia genética ha alcanzado valores medios entre los tres y siete años de 9.11 – 19.81 % para la altura y de 15.45 – 26.98 % para el diámetro, mientras que para las características fenotípicas la ganancia que se ha estimado superan el 20 %. Con la selección de los mejores clones y las familias destacadas, se vienen realizando cruzamientos controlados en los huertos semilleros clonales de Guamita y Los Montones y en el huerto semillero de plántulas de Damajagua. Con las semillas obtenidas de estos cruzamientos, se estableció un experimento de descendencias de hermanos completos que constituye un material de extraordinaria importancia para las fases subsiguientes del mejoramiento genético de *Pinus occidentalis* de generación avanzada. Por otro lado, las evaluaciones de las procedencias han permitido definir preliminarmente los mejores orígenes para la selección de rodales semilleros, la recolección de semillas y su uso regionalizado en los programas de reforestación.





Pinus occidentalis Swartz pertenece a la familia Pinaceae, sección Pinus, subsección Australes, Betancourt (1987). Esta especie se caracteriza por tener las hojas en fascículas de 3 a 5, muy delgadas y suaves y en esto se distingue de otros pinos antillanos que tienen sólo de 2 a 4 agujas por fascículo (Liogier 1978).

La distribución actual de *Pinus occidentalis* Sw. en la República Dominicana es de aproximadamente 302 500 hectáreas. El 79 % se encuentra en la Cordillera Central, el 1,6 % en la Sierra de Neiba y el 19,4 % en la Sierra de Bahoruco, (Dobler 1999). Su rango ecológico es amplio y va desde Bonao y la Vega a unos 200 msnm hasta superar los 3000 msnm en el Pico Duarte.

Pinus occidentalis constituye una de las principales especies forestales de La Española por su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y la calidad de su madera para múltiples usos. El Plan Sierra ha iniciado los trabajos de mejora genética para la primera generación con la creación y mejora de las fuentes semilleras de las cuales se obtendrán semillas certificadas para los programas de reforestación con esta especie.



II. ANTECEDENTES

Al definir la naturaleza y finalidad de la mejora genética de las plantas Allard (1980) expresó: el hombre depende casi absolutamente de las plantas para su alimentación. Todo lo que come prácticamente sin excepción, o es vegetal o se deriva más o menos directamente de los vegetales como por ejemplo la carne, huevo, productos lácteos. De las plantas se derivan directa o indirectamente la mayoría de las ropas, drogas, combustibles y materiales de la construcción, además pueden ser tanto útiles como estéticamente agradable. El mejoramiento genético es el resultado de cambios permanentes y sostenibles en el tiempo, de tal manera que una vez logrado el cambio, este perdura a lo largo de las siguientes generaciones sin necesidad de inversiones adicionales (Mesen, 1996).

La variación genética constituye según Palmberg (1987) un amortiguador contra los cambios del medio ambiente (incluyendo las ocasionadas por plagas y enfermedades y el cambio climático) y proporcionan los elementos básicos para la selección y mejora genética. Como es conocido las especies forestales presentan un ciclo biológico que en la mayoría de ellas toma varios años para pasar de una generación a otra.

Los trabajos de mejora genética en *P. caribaea* en Cuba se iniciaron en 1965. Betancourt y González (1972) y González *et al.* (1983) informan sobre diferencias encontradas en estudios de orígenes geográficos. Respecto al mejoramiento individual han sido reportados avances significativos en el programa para incrementar los rendimientos de madera, resina y resistencia a las plagas. Se han reportado ganancias genéticas entre el 15 – 40 % en los rendimientos de madera, resina y las características fenotípicas de rectitud del fuste y conformación de las ramas, así como individuos de baja susceptibilidad al ataque de plagas, González y Pérez

(1983), Álvarez *et al.* (1987), Pérez *et al.* (1990), Fernández *et al.* (1990), Pérez *et al.* (1992), Pérez *et al.* (1995), Amador, Fernández y Pérez (1999), Pérez *et al.* (2001) y Pérez *et al.* (2004).

Pérez y Torres (2000), han señalado que *Pinus occidentalis Sw.* representa un patrimonio genético de incalculable valor para los dominicanos; por ello es la especie forestal más utilizada en los programas de reforestación que ejecuta el Plan Sierra. En este sentido esta Institución viene desarrollando un amplio programa de mejora genética, estableciendo estructuras que le permitan obtener semillas y material genético de alto valor, mejorando las características deseables de la especie y dar respuesta a la creciente necesidad de producir plantas capaces de adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas, proteger el medio ambiente e incrementar en cantidad y calidad los recursos forestales en el país. En este trabajo se exponen los avances que se vienen alcanzando en este campo.



III. SELECCIÓN DE ÁRBOLES PLUS

El objetivo de un programa de selección, es obtener cantidades significativas de ganancia genética, tan rápida y económicamente como sea posible, y al mismo tiempo mantener una base genética amplia para asegurar ganancias futuras. Todos los métodos de selección en un programa de mejoramiento genético forestal aplicado se basan en el mismo principio general; es decir, seleccionar los individuos más convenientes para utilizarlos como progenitores en los programas de cruzamiento y producción (Zobel y Talbert, 1988).

La selección de árboles plus (fenotipos superiores) de *Pinus occidentalis* Sw., se ha llevado a cabo en una extensa área de la distribución natural de la especie, los índices evaluados se han orientado hacia la selección de individuos vigorosos, dominantes en altura total y diámetro, de fuste recto y cilíndrico, buena poda natural, copa densa con ramas finas, cortas y horizontales, de corteza fina y que no presenten daños de plagas o enfermedades (Pérez y Torres, 2000). Sin embargo resulta difícil encontrar árboles que reúnan todos estos atributos y en consecuencia se le da un peso mayor a aquellos que tienen que ver con lograr incrementos sustanciales en la productividad y calidad de la madera, como es la dominancia en diámetro y altura conjuntamente con la rectitud del fuste y el grosor de las ramas.

Tomando como base estos criterios, se han seleccionado 67 fenotipos superiores en la Vertiente Norte de la Cordillera Central y forman la base de los trabajos en mejora genética realizados hasta el presente.

Por otro lado, Pérez y Torres (2000), reportan también la selección de nuevos fenotipos altitudinales de *Pinus occidentalis* Sw. en el Parque Nacional Sierra de Bahoruco y en Valle Nuevo, Constanza de excelente conformación fenotípica, ubicados en alturas que su-

peran los 1500 msnm. Con estas selecciones se deben establecer huertos semilleros clonales y/o de plántulas en sitios adecuados para estas procedencias, para producir semillas de calidad y plantas que se desarrollen favorablemente a esas altitudes.

No obstante al trabajo desarrollado, se hace necesario continuar ampliando las selecciones de árboles plus de *Pinus occidentalis*, hacia nuevas zonas del área de distribución natural de la especie y también en las plantaciones, con vistas a ampliar la base genética para fases más avanzadas del programa, que permitan trabajar con una población lo suficientemente amplia para evitar problemas de endogamia.



Árbol plus de *P. occidentalis*. Estos fenotipos constituyen la base de todo el Programa de Mejora Genética de la especie. De aquí se colectan las yemas para realizar los injertos que son utilizados para la creación de bancos de clones y huertos semilleros clonales y las semillas para los estudios de descendencias/procedencias y el fomento de huertos semilleros de plántulas.

IV. MULTIPLICACIÓN VEGETATIVA

La multiplicación vegetativa a través del injerto se ha utilizado ampliamente en el mejoramiento genético forestal para preservar genotipos superiores; establecimiento de bancos clonales y huertos semilleros clonales (Zobel y Talbert, 1980). Con el objetivo de conservar los árboles plus seleccionados mediante la técnica del injerto, Jiménez (2001) condujo una investigación en la cual se compararon cuatro métodos de injerto de *Pinus occidentalis* combinados con dos tipos de protección de los injertos, dos sistemas de producción de patrones y la obtención de yemas para la injertía en tres períodos durante la estación de invierno.

Esta actividad fue desarrollada en el Vivero Central de producción de Plantas del Plan Sierra, San José de las Matas. Los porta injertos se produjeron en el sistema de producción de plantas en “Hikoboxes” (raíz dirigida) y el sistema de producción integrado de plantas en “Hikoboxes” y en fundas.

Para la protección de los injertos contra los rayos solares se utilizaron dos variantes: protección con Sarán y Sarán con un umbráculo de yagua durante los primeros 45 días de realizados los injertos. El diseño experimental fue un factorial de parcelas sub-divididas, en el cual las unidades o parcelas completas estaban organizadas en bloques completos al azar con 4 réplicas. Los resultados obtenidos demuestran la factibilidad de la multiplicación de *Pinus occidentalis*, mediante la técnica del injerto, resultando el método más apropiado para esta operación el de “púa lateral modificado con suplemento hídrico”, el periodo más adecuado durante la estación de invierno fue el mes de febrero, en porta injertos producidos en “Hikoboxes” y traspasados a fundas, con protección de sarán con un 60 % de iluminación. En el Gráfico 1 se presentan los resultados de

los cuatro métodos de injerto empleados en el estudio, de los cuales el método de púa lateral modificada con suplemento hídrico resultó el mejor con el 93 % de injertos prendidos.

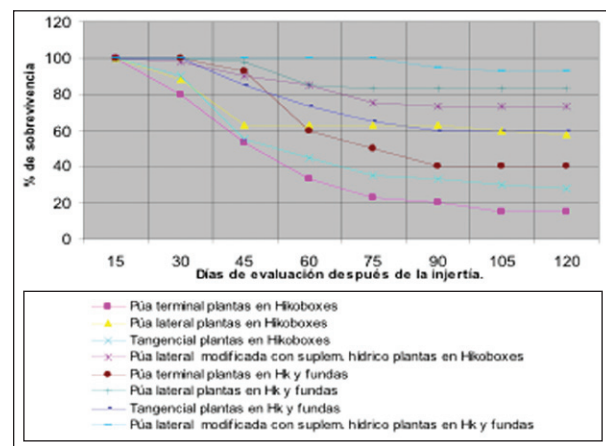


Gráfico 1: Por cientos de supervivencia de cuatro métodos de injerto en *P. occidentalis* con porta injertos producidos en Hikoboxes y en fundas con evaluaciones cada 15 días durante la etapa de evaluación (4 meses).

Estos resultados han permitido reproducir, rejuvenecer y conservar los árboles plus seleccionados y establecer dos huertos semilleros clonales haciendo más eficientes los trabajos de injertía y abaratando los costos en estas operaciones.



Injertos de púa lateral con suplemento hídrico en *Pinus occidentalis*, en el Vivero Central del Plan Sierra, San José de las Matas. Estos injertos se realizan con material vegetativo de los árboles plus y/o obtenidos de los bancos de clones y su finalidad es establecer huertos semilleros clonales.



V. COMPORTAMIENTO DE DESCENDENCIAS / PROCEDENCIAS EN EL VIVERO.

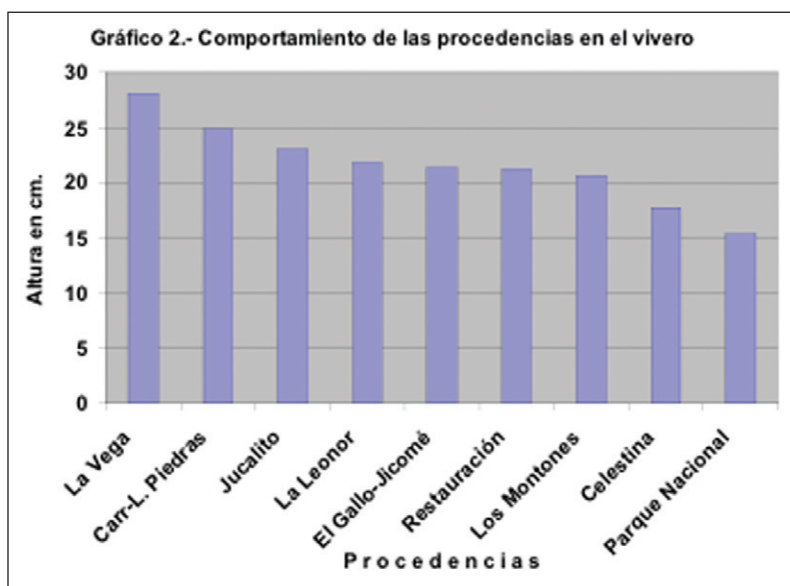
Con semillas obtenidas por polinización libre de los árboles plus y en bandejas de Hikoboxes llenas con un sustrato de 30% de ceniza de cáscara de arroz, 40% de corteza de pino triturada y 30% de pulpa de café bien descompuesta, se produjeron en el Vivero Central del Plan Sierra en San José de las Matas las descendencias de *Pinus occidentalis* para los trabajos que aquí se exponen. Los primeros resultados de este estudio fueron reportados por Pérez y Torres (2000). Sin embargo, ese reporte fue realizado en el mes de Junio del 2000 a los 7 meses de edad de las plantas, pero por condiciones climatológicas adversas, éstas se mantuvieron en el vivero hasta el mes de septiembre, fecha en que se comenzaron las plantaciones de las áreas experimentales y el huerto semillero de plántulas, cuyos resultados se expondrán más adelante en este trabajo.

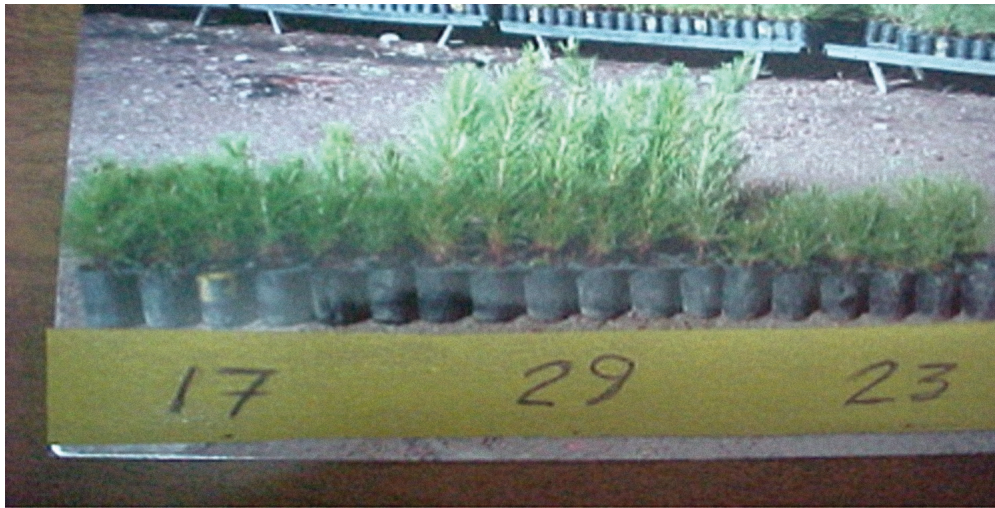
Antecediendo la salida de las plantitas del vivero para el establecimiento de los experimentos de campo, se midió nuevamente una parcela útil de 50 plantas representativas de cada familia. Coincidiendo con lo reportado por Pérez y Torres (2000), en los análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre las familias y también entre las procedencias.

La altura media de las plantas a los 10 meses de edad fue de 21,8 cm. Se destacan en esta etapa las descendencias de la procedencia de La Vega con una altura media de 28,1 cm. (Gráfico 2), sobresalió por encima de todas en este origen la familia 29 con altura media de 36,0 cm. Por otro lado, el origen de Las Piedras y Carrizal, áreas cercanas una de la otra y árboles de buena conformación fenotípica y fácil acceso, las

descendencias presentaron un buen comportamiento y la procedencia en general alcanzó una altura media de 24,9 cm. El lote comercial de Juncalito con 23 cm. de altura media ocupó el tercer lugar en el ordenamiento de las medias. Una cuarta procedencia representada con siete familias y con buenos resultados a escala de vivero fue la de Restauración que alcanzó una altura media de 21,2 cm.

Otra procedencia con buenos resultados fue La Leonor con 21,9 cm. de altura media con cinco familias. La procedencia El Gallo-Jicomé con tres familias representadas alcanzó una altura media de 21,4 cm. y Los Montones con igual número de familias, la altura media fue de 20,7 cm.





Comportamiento de las descendencias/procedencias en el vivero. Estas plantas se utilizaron para el establecimiento de los estudios de campo y el establecimiento de Huertos semilleros sexuales o de plántulas. En la foto la familia 17 corresponde a la procedencia Los Montones, la 29 a la Vega y la 23 al Parque Nacional.

Finalmente, las dos procedencias con cinco o más familias representadas fueron Celestina con 17,8 cm. y el Parque Nacional Armando Bermúdez con 15,4 cm. de alturas medias respectivamente, fueron las de peor comportamiento en el vivero. Aquí se pone de manifiesto la importancia de seleccionar la pro-

cedencia adecuada para la producción de plantas en los viveros, ya que con ello se puede reducir los costos y ofertar un material de superior calidad para los programas de reforestación, que se corroboran con el comportamiento de estas procedencias en el campo, como se verá más adelante.



Vivero Central del Plan Sierra, en San José de las Matas. Aquí se han producido las plantas de *P. occidentalis* para todos los trabajos de mejora genética de la especie.

VI. HUERTOS SEMILLEROS

VI.1. Huerto semillero clonal de *P. occidentalis* Sw. "Monseñor Roque Adames" en Guamita

Constituye el primer huerto semillero clonal de *Pinus occidentalis*, establecido en República Dominicana. Fue plantado en Noviembre de 1999, en un suelo franco arenoso, de topografía ondulada, a una altitud de 400 msnm y una pluviometría de 1200 mm. se empleó un diseño de bloques completos al azar y un espaciamiento de 8 x 5 m, y se encuentran representados 50 clones en 1.6 ha. En este huerto se combinan los objetivos fundamentales del Programa de Mejoramiento Genético en esta especie, los cuales se han venido cumpliendo, pues se ha podido:

- ✦ Conservar los árboles plus seleccionados.
- ✦ Obtener información del comportamiento de los clones.
- ✦ Producir material vegetativo para establecer nuevos huertos semilleros clonales.
- ✦ Producir semillas mejoradas para los programas de reforestación.
- ✦ Realizar cruzamientos controlados de cuyo ulterior desarrollo se obtendrán individuos de genealogía conocida para etapas más avanzadas del programa de mejora genética de la especie.

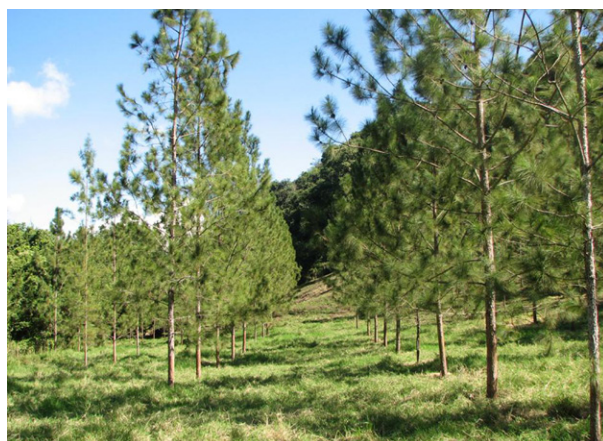
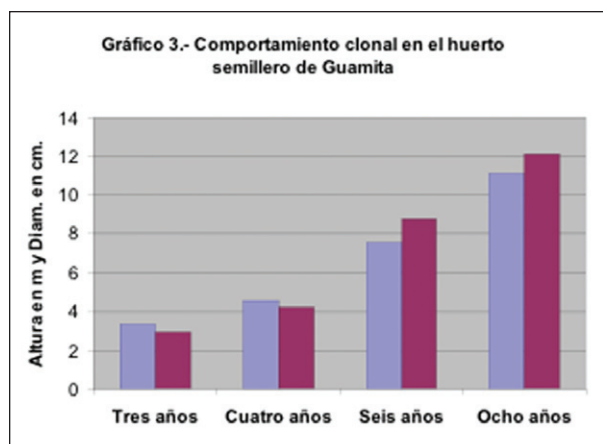
Con los datos de las mediciones de altura total y el diámetro (d 1.30 m), realizadas a los 3, 4, 6 y 8 años de la plantación, en los análisis de varianzas realizados se encontraron diferencias altamente significativas entre clones y entre bloques. En ambos casos los resultados se corresponden con lo esperado, pues los clones representan áreas distantes dentro de la distribución natural de la especie y en el segundo, por las diferencias ori-

ginadas por la pendiente del terreno. La altura media alcanzada fue de 3.31 m, 4.57 m, 7.55 y 11.11 a los 3, 4, 6 y 8 años respectivamente y el diámetro medio alcanzó valores de 2.9 cm., 4.2 cm., 8.80 cm. y 12.10 cm. a esas mismas edades.

De acuerdo a los datos presentados de estas mediciones, se destacan en altura total a los 4 años 14 clones con medias superiores a los 5.0 m. La altura media de este selecto grupo de clones supera a la media de toda la población en un 23% y a esa misma edad, los 12 clones que alcanzaron los mayores valores en diámetro superan a la media de toda la población en un 34%.

Con los datos de las mediciones de altura y diámetro realizadas a los ocho años, y en esta oportunidad seleccionando el 30 % de los mejores clones, en los parámetros evaluados, se alcanzan valores que superan a la media de toda la población en un 17.28 % en altura total y 27.93 % en diámetro a 1.30 m. Estos valores representan avances significativos en el marco de una selección clonal, que unido a los estudios de descendencias, se están tomando en consideración para la realización de los cruzamientos controlados y el establecimiento de nuevos huertos semilleros clonales.

En el Gráfico 3, se expone el comportamiento clonal en altura y diámetro medios en el huerto semillero de Guamita. Como se puede observar en las dos primeras mediciones, la altura se ubicó por encima del diámetro, pero ya a partir de los seis años de la plantación el diámetro medio en cm. ha superado a la altura media en m. En general los clones han crecido a un promedio de 1.4 m y 1.5 cm. en altura y diámetro respectivamente que se considera un desarrollo adecuado para la especie en estas condiciones de sitio.



Huerto Semillero Clonal de Guamita a los 8 años de la plantación.

VI.2. Huerto semillero clonal de *Pinus occidentalis* Sw. en Los Montones

En la parte suroeste del Centro de Validación y Transferencia Tecnológica “Los Montones” del Plan Sierra fue establecido en el mes de noviembre del 2003, el segundo huerto semillero clonal de *Pinus occidentalis* Sw en República Dominicana y en el mismo se encuentran representados 52 clones distribuidos aleatoriamente a un espaciamiento aproximado de 8 m x 5 m, en un sitio que fue terraceado a curvas de nivel, (por tal motivo el espaciamiento no es totalmente uniforme). El área actual es de 2 ha y puede ser ampliado, pues las condiciones edafoclimáticas son adecuadas para el desarrollo de la especie. Por otro lado, su ubicación y accesibilidad favorecen los trabajos futuros de atenciones culturales, realización de cruzamientos controlados, recolección y procesado de conos entre otros.

Este huerto cumple también las funciones de banco clonal para la obtención de material vegetativo y realizar estudios del comportamiento de los clones bajo estas condiciones de sitio. El lugar se caracteriza por poseer un suelo franco arenoso, una altitud de 625 msnm, una pluviometría 1400 mm. anuales y una temperatura media de 23.2 °C. Se requiere completar su establecimiento y darle atenciones especiales de protección, eliminación de malezas y fertilización. Aquí se iniciaron los trabajos de cruzamientos controlados en diciembre de 2007.

VI.3. Huerto semillero de plántulas de *Pinus occidentalis* Sw. en Damajagua

Los huertos semilleros sexuales o de plántulas se presentan como una alternativa técnica y económicamente viable para la producción de semillas de mejor calidad genética que la obtenida mediante los rodales semilleros tradicionales, adaptada y comprobada genéticamente en los sitios actuales de reforestación, Mesén (1997) citado por Pérez y Torres (2000). El huerto semillero de plántulas “Bosque Banco Popular” ocupa un área de 17,4 ha, en las cuales están ubicadas dos pruebas de descendencias / procedencias, Damajagua 1 y 2 que forman parte de este huerto, cuyos resultados se expondrán más adelante. Para el establecimiento de esta plantación se realizó una preparación del terreno consistente en terrazas individuales de 60 cm. de largo; 40 cm. de ancho y 30 cm. de profundidad, las condiciones edafoclimáticas del sitio se describen en la Tabla 1.

Las plantas se produjeron en el Vivero Central del Plan Sierra por el método de raíz dirigida en contenedores de 150 cc de capacidad, empleando como sustrato 40 % de corteza de pino, 30 % de ceniza de cáscara de arroz y 30 % de pulpa de café bien descompuesta. Se realizaron aplicaciones de hongos micorrizadores mediante la suspensión de esporas y fertilizaciones periódicas (3 aplicaciones) de fertilizante químico (15-15-15) disuelto en agua a una dosis de aproximadamente 0.25 gramos/planta. Además se realizó una aplicación foliar de Waxal (8-8-6) 1.5 litros disuelto en agua a los 3 meses de edad de las plantitas y con esa disolución se fertilizaron 23 600 plantas.



Al momento de la plantación Septiembre 2000, las descendencias habían alcanzado un óptimo desarrollo. Este huerto fue establecido a un espaciamiento de 3m x 3m y se encuentran representadas unas 50 familias distribuidas al azar, con el objetivo de someterlo a aclareos de depuración genética a favor de los mejores fenotipos desde edades tempranas.

Por otro lado, en esta área se desarrolló una experiencia interesante de fertilización en plantaciones: dos aplicaciones anuales de (15-15-15) a razón de 100 gramos/plantas durante los dos primeros años, conjuntamente con un silvopastoreo con ovejas, que contribuyó al control de las malezas y a disminuir, por la reducción de material combustible, la peligrosidad de los incendios forestales.



Silvopastoreo con ovejas en el huerto semillero de plántulas de Damajagua Adentro, a los 18 meses de la plantación.



Huerto semillero de plántulas de *Pinus occidentalis* en el Bosque Banco Popular en Damajagua Adentro a la edad de siete años. Su finalidad es producir semillas certificadas para los programas de reforestación.

El estado actual del huerto es satisfactorio. Es significativo el desarrollo alcanzado por las plantas y la precocidad en la producción de flores masculinas y femeninas que se iniciaron a la temprana edad de tres años. En este huerto se ha iniciado también la realización de cruzamientos controlados, pero a diferencia del huerto semillero clonal, aquí se obtendrán familias de una generación más avanzada. A partir del 2005 se ha cosechado cantidades apreciables de semillas de categoría autorizada "A" que se están utilizando en plantaciones demostrativas en sitios adecuados para el desarrollo de la especie.



Plantación demostrativa de *P. occidentalis*. Establecida con semillas procedentes de los huertos semilleros. Edad de las plantas 18 meses.

VI.4. Manejo de los huertos semilleros

Muchas de las ventajas de un Programa de Mejoramiento Genético forestal se pierden si los huertos semilleros no producen semillas a su máximo potencial. La fertilización con base a los análisis del suelo y en algunos casos foliares, son necesarias para mantener el vigor de las plantas y promover la floración. El fertilizante debe aplicarse poco antes de iniciarse la formación de las yemas florales para que se obtenga una floración inmediata y abundante. Los fertilizantes también ayudan a mantener el vigor de los árboles y a que crezcan hasta alcanzar un gran tamaño, dando como resultado un mayor número de yemas reproductoras. En general, los huertos son fertilizados para obtener un crecimiento y vigor máximos en la etapa juvenil.

Un ejemplo de la influencia de la fertilización en la producción de semillas, se ha observado en el huerto semillero de plántulas de *P. occidentalis* en Damajagua Adentro, donde se realizaron aplicaciones periódicas desde el inicio de la plantación con NPK (15-15-15) y a la temprana edad de tres años, se observó un desarrollo satisfactorio de las plantas y una abundante producción de flores masculinas y femeninas.

En tal sentido, los huertos semilleros deben mantenerse libres de malezas, con medidas efectivas de protección contra incendios y realizar aplicaciones crecientes de NPK (15-15-15) cada año en los meses de agosto- septiembre. En los huertos jóvenes iniciar con 200 g por planta en el primer año y llegar al quinto año con una dosis de 1 Kg. por planta. No obstante, para los manejos intensivos de los huertos semilleros, se necesitan análisis periódicos de suelo e incluso foliares, para decidir sobre bases sólidas las dosis y fórmulas a aplicar.

A los siete años de la plantación se ha llevado a cabo un raleo de mejora, extrayendo alrededor del 37 % de los árboles. Esta operación deberá repetirse de la misma forma

que lo propuesto para las pruebas de descendencias/procedencias de esta localidad siempre dejando los mejores fenotipos. Con esos tratamientos de mejora deberán quedar unos 160 árboles semilleros por hectárea (10 por tarea), a los 20 años, que se considera una densidad razonable para esa edad y se estarán produciendo apreciables cantidades de semillas certificadas para el fomento de plantaciones con esta especie.

Para el futuro del huerto semillero de plántulas de Damajagua Adentro y las dos pruebas de descendencias/procedencias, se propone una estrategia de manejo realizando raleos a favor de los mejores fenotipos a las edades de: 9 -10 , 12 - 13 , 15 - 16 y 17 - 19 años, extrayendo en cada intervención un tercio de los árboles existentes en ese momento. Con estos tratamientos de mejora se espera arribar a los 20 años con una densidad de unos 160 árboles semilleros por ha (10 por tarea). Esta estrategia de manejo es sólo una propuesta que deberá validarse en el tiempo, en función del desarrollo alcanzado por las plantas. En este sentido Zobel y Talbert (1988), proponen para un pino del sur de los Estados Unidos como *Pinus taeda*, una existencia de 80 a 150 árboles por ha, y señalan que en realidad 63 árboles por ha constituirán quizás el huerto final.



Huerto semillero de plántulas de Damajagua. Primer raleo de mejora a los siete años.

VII. PRUEBAS DE DESCENDENCIAS / PROCEDENCIAS EN EL CAMPO

Los estudios de descendencias/procedencias son de extraordinaria importancia en los Programas de Mejora Genética pues permiten determinar las diferencias entre familias y razas y calcular la varianza genética aditiva, la varianza fenotípica, determinar la heredabilidad de los caracteres objeto de

mejora y hacer las estimaciones de la ganancia genética a obtener. Con el objetivo de determinar el comportamiento del material seleccionado, se establecieron 7 pruebas de campo en diferentes condiciones edafoclimáticas de la vertiente norte de la Cordillera Central, cuyos datos generales se presentan en la Tabla No 1.

Ubicación		No. De familias	Tipo de suelo	Altitud (msnm)	Pluviometría (mm)	Temperatura Media (° C)
Municipio	Localidad					
Jánico	Damajagua 1	50	F. Arenoso	750	1400	22.5
	Damajagua 2	36	F. Arenoso	750	1400	22.5
San José de las Matas	Los Montones	46	F. Arenoso	625	1400	23.2
	La Celestina	27	F. Arenoso	500	1240	24.0
Monción	La Leonor	30	F. Arcilloso	750	1500	22.3
Restauración	Corozo	28	F. Arcilloso	500	1430	24.1
Constanza	Pinar Bonito	31	F. Arcilloso	1200	931	18.5

El procesamiento estadístico de los datos provenientes de estas pruebas se discutirán más adelante.

VII.1. Damajagua 1

En esta unidad experimental están representadas 50 familias y dos lotes comerciales, Juncalito (J) y Los Montones (M) y forma parte del huerto semillero de plántulas de 17.4 ha, ubicado en Damajagua Adentro. Este ensayo fue establecido mediante un novedoso diseño experimental de bloques completos al azar, con 3 plantas por parcela, las cuales se ubican a tres bolillo y con un espaciamiento de 4 m entre hileras, las 3 plantas de la parcela se disponen a 1 m entre ellas y a 3 m entre una parcela y otra, este tipo de diseño permite realizar selecciones múltiples entre procedencias, entre descendencias y dentro de las familias, con lo cual se garantiza una respuesta más efectiva a la selección.

Los resultados de las mediciones y evaluaciones realizadas a los 2 años de establecido el ensayo son excelentes; la supervivencia fue de 93.3 %, la cual se considera

satisfactoria y la altura media de las plantas fue de 2.39 m., que representa la mayor altura media alcanzada de todos los sitios estudiados a esa edad.

Seleccionando el 40 % de las mejores familias se obtiene una ganancia genética del 18 % en altura total con respecto a los lotes comerciales. La supervivencia a los dos años fue muy buena, 93.3 %; sólo tres familias se apartan significativamente de la media. Los análisis de varianza en todos los índices evaluados muestran diferencias altamente significativas entre las descendencias y entre las procedencias.

Al siguiente año, el experimento fue evaluado nuevamente; la supervivencia se mantuvo alta 89.2 %, la altura media fue 3.83 m, alcanzando un incremento en ese período (12 meses) de 144 cm. o sea 12 cm. cada mes y 20 familias alcanzaron valores superiores a los 4 m de altura media. En esta oport-

tunidad con igual índice de selección que el año anterior, se alcanza una ganancia genética de 24% para la altura en relación a la media de los lotes comerciales.

A los 3 años de edad, se evaluó otro índice dasométrico importante: el diámetro a 1.30 m y 14 familias superaron los 4 cm. de diámetro medio y se alcanzó una ganancia genética de 26% con respecto a la media de los lotes comerciales.

Además se realizaron sendas evaluaciones fenotípica y fenológica; la primera expresa la forma del fuste y las características de la ramificación de las diferentes familias, mientras en la evaluación fenológica se evaluó la presencia de flores masculinas y/o femeninas, estos índices fueron evaluados mediante una escala arbitraria de 1 – 5, donde el 5 es el valor óptimo. En sentido general, se aprecia una aceptable conformación fenotípica lo que es evidente de una adecuada respuesta a la selección, y se alcanza una ganancia genética del 33% en forma, aún cuando las plantas son jóvenes. Sin embargo, es destacable la precocidad en la floración que presentan en sentido general la mayoría de las familias, lo cual es importante, pues aquí se encuentra ubicado el mayor huerto semillero de la especie y se espera una óptima respuesta en la producción de semillas, las cuales se han comenzado a recolectar a partir del 2005, y se ha venido incrementando en los siguientes años y se aprecia una abundante fructificación para el 2008.

En este ensayo se inició a los 5 años la depuración genética, suprimiendo de las 3 plantas de la parcela, la de peor comportamiento, para lo cual se realizó una evaluación integral de las descendencias. Esto constituye la **primera selección dentro de las familias**. Esta operación se repitió a la edad de 7 años, **segunda selección dentro de las familias**, dejando una sola planta / parcela. Antecediendo a la segunda depuración se realizaron mediciones de altura total y diámetro medio a 1.3 m; las diferencias entre familias fueron significativas: la altura media fue de 9.67 m y el diámetro 10.27 cm. Seleccionando las mejores familias se obtienen ganancias genéticas del orden del 12 - 15 % en ambos indicadores.

VII.2. Damajagua 2

Al igual que Damajagua 1, esta unidad experimental fue establecida dentro del área del huerto semillero de plántulas. A los 2 años de la plantación, la supervivencia fue de 96.4 % y la altura media de 1.95 m. En esta etapa juvenil del ensayo se destaca un grupo de familias con alturas medias que superaron los 2.17 m. y sólo dos alcanzaron supervivencia por debajo del 90 %. A los 3 años se evaluó nuevamente el ensayo contemplando los mismos índices que en Damajagua 1; o sea altura, diámetro a 1.30 m; la supervivencia, las características fenotípicas y una evaluación fenológica. La altura media fue de 3.22 m y el diámetro medio de 2.92 cm. Se destacan en estos importantes índices un grupo de familias con una ganancia genética del 13% en altura y 11% en diámetro.

La supervivencia se mantuvo también alta con (94 %) a pesar de que el año 2002 fue seco. En las evaluaciones fenotípicas y fenológicas, se han alcanzado valores medios de 2.77 y 2.34 respectivamente que pueden considerarse altos dado la edad de las plantas, sobre todo en lo que respecta a la producción de flores, que confirma la precocidad de la especie en este aspecto.

Por otro lado, constituye un resultado de gran importancia para el objetivo general de estas unidades experimentales en particular y de todo el “Bosque Banco Popular”, que en conjunto forman el huerto semillero de plántulas, para la producción de semillas de alta calidad genética. La ganancia genética en las características fenotípicas fue de 14% con respecto a la media general del ensayo.

A los 7 años, el ensayo fue medido en altura total y diámetro a 1.3 m y las diferencias entre familias fueron también significativas. Se alcanzaron valores de 9.07 m de altura media y 11.34 cm. de diámetro, seleccionando las mejores familias se obtienen ganancias del 16 % para la altura y el 22 % en diámetro, estos valores superan a los obtenidos en Damajagua 1.

Al parecer, la precocidad en la floración alcanzada en toda el área de Damajagua Adentro, está relacionada con las aplicaciones de fertilizantes, pues en las restan-

tes pruebas no se aplicó fertilizante y la presencia de flores ha sido escasa aún en edades más avanzadas de las plantas. Esto coincide con lo planteado por Webster (1971) citado por (Zobel y Talbert 1988), que plantea que la fertilización, particularmente las aplicaciones de nitrógeno y fósforo, han promovido el proceso de floración en casi todas las especies que se ha practicado.



Pruebas de descendencias/procedencias de *P. occidentalis* en Damajagua Adentro a los cuatro años de edad. Estos ensayos están siendo sometidos a raleos de depuración genética y se incorporarán al huerto semillero para producir semillas certificadas.

VII.3. Los Montones

En áreas del Centro de Validación y Transferencia Tecnológica “Los Montones” del Plan Sierra, fue establecida una prueba de descendencias / procedencias con 46 familias, y a los 2 años de la plantación la supervivencia media fue de 89.6 % y la altura media de 1.94 m. Aquí se destacan 21 familias con alturas medias superiores a los 2.00 m. La supervivencia en este caso se vio afectada por daños mecánicos en algunas parcelas. Sin embargo a los 3 años, las descendencias de esta localidad alcanzaron una altura media de 3.67 m que se aproxima a Damajagua 1 y supera de manera significativa al resto de los sitios en estudio, destacándose una familia con altura media de 5.21 m y un diámetro medio de 5.49 cm.

Otras 14 familias se destacan con alturas medias que superan los 4 m y se aproximan a los 4 cm. de diámetro medio. Este selecto grupo de familias supera la altura media de toda la población en un 16 %, mientras que

en el diámetro a 1.30 m, las ganancias son del orden del 22 % en relación con la media general.

La supervivencia en esta localidad a los 3 años fue de 84.8 %, pero como se explicó anteriormente esta se vio afectada por daños mecánicos irreversibles. En este caso la evaluación fenológica no se realizó, debido a la ausencia casi total de flores masculinas y/o femeninas. Sin embargo en la evaluación fenotípica, se destacan 12 familias con valores superiores a 3.30 puntos que representa una ganancia genética por este concepto del 20 % al compararlo con la media del ensayo.

Este ensayo fue evaluado también a los 7 años y al igual que en los sitios anteriores se encontraron diferencias significativas entre las familias, se alcanzaron valores medios de 10.06 m de altura y 11.26 cm. de diámetro, obteniéndose ganancias de 11.42 y 12.54 % para la altura y el diámetro respectivamente; ambos valores están por debajo de lo reportado en los ensayos de Damajagua. En esta localidad se alcanza una altura media superior a los demás ensayos, lo que es evidente de las excelentes condiciones edafoclimáticas de la zona para el desarrollo de *Pinus occidentalis*.



Prueba de descendencias/procedencias de *P. occidentalis* “Los Montones”. Edad de la plantación 14 meses.

VII.4. Celestina

En áreas del Plan de Manejo de Bosques Celestina de la Asociación de Silvicultores San Ramón, se estableció una prueba de descendencias/procedencias con 27 familias. A los 2 años la supervivencia media fue de 74.4 % debido a una prolongada sequía entre los 12 y 24 meses de establecida la prueba y a las condiciones críticas del lugar, suelo poco profundo

con afloramiento rocoso. La altura media a los 2 años fue de 1.72 m y sólo 2 familias superaron los 2 m de altura media.

Al tercer año la altura media de toda la población fue de 2.97 m y en esta oportunidad 12 familias sobresalen con alturas que superan o igualan los 3.40 metros. El diámetro medio fue de 2.33 cm. y sólo 2 familias alcanzaron valores superiores a los 3 cm.; las diferencias entre familias resultaron altamente significativas y se alcanzó una ganancia genética de 25% en la altura total y un 32% en diámetro. En esta oportunidad la supervivencia descendió a 71.6 %. La evaluación de las características fenotípicas alcanzó 2.72 que se considera bueno para la especie por la edad de las plantas, las mejores familias superan a la media en un 20% y duplican a la media de los lotes comerciales. La floración no fue evaluada, por la poca presencia de estróbilos masculinos y femeninos.

A los siete años la altura media fue de 8.24 m y sólo tres familias superaron los 9 m de altura media; el diámetro medio fue de 9.29 cm. Las diferencias entre las familias fueron significativas. Con la selección de las mejores familias, se alcanza una ganancia genética del 8 % en la altura y de un 19 % en diámetro. En este caso la ganancia genética en altura fue la más baja alcanzada en todos los sitios, pero los valores alcanzados para el diámetro son similares a Damajagua y superiores a Los Montones.



Prueba de descendencias/procedencias de *P. occidentalis* "Celestina". A los 7 años.

VII.5. La Leonor

La Leonor es el sitio de peor comportamiento de las descendencias/procedencias de *Pinus occidentalis*, a pesar de que forma parte de un importante macizo de pinares naturales, pero al parecer el pobre comportamiento de las familias se debe a la baja fertilidad y mal drenaje que presenta específicamente la localidad donde está enclavado el ensayo.

En tal sentido, no procede discutir los resultados que aporta esta unidad experimental, a los 3 años tenía 1.41 m. de altura media y 46.2 % de supervivencia. Se recomienda, por la importancia que tiene la zona para desarrollar planes de manejo, establecer en un sitio adecuado otro experimento de campo con el objetivo de determinar bajo estas condiciones edafoclimáticas, las descendencias y/o procedencias mejor adaptadas que permitan el manejo forestal sostenible en la zona. Hasta tanto se disponga de información al respecto, se debe emplear semillas del origen local para los programas de reforestación con *P. occidentalis* en "La Leonor". Para ello se deben cosechar las semillas en la propia localidad en rodales previamente seleccionados y tratados mediante raleos a favor de los mejores fenotipos.

VII.6. Restauración

Esta unidad experimental se encuentra ubicada en la parte centro occidental de la República Dominicana, a menos de un kilómetro de la frontera con Haití, y es un sitio de buenas condiciones para el desarrollo de *P. occidentalis*. A los 2 años de la plantación se midió la altura total de las plantas en cm. y la supervivencia en por ciento, alcanzando valores medios de 2.09 m de altura media y 90.2 % de supervivencia.

Al tercer año, se midieron y evaluaron la altura total en m, el diámetro a 1.30 m en cm., la supervivencia en por ciento y las características fenotípicas de rectitud del fuste y la ramificación. La altura media fue de 3.35 m, destacándose con diferencias significativas la familia 66 con 4.11 m de altura media que representa una ganancia genética del 22.7 % con relación a la media de toda la población. En el diámetro también se destaca la superioridad de esta familia.



Para la altura total y el d 1.30 m existen 11 familias que superan significativamente a la media de los dos lotes comerciales (Juncalito y Los Montones). Seleccionando esas 11 familias, se obtienen ganancias genéticas del 30.2 % y 30.4% para altura y diámetro respectivamente. En este caso la supervivencia fue de 76.2%, pero no se analiza, debido a que se han producido daños mecánicos a la plantación, que son ajenos al comportamiento genotípico de las familias. Este ensayo se ubica en tercer lugar en cuanto al desarrollo alcanzado por las descendencias a los 3 años, siendo superado solamente por Damajagua 1 y Los Montones

La evaluación fenotípica, aunque es un estado juvenil de la plantación, se aprecian marcadas diferencias entre algunas familias con respecto a la media de toda la población, pero estas diferencias resultan más significativas cuando se comparan con los lotes comerciales (J y M), por lo que es de esperar una adecuada respuesta en los aspectos fenotípicos de rectitud del fuste y características de las ramas.

A los siete años fue evaluado el ensayo y la altura media fue de 8.09 m, el diámetro medio de 10.20 cm. y la supervivencia descendió a 38 %, debido a talas ilegales. Por este motivo no se discuten estos resultados.

VII.7. Constanza

Dentro de la Geografía Dominicana, el Valle de Constanza es un sitio de incalculable belleza y valor estético, además de ser muy productivo. Ubicado a 1100 msnm, presenta un clima agradable y un sitio adecuado para el desarrollo de *Pinus occidentalis*. En el paraje conocido por Pinar Bonito fue establecido un experimento de descendencias/procedencias, empleando un diseño de bloques completos al azar, donde están representadas 31 familias. A los 8 meses de la plantación, la supervivencia era de 89.7 que se considera aceptable, pero el desarrollo de las plantas es el segundo de peor comportamiento, semejante a La Leonor, que son en general los dos sitios que han alcanzado los resultados más bajos.

A los dos años la altura media fue de 1.17 m. y la supervivencia de 59.4%, superando en ambos índices a La Leonor, pero muy por debajo del resto de los sitios donde se establecieron ensayos de campo. Esta área además de poseer mal drenaje, ha sido afectada por la presencia de animales (ganado) pastando en el experimento. Por los inconvenientes presentados, se ha decidido discontinuar este ensayo.



VIII. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

VIII.1. Análisis de varianza

En la Tabla No.2, tomada de Zobel y Talbert (1988), se expone el análisis de varianza empleado para los datos de los experimentos de progenies de semi-fra-

trías o medios hermanos establecidos en el campo de acuerdo con diseño de bloques completamente al azar. Con este modelo de análisis se realizaron las estimaciones de heredabilidad que se reportan en este trabajo.

Fuente de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios	Cuadrados Medios Esperados
Repeticiones	R-1	MS4	σ^2_{W+A} σ^2_{RF+AF} σ^2_R
Familias	F-1	MS3	σ^2_{W+A} σ^2_{RF+AR} σ^2_F
Fam. X Rep	(F-1)(R-1)	MS2	σ^2_{W+A} σ^2_{RF}
Dentro de las Parcelas	RF(A-1)	MS1	σ^2_W

Tabla 2.- Análisis de varianza empleado para el Procesado de los datos de las pruebas de descendencias /procedencias.

En este caso los cuadrados medios se obtienen del análisis de varianza, donde: F, R y A se refieren al número de familias, repeticiones y árboles por parcela en cada familia. σ^2_W , σ^2_{RF} , σ^2_F y σ^2_R son, respectivamente, los componentes de varianza dentro de la parcela, en la repetición por familia, en la familia y en la repetición.

VIII.2. Heredabilidad

Las variaciones existentes en las poblaciones de árboles pueden separarse en componentes genéticos y ambientales. Las selecciones de los árboles plus se realizan únicamente con base al aspecto fenotípico de los individuos. Esta selección funciona mejor para las características que son altamente heredables, donde el fenotipo es un buen reflejo del genotipo. En tal sentido las pruebas de progenie establecidas mediante diseños experimentales adecuados, permiten separar los efectos genéticos de los que tienen que ver con el ambiente en el cual fueron establecidos los ensayos.

El concepto de heredabilidad según Zobel y Talbert (1988), es uno de los más importantes y más utilizados en genética cuantitativa. Los valores de la heredabilidad van de 0 a 1 y expresan la proporción de la variación que es atribuible a diferencias genéticas entre los individuos. Por lo tanto, es una proporción que indica el grado al cual los progenitores transmiten sus características a sus descendencias. La heredabilidad es de importancia fundamental para estimar los beneficios que pueden obtenerse de los programas de selección y cuanto más cerca se encuentre de 1, se obtiene una mejor respuesta a la selección y por tanto una mayor ganancia genética.

Dos tipos de heredabilidad a nivel de árbol individual son de gran importancia en el mejoramiento genético forestal. La heredabilidad en sentido amplio (H^2) se define como la proporción de la variación genética total de una población respecto de la variación fenotípica, y es igual a:

$$H^2 = \sigma^2_G = \frac{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA}}{\sigma^2_P} = \frac{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA} + \sigma^2_E}{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA} + \sigma^2_E}$$

La heredabilidad en sentido estricto h^2 , es la proporción de la varianza genética aditiva respecto de la varianza total y se expresa simbólicamente como:

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P} = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_A + \sigma^2_{NA} + \sigma^2_E}$$

Donde:

- h^2 = heredabilidad en sentido estricto
- σ^2_G = $\sigma^2_A + \sigma^2_{NA}$
- σ^2_A = varianza genética aditiva = $\frac{1}{4} \sigma^2_{NA}$
- σ^2_P = varianza fenotípica = $\sigma^2_A + \sigma^2_{NA} + \sigma^2_E$
- σ^2_{NA} = varianza genética no aditiva = efectos de la aptitud combinatoria específica
- σ^2_E = varianza ambiental

La heredabilidad en sentido estricto nunca puede ser mayor que la heredabilidad en sentido amplio; sólo si toda varianza genética es de tipo aditivo, ambas heredabilidades son iguales. Zobel y Talbert (1988), expresan que la mayoría de las estimaciones de heredabilidad dadas en bibliografía sobre genética forestal corresponden a la heredabilidad en sentido estricto, ya que tiene como objetivo mejorar la aptitud combinatoria general y utilizan únicamente la porción aditiva de la varianza genética.

Con los datos de las mediciones de altura y diámetro de Damajagua 1 se realizaron análisis de varianza y se encontraron diferencias altamente significativas entre las familias y se estimaron heredabilidades en sentido estricto de 0.40 a 0.67 para la altura total y de 0.37 a 0.86 para el diámetro. En general, estos valores de heredabilidad, están por encima o en la media de lo reportado en la literatura para el género *Pinus* por Matziris y Zobel (1973), reportan 0,44 para la altura en *Pinus taeda*. Stonecypher y colb. (1973), citadas por Zobel y Talbert (1988), reportan de 0.14 a 0.26 también para la altura en *Pinus taeda*. Para *Pinus caribaea var. caribaea*, González y Pérez (1983), reportan heredabilidad de 0.27 a 0.59 en diámetro y 0.66 a 0.79 en altura.

Sin embargo, para el peso específico de la madera Zobel y Talbert (1988), citan a Goggans (1961) que obtuvo valores de 0.76 a 0.87 de heredabilidad en *Pinus taeda*.

Por otro lado Perssón (1972) estimó valores de heredabilidad para el peso específico en *Pinus silvestris* de 0.46 a 0.56. En *Pinus elliottii* Engelm, Goddard y Cole (1966), reportan heredabilidad de 0.50 también para el peso específico.

La heredabilidad en sentido general expresa la intensidad de la herencia. Los mejoradores de plantas buscan alcanzar siempre valores razonables de heredabilidad que justifique el retorno de la inversión de un programa de mejora genética. En el caso de *Pinus occidentalis* se vienen cumpliendo estas expectativas.

VIII.3. Ganancia genética

El objetivo principal de un Programa de Mejoramiento Genético Forestal, consiste en efectuar cambios en los caracteres deseados de las especies y que estos perduren en las generaciones sucesivas aportando rendimientos superiores al de las fuentes semilleras no mejoradas. En el caso de *Pinus occidentalis* son los valores de ganancias genéticas para la altura y el diámetro, tomando como base los valores medios de heredabilidad que se han estimado:

$$G = h^2 * S$$

Donde:

- G** = Ganancia genética
- h^2** = Heredabilidad en sentido estricto
- S** = Diferencial de selección

La diferencial de selección (S) expresa la diferencia entre la media de las familias seleccionadas con respecto a la población de comparación. En este caso la procedencia de Juncalito, se tomó como patrón de comparación. Luego seleccionando el 50% de las mejores familias en la altura y el diámetro y tomando los valores medios de heredabilidad estimados tenemos:

$$S = X_s - X$$

- X_s** = Media de las familias seleccionadas
- X** = Media del lote comercial (Juncalito)

Altura media de las mejores familias = 4.36 m a los tres años y 10.81 m a los siete años.

Altura media del lote comercial = 3.19 m. a los tres años y 9.25 m a los siete años.

Diferencial de selección:

A los tres años: $S=4.36 - 3.19=1.17$ m. A los siete años: $S=10.81-9.25=1.56$ m.

Ganancia genética:

Luego: $G = h^2 * S$ $G = h^2 * S$

$$G = \frac{0.54 * 1.17 \text{ m} * 100}{3.19} \quad G = \frac{0.54 * 1.56 * 100}{9.25}$$

G = 19.81% **G = 9.11 %**

Se alcanza una ganancia genética en altura de 19.81% a los tres años y 9.11 % a los siete.

Diámetro medio de las mejores familias = 4.09 cm. a los tres años y 12.08 cm. a los siete.

Diámetro medio del lote comercial = 2.85 cm. a los tres años y 9.67 cm. a los siete.

Diferencial de selección

$S=4.09-2.85=1.24$ cm. $S=12.08-9.67=2.41$ cm.

Ganancia genética

Luego: $G = h^2 * S$ $G = h^2 * S$

$$G = \frac{0.62 * 1.24 \text{ cm.} * 100}{2.85 \text{ cm.}} \quad G = \frac{0.62 * 2.41 * 100}{9.67 \text{ cm.}}$$

G= 26.98 % **G = 15.45 %**

La ganancia genética para el diámetro es de 26.98 % a los tres años y 15.45 % a los siete.

Aún cuando los ensayos son relativamente jóvenes (3 y 7 años) las ganancias genéticas obtenidas representan avances significativos en el programa, a los cuales se le debe agregar respuestas aún superiores en los caracteres fenotí-

picos de rectitud del fuste y la ramificación, donde se han estimado valores de ganancia genética superiores al 20%.

Como la ganancia genética para el diámetro y la altura son altas, es de esperar que la ganancia en volumen maderable sea también alta y con avances muy significativos en la calidad de la madera, que viene dada por la rectitud del fuste, unido a la ausencia de nudos gruesos, pues al tener las plantas ramas finas y buena auto poda, se disminuye y en muchos casos se elimina este defecto en la madera.

VIII.4. Comportamiento de las descendencias/procedencias en el campo

Según Zobel y Talbert (1991) es un fenómeno conocido que muchas especies arbóreas forman razas geográficas o de procedencias y estas se definen de la manera siguiente:

- Una raza geográfica (procedencia) es una subdivisión de una especie, diferenciada de otra raza o razas dentro de la misma especie de tal manera que pueda ser verificada/demostrada por observaciones y ensayos, y
- Una procedencia ha evolucionado dentro de la especie a la cual pertenece a través del proceso de selección natural y los individuos que forman la procedencia.

Para analizar el comportamiento de los diferentes orígenes geográficos o procedencias en *Pinus occidentalis*, se agruparon las descendencias de un origen común y se calculó la media de las mediciones realizadas a los tres años, en cada sitio objeto de estudio (Grafico 4). Aquí se destacan al igual que en la etapa de vivero, un grupo de procedencias que logra resultados superiores a la media en todos los sitios estudiados, por lo que se consideran preliminarmente orígenes de interés para la selección de rodales semilleros.

La procedencia de La Vega, al igual que en la etapa de vivero, resultó la más destacada y fue superior a la media en seis de los siete sitios donde se establecieron los ensayos de campo, por lo que se considera una procedencia de gran interés para la selección y manejo de rodales semilleros.

En caso de la procedencia de Restauración que se había ubicado en el sexto lugar en el ordenamiento de las medias en la etapa de vivero, pasó a ocupar un lugar destacado con resultados superiores a la media en seis de los siete sitios estudiados, y en La Leonor, que fue el sitio donde se quedó por debajo de la media, se aproximó a ésta. En general, Restauración puede considerarse una procedencia de una aceptable estabilidad aún en sitios críticos por lo que para reforestar en esa zona de República Dominicana e incluso en Haití para las áreas cercanas y/o en condiciones similares a Sabana Clara se puede emplear esta procedencia.

La procedencia El Gallo – Jicomé presenta resultados muy destacados en los dos mejores sitios y eso la ubica en un lugar destacado en el ordenamiento de las medias. Sin embargo, en los sitios intermedios se quedó por debajo de los valores medios y en los dos sitios críticos alcanzó valores próximos a la media. Preliminarmente, podemos decir que El Gallo – Jicomé es una procedencia que se adapta mejor a buenos sitios y en sentido general mejoró su ubicación en relación con la etapa de vivero.

Las procedencias de Los Montones, Carrizal - Las Piedras y La Leonor alcanzan valores medios que superan la media general y que no difieren significativamente entre ellos. Los Montones presentan un buen desarrollo en Damajagua 1, en Damajagua 2 y también en Restauración. Sin embargo, en el sitio Los Montones se alejan de la media, cuando era de esperar un mejor comportamiento en su propio origen, aunque hay que señalar que la familia que ha resultado la mejor dentro de esta procedencia, no fue incluida en este lugar.

Carrizal – Las Piedras que alcanzaron resultados superiores a la media en cinco de los siete sitios en estudio a los tres años, pero en los dos mejores sitios (Damajagua

1 y Los Montones) quedó por debajo de los valores medios. De estas tres procedencias “Los Montones” mejoró su ubicación en relación con la etapa de vivero de un 7mo lugar en el ordenamiento de las medias pasó a un 4to lugar y Carrizal – Las Piedras descendió del 2do lugar en la etapa de vivero al 5to en el campo. Mientras La Leonor de un 4to lugar pasó al 6to, pero su valor medio es semejante a los ocupantes de lugares 4to y 5to, por lo que se puede decir que existe una buena correlación vivero – campo.

La procedencia de La Celestina alcanza valores ligeramente por debajo de la media y al igual que en la etapa de vivero ocupa un lugar rezagado en el ordenamiento de las medias. Otra procedencia de pobre comportamiento en ambas etapas vivero – campo es la del Parque Nacional Armando Bermúdez, sólo en uno de los sitios más críticos “La Leonor” alcanzó el 1er lugar en el ordenamiento de las medias, pero por las característica del lugar, este resultado no debe tomarse en cuenta y se ubica definitivamente en un lugar rezagado en el ordenamiento de las medias.

Por último, la procedencia Juncalito que viene a ser el tratamiento control en estos estudios, pues en ésta no existe ninguna descendencia de árboles plus, sino que representa a un lote comercial sin previa selección y aunque en la etapa de vivero, alcanzó un lugar destacado en el ordenamiento de las medias (3ro) en el campo, se representó en 5 sitios y en todos quedó por debajo de la media y también alcanzó uno de los últimos lugares en el ordenamiento descendente de las procedencias. Otro aspecto negativo a señalar en esta procedencia, es que en Damajagua 1 que fue el mejor sitio en sentido general y que este paraje se encuentra dentro de lo que es la procedencia Juncalito, ella resultó significativamente inferior a las demás procedencias.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. calc.	F. tab.	Significación
Procedencias	8	2.569	0.321	4.62	2.18	*
Bloques	6	48.244	8.041	116.54	2.34	**
Error	48	3.326	0.069	-		
Total	62	54.138	-	-		

Tabla No. 3.- Análisis de varianza. Comparación del comportamiento de las procedencias de *Pinus occidentalis* establecidas por el Plan Sierra, San José de las Matas, República Dominicana, en diferentes localidades de la vertiente norte de la Cordillera Central.

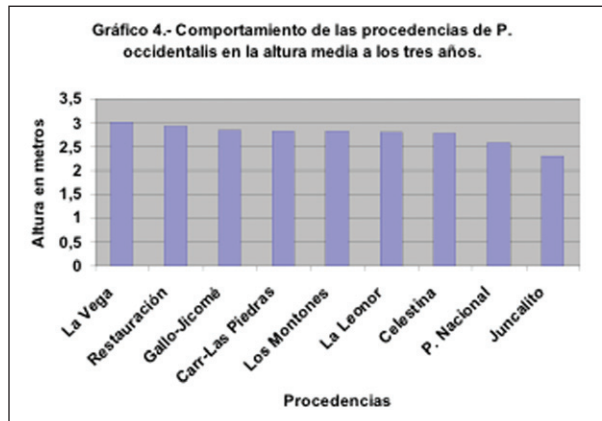
Para este análisis, los sitios donde se establecieron los experimentos de descendencias/ procedencias se consideran réplicas y las descendencias de un origen común como procedencias.

Las diferencias entre procedencias fueron significativas y entre los bloques altamente significativas. Para comparar las diferencias entre las procedencias se realizó la prueba de Dunnett Tabla No.4, considerando a Juncalito como procedencia control por no estar representado en ésta ningún árbol plus. Esta prueba señala a todas las procedencias excepto el Parque Nacional, con diferencias significativas con respecto al control.

Procedencias	Altura media (m)	Significación
La Vega	3.01	*
El Gallo – Jicomé	2.91	*
Restauración	2.84	*
Carrizal – Las Piedras	2.82	*
Los Montones	2.81	*
La Leonor	2.79	*
La Celestina	2.76	*
Parque Nacional	2.57	NS
Juncalito (control)	2.29	

Tabla No. 4.- Prueba de Dunnett para las procedencias: Según el análisis de varianza para la altura media en metros a los tres años.

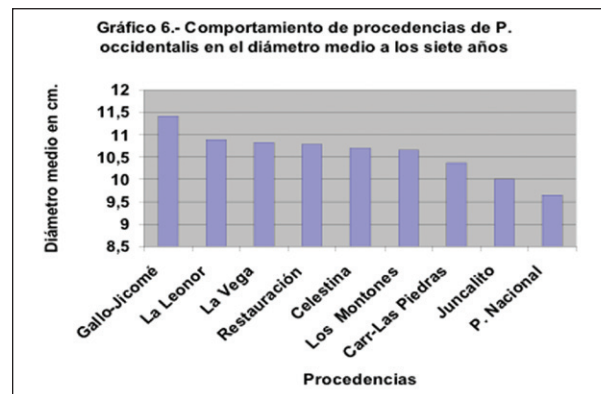
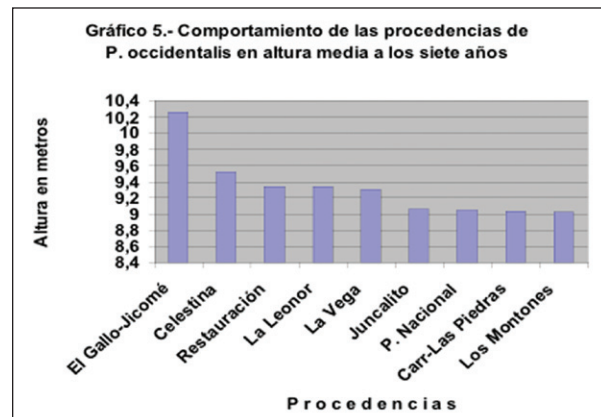
- * **Diferencia significativa al 95% de probabilidad.**
- NS = **No significativo.**



A los siete años se midieron nuevamente los ensayos de campo y se encontraron diferencias significativas entre las procedencias. En esta oportunidad, para la altura media resultaron superiores los orígenes de El Gallo-Jicomé, Celestina, La Leonor, Restauración y La Vega, y los de peor comportamiento fueron: Los Montones, Carrizal-Las Piedras, el Parque Nacional y Juncalito gráfico 5.

Para el diámetro medio, las cinco procedencias que alcanzaron los primeros lugares en el ordenamiento de las medias en la altura, fueron también las más destacadas en este índice con pequeños cambios, quedando ordenadas de la siguiente forma: El Gallo-Jicomé, La Leonor, La Vega, Restauración y Celestina, Gráfico 6. Aquí las procedencias de peor comportamiento fueron: Parque Nacional, Juncalito, Carrizal – Las Piedras y Los Montones.

A modo de resumen, se puede definir como mejores procedencias para seleccionar rodales semilleros y someterlos a planes de manejo especializados para obtener semillas Autorizadas “B” en El Gallo – Jicomé, La Leonor, La Vega, Restauración y Celestina.





IX. POLINIZACIÓN CONTROLADA

El pino no produce verdaderas flores, sino que tanto el polen como los óvulos se producen en órganos especiales llamados “conos”; hay conos masculinos que producen el polen en abundancia y conos femeninos que producen los óvulos, los conos jóvenes erguidos, sus terminales miden de 5 – 8 cm. cuando maduran (Liogier, 1974).

Hay que señalar que los pinos en general son especies monoicas, lo que quiere decir que ambos sexos se encuentran en un mismo árbol. Pero la naturaleza se encargó de ubicar predominantemente en la parte superior los conos femeninos y en la parte inferior los masculinos, lo cual constituye un mecanismo de control para evitar en gran medida la endogamia o autofecundación, pues es conocido que este fenómeno provoca efectos negativos tanto en el reino animal como en el mundo vegetal.

La polinización en los *pinos* es fundamentalmente anemófila, o sea, se realiza a través del aire, donde los diminutos granos de polen forman nubes que producen la polinización de los óvulos que se encuentran en las flores femeninas.

IX.1. Manejo de polen

La Corporación Nacional Forestal de Chile (CONAF), informa de un estudio poco habitual sobre la recolección y elaboración del polen de pinos para fines alimentarios. La idea fue sugerida por Pedreros (1987), investigador químico, quien plantea que el polen de los pinos posee 22 aminoácidos suplementarios. Contiene minerales, aceites especiales, enzimas, carbohidratos y proteínas, así como todas las vitaminas indispensables para el ser humano, y es un producto totalmente homogéneo. Tiene un olor agradable y no tiene sabor

definido, lo que permite usarlo como aditivo enriquecedor de cualquier alimento sin que cambie de modo perceptivo sus características primarias. Se están realizando estudios sobre otros usos del producto, y se considera que tendrá grandes posibilidades de mercado en Europa y los Estados Unidos, donde se comercializa con éxito el polen apícola.

En nuestro caso, el manejo del polen está orientado hacia el mejoramiento genético de *Pinus occidentalis*. Sin embargo, por la precocidad y abundancia en la producción de polen que presenta la especie, se pudiera aprovechar también estas bondades e incluso propagar ya sea vía sexual o asexual aquellos individuos más productivos en este aspecto, lo cual constituiría un nuevo índice a evaluar dentro del programa que hoy se lleva a cabo, pues se ha observado algunos clones que producen polen en cantidades apreciables todos los años. Además este carácter de producción de polen parece ser altamente heredable, pues las descendencias de esos individuos producen también cantidades apreciables de polen a edades tempranas de 3 – 4 años.

Sobre la base de una selección genotípica a partir de los resultados de los estudios de descendencias / precedencias y la evaluación clonal se escogen los árboles “élites” que se emplean en los trabajos de cruzamientos controlados. Estos cruzamientos se están llevando a cabo en los huertos semilleros clonales de *Pinus occidentalis* de Guamita y Los Montones y en el huerto semillero de plántulas en el “Bosque Banco Popular” de Damajagua Adentro. De estos cruzamientos se obtendrán descendencias de genealogía conocida de 1ra generación en Guamita y Los Montones y de 2da generación en Damajagua Adentro, los cuales representan avances muy significativos en el Programa de Mejora Genética de la especie.

Los conos portadores del polen se colectan con un óptimo estado de maduración y se envasan en fundas especiales y se ponen en un lugar ventilado a la sombra por espacio de dos o tres días y luego se ponen al sol en las propias fundas, hasta lograr que abran las estructuras del cono y liberen los granos de polen. Posteriormente, el polen se pasa por un tamiz bien fino donde se extraen todas las impurezas, se identifican los progenitores y se almacena en envases de cristal y/o plástico esterilizado con cierre hermético y se ubican en una nevera a temperatura de 4–6°C, hasta que se vaya a usar, (siempre que sea posible, se debe usar polen con pocos días de cosechado).

No obstante, cuando se mantiene el polen bien protegido y manejado eficientemente se puede utilizar hasta de un año. Por otro lado, si se almacena en ampollas cerradas al vacío, a temperaturas de -20°C, puede ser almacenado por 15 a 20 años y conservar su viabilidad.



Foto donde se muestran las flores de *Pinus occidentalis*: En el lado izquierdo las flores femeninas y a la derecha las masculinas con un viso amarillento. En este caso, las femeninas están en el momento óptimo de receptividad para la fecundación, mientras las masculinas están comenzando la liberación del polen.

IX.2. Aislamiento de los conos femeninos y polinización

Como se indicó al principio de este capítulo, los pinos no producen verdaderas flores, sino unos conos femeninos en cuyo interior se desarrollan los óvulos. Estos

conos deben ser aislados en la etapa inicial del desarrollo de las yemas florales para tener certeza de que no hayan sido fecundados por polen extraño.

Para el aislamiento de estos conillos, se emplean fundas especiales provistas de ventanas plásticas transparentes por donde se puede observar el estado fonológico de los conos, hasta que abran sus estructuras sexuales (óvulos). En este momento con una jeringa que contiene el polen seleccionado para cada combinación se realizan dos o tres polinizaciones durante una semana aproximadamente hasta que se produce la fecundación. La funda debe permanecer protegiendo el cono por varios días, hasta que se aprecie que las cavidades sexuales se han cerrado y no ocurre riesgo de que se fecunden con polen extraño.

Al parecer, en *Pinus occidentalis* la fertilización del óvulo se produce inmediatamente después de la polinización, pues Dobler (1999), plantea que el desarrollo de los conos se inicia inmediatamente después de la floración, es decir, desde diciembre mismo y termina unos 10 meses después, momento cuando las semillas están aptas para la recolección; o abrirán los conos, para soltar sus semillas, generalmente en el mes de octubre. Estos eventos fenológicos, en algunas especies del género *Pinus* requieren de alrededor de 18 meses, desde que se realiza la polinización hasta que son liberadas las semillas, ejemplo *P. caribaea*.



Polinización controlada en el Huerto Semillero Clonal de *P. occidentalis* en Guamita, San José de las Matas.

IX.3. Afectaciones a los conos por plagas

Al observar detenidamente los conos después de la polinización en los trabajos de cruzamientos controlados que ha realizado el Plan Sierra, se apreciaron ataques fuertes provocados probablemente por *Neodiprion* sp, en ambos huertos semilleros, siendo más intensos estos ataques en Guamita, al parecer por tener más años produciendo semillas. Los ataques se producen en la primera etapa de la "flor" donde al parecer la Mosca de Sierra de la familia *Sciridae* deposita sus huevos que dan origen a una pequeña larva que se desarrolla en el interior del cono provocando daños de consideración que probablemente sea una de las causas de la poca producción de conos y semillas de *Pinus occidentalis* en algunos años.

IX.4. Cosecha y procesado de los frutos

Para cosechar los frutos en general y especialmente los que han sido logrados mediante la polinización artificial, hay que verificar que los mismos hayan alcanzado una maduración óptima o sea, cuando los conos empiezan a perder su coloración verde y se tornan color marrón. Sin embargo, no se puede esperar demasiado y correr el riesgo de perder las semillas, por lo que se requieren observaciones periódicas para asegurar por un lado, una maduración adecuada y por el otro no perder un trabajo de tanta importancia.

Los conos de cada cruzamiento deben recolectarse por separado con la identificación correspondiente a ambos progenitores. Procesarse también de manera cuidadosa e individual, protegiendo las semillas de plagas y enfermedades y almacenándolas en envases herméticamente cerrados a temperatura de 4-6 °C.

IX.5. Establecimiento de ensayos de vivero y campo

La siembra en el vivero de las semillas que han sido obtenidas por cruzamientos controlados debe ser realizada por personal capacitado y asesorado por el especialista en mejoramiento genético, para identificar correctamente cada cruzamiento; de ello dependerá el éxito de las fases más avanzadas del programa.

Las plantas obtenidas se deben identificar antes de la salida del vivero para la plantación y utilizar diseños experimentales eficientes en sitios adecuados para el desarrollo de la especie, que permita realizar selecciones de individuos de genealogía conocida. En casi todos los programas de mejoramiento genético forestal de generación avanzada, se utiliza alguna forma de sistema de selección de los mejores individuos dentro de las mejores familias para clasificar los árboles como candidatos para hacer la selección; aquí se debe aplicar este principio.

Es conocido que el uso de la información individual y de familias para agrupar los fenotipos con base en las características de interés, permite que el fitomejorador obtenga ganancias genéticas excelentes. También hace imperativo que éste tome precauciones para mantener una base genética suficientemente amplia para el mejoramiento genético a largo plazo (Zobel y Talbert 1988). En este sentido, deberán realizarse nuevas selecciones tanto en plantaciones como en bosques naturales que permitan ampliar y conservar las bases genéticas en el programa de mejoramiento de *Pinus occidentalis*.

Se ha establecido el primer ensayo de descendencias de polinización artificial, de donde se seleccionarán las mejores familias y dentro de estas los individuos sobresalientes para las fases más avanzadas del Programa de Mejora Genética de la especie.



Ensayo de descendencias de *P. occidentalis*, obtenidas mediante cruzamientos controlados. Edad de las plantas 18 meses.



X. VALOR ECONÓMICO DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL

Partiendo que el costo de las semillas según Willan (1994), es una pequeña parte del costo de establecimiento, un relativo modesto incremento en la productividad justifica pagar un precio considerablemente superior por semillas mejoradas. Reilly y Nikles (1978), calcularon que para *P. caribaea* por un incremento en los rendimientos de 10 – 15 % el precio de las semillas debe ser 4 veces el precio corriente.

Davis (1967), demostró que un pequeño incremento en el rendimiento de las plantaciones de 2,5 – 4 % en *P. taeda* podría justificar pagar 2 – 3 veces el precio de semillas mejorada; a una conclusión similar arribaron Carlise y Teich (1970).

En este sentido Barner (1986) citado Willan (1994), plantea que el valor de una semilla mejorada (10 – 15 %) podría ser pagado cerca de 20 veces el precio de la semilla corriente de *Picea abies*. Para un pino tropical como *P. caribaea* Willan (1994), señala que la selección de árboles plus y el establecimiento y manejo de huertos semilleros puede presentar un incremento en la tasa de retorno interno de 12 – 15 %.

Muchos economistas prefieren basar sus estimaciones en la cantidad de ganancia genética necesaria para justificar un programa dado. Ésta es una forma relativamente fácil de ilustrar los aspectos económicos del mejoramiento genético forestal, y se puede relacionar con las ganancias genéticas que realmente se obtienen (Zobel y Talbert 1988).

Parecería a simple vista que es imposible efectuar un análisis económico del mejoramiento genético forestal. Sin embargo, esto no es así. Se utilizan todos los datos disponibles, se emplean las mejores estimaciones y

entonces se procede. Sin duda, la respuesta proporcionará información con la cual no se podría contar si no se hubiera llevado a cabo el análisis. La clave de dicho análisis es la flexibilidad. La metodología debe ser estable y general, y al mismo tiempo utilizar datos nuevos o actualizados cuando se tengan disponibles.

En el caso de *Pinus occidentalis*, los datos utilizados son de mediciones realizadas a finales del 2007 y principios del 2008, con los cuales se han realizado las estimaciones de ganancia genética en altura y diámetro.

Tomando los valores medios de altura y diámetro de las mejores familias se calculó el volumen medio por hectárea a los siete años y se alcanzó un volumen de 62.69 m³/ha, que representa un incremento medio anual de 8.96 m³/ha, mientras el lote comercial alcanzó solo 34.37 m³/ha, o sea 4.91 m³/ha de incremento medio anual. Ello representa un incremento adicional por efecto de mejora genética de 28.32 m³/ha a los siete años y 4.05 m³/ha/año.

Asumiendo planes de reforestación anual de 500 ha (8000 tareas) con *Pinus occidentalis* y solo el 50% de la ganancia o sea 14.16 m³/ha y un precio de RD\$ 1,600.00 por m³, se obtiene una ganancia adicional por efecto de mejora genética a los siete años de:

$$G = 500 \times 14.16 \times 1\,600.00 = \text{RD\$ } 11,328\,000.00$$

Por otro lado, como los planes de reforestación se llevan a cabo anualmente y teniendo en cuenta que los turnos de rotación de *P. occidentalis* es de aproximadamente 30 años, entonces podemos asumir un rendimiento adicional de 2 m³/ha/año por mejora genética y ello representa un efecto económico adicional de más de 50 millones de pesos anuales a partir del año 30.



Plantación de *Pinus occidentalis* de siete años de edad establecida con semillas procedentes de los árboles plus. Se aprecia un buen desarrollo y una significativa mejoría en las características fenotípicas de las plantas.



- 1) *Pinus occidentales* Sw. con 302 500 ha, en República Dominicana y que se extiende a Haití, presenta un amplio rango ecológico y un recurso genético de altísimo valor para La Española y otras regiones tropicales.
- 2) Se han seleccionado 67 de árboles plus en la vertiente norte de la Cordillera Central y comienzan a dar respuesta sobre el comportamiento genotípico de las familias y también de las procedencias. Además se han preseleccionados 50 fenotipos altitudinales en la Sierra de Bahoruco y en Valle Nuevo, Constanza.
- 3) Se han definido como método eficiente para la multiplicación vegetativa a través del injerto, la técnica de “púa lateral con suplemento hídrico” con más 70 % de injertos logrados.
- 4) Al finalizar la etapa de vivero, se encontraron diferencias altamente significativas entre familias y entre procedencias; la altura media general fue de 21,8 cm. En esta etapa se destacaron las procedencias de La Vega, Carrizal-Las Piedras y Juncalito.
- 5) Se han establecido dos huertos semilleros clonales en Guamita y Los Montones y un huerto semillero de plántulas en Damajagua. Entre los tres ocupan un área de 20 ha los que garantizarán en un tiempo relativamente corto, producir semillas certificadas para los programas de reforestación con esta especie.
- 6) Se han establecido 7 pruebas de descendencias/procedencias en diferentes condiciones edafoclimáticas de la Cordillera Central, cuyos resultados permitirán regionalizar el uso de las semillas en los programas de reforestación. A los 3 y 7 años de establecidos los ensayos, se han encontrado diferencias altamente significativas para la altura total, el d 1.30, los por cientos de supervivencia y también para las evaluaciones fenotípicas y fenológicas, las cuales complementan los resultados para la depuración genética en los huertos y para realizar los apareamientos de los cruzamientos controlados.
- 7) De los sitios estudiados, los mejores resultados se han alcanzado en Damajagua 1 y Los Montones; Restauración, Damajagua 2 y Celestina alcanzaron valores intermedios y los sitios de peor comportamiento fueron La Leonor y Constanza.
- 8) Para el establecimiento de los estudios de descendencias/procedencias, se han empleado diseños experimentales que permiten obtener la información sobre el comportamiento genotípico de las familias y luego acometer una depuración genética combinada: entre procedencias, entre familias y dentro de las familias, para transformar las pruebas de descendencias en huertos semilleros de plántulas.
- 9) Los resultados de las procedencias a los tres y siete años de establecidos los experimentos de campo difieren en algunos casos a los reportados sobre el comportamiento en la etapa de vivero, resultando los orígenes más destacados a los siete años: El Gallo – Jicomé, La Leonor, La Vega, Restauración y Celestina.





- 1) Se le debe seguir prestando una atención esmerada a todas las áreas experimentales, chapeo, limpieza de coronas, fertilización y medidas contra incendios.
- 2) Dar continuidad a los raleos de depuración genética al huerto semillero de plántulas de Damajagua Adentro extrayendo en cada uno el 33 % de los árboles en pie, realizando intervenciones a los 9 -10; 12 -13; 15 -16 y 18 -19 años de la plantación para llegar a una densidad de final de unos 160 árboles semilleros por ha a los 20 años.
- 3) Incluir las evaluaciones fenotípicas y fenológicas al momento de definir las mejores familias y/o individuos a ser utilizados en los trabajos de cruzamientos controlados y para la creación de nuevos huertos semilleros.
- 4) Por la abundancia en la producción de conos, se deben realizar cosechas eficientes en los dos huertos semilleros, Guamita y Damajagua con el objetivo de obtener cantidades apreciables de semillas Autorizadas "A".
- 5) Dar continuidad a los trabajos de polinización controlada en los huertos semilleros clonales de Guamita y Los Montones y también en huerto semillero de plántulas de Damajagua. Se hace necesario localizar áreas adecuadas para el establecimiento de estos ensayos y extremar la rigurosidad en la plantación de los mismos.
- 6) Seleccionar y darle tratamiento de mejora a rodales semilleros, mediante planes de manejo especiales en: El Gallo – Jicomé, La Leonor, La Vega, Restauración y Celestina, para obtener semillas autorizadas en el menor tiempo posible.
- 7) Se deben coleccionar los conos por procedencia e identificarlos desde la cosecha, el procesado, el almacenamiento, siembra y la producción de plantas en el vivero que permita al despachar las posturas para los sitios a reforestar se envíen de la procedencia indicada o la más cercana al área a reforestar.
- 8) Adquirir escaleras extensibles, cuchillas, tijeras, sacos de yute, sogas, cordeles, lonas y demás recursos necesarios para acometer las cosechas de conos y material vegetativo en los huertos semilleros y en los árboles plus.
- 9) Transformar la nave existente en Damajagua Adentro en una estructura especializada para la post-maduración, secado y extracción de semillas de los conos del huerto.
- 10) Registrar en el Departamento de Semillas de la Secretaria de Estado de Agricultura, la obtención de semillas certificadas provenientes de los huertos semilleros clonales y/o sexuales.
- 11) Continuar con las selecciones de árboles plus que permitan ampliar y conservar los recursos genéticos de la especie, para fases más avanzadas del programa.
- 12) Mantener un registro de las plantaciones que se realicen con plantas obtenidas con

semillas de los huertos semilleros, para poder realizar comparaciones con las establecidas a partir de semillas de lotes comerciales.

- 13) Incluir en la continuidad del Programa de Mejoramiento Genético de *Pinus occidentalis* el establecimiento de 20 ha de huertos semilleros clonales con vistas a lograr el autoabastecimiento de semillas certificadas.

- 14) Establecer en la Leonor-Jicomé, un nuevo ensayo de descendencias/procedencias, para lo cual se deben cosechar muestras de semillas independientes de los clones del huerto de Guamita, producir las plantas bien identificadas y establecer la plantación con diseños similares a los utilizados en Damajagua, que permitan una vez obtenida la información del comportamiento de las descendencias, transformar el ensayo en un huerto semillero de plántulas.



Agroclima. 2003. Oficina nacional de Meteorología Departamento de Meteorología operativa. División de Agrometeorología. Secretaria de Estado de Agricultura. República Dominicana.

Álvarez.A.G. Stephan, A. González y J. J. Blanco. 1987. Alternativa para el mejoramiento genético de los rendimientos de resina. Baracoa 17 (1). 55 – 64.

Amador. P, A. Fernández y M. Pérez. 1999. Comportamiento de diferentes clones frente a *Rhyacionia frustrana*. Tatascan. Vol. 11 No. 2. P: 13 – 19. Siguatepeque. Honduras.

Allard, E.W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas.- 4. ed.- Barcelona: Ed. Omega - 498 p.

Betancourt, A. y A. González. 1972. Trabajos realizados en Cuba sobre el Mejoramiento del *P. caribaea* Var. *caribaea* Barret y Golfari. En Memorias Especiales de Cuba al VII Congreso Forestal Mundial: p 9 – 26: La Habana.

Betancourt A. 1987. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Edición: Científico Técnico, ICL, La Habana.

Carlise, A. y Teich, A. H. 1970. "Cost and benefit Analysis of White Spruce (*Picea glauca*) Improvement." Pro. 12th Meet. Comm. For. Tree Breed, en Canada, pp. 227-230.

Carlise,A. y Rauter, M. 1978. "The Economics of Tree Improvement in Ontario." Tree Improvement Symp., Ontario, Min. Nat. Res. OP-7, Notario Canadá.

Dobler G, 1999. Manejo y tablas de rendimiento de *P. occidentalis*. Plan Sierra. República Dominicana.

Davis,L.S. 1967."Cost-Return Relationships of Tree Improvement Programs." Proc. 9th South. Conf. For. Tree Impr., Knoxville, Tenn., pp. 20-26.

Eldridge, K. G 1973. Minimum standards for evaluating progeny trials of *Pinus radita*. En: IUFRO Meeting on Tropical provenance and Progeny Research. Nairobi, Kenya.

Fernández C.J, P. Echevarria, M.H. Pérez, A. González, A.B. Fernández, R. Toledo y S. González 1990. Estudio clonal en un banco de genes de *Pinus caribaea*. Revista Baracoa 20 (1): 59 – 66 p. La Habana, Cuba.

González, A. y M. Pérez 1983. Comportamiento de progenies de polinización libre y controlada de un huerto semillero de *Pinus caribaea* Var. *caribaea*, Revista Forestal Baracoa 13 (1):7 – 28.

Jiménez A.A. 2001. Comparación de cuatro métodos de injerto para la multiplicación y Conservación de fenotipos superiores de *Pinus occidentalis* Swartz en San José de las Matas, República Dominicana. Instituto Superior de Agricultura, República Dominicana.

Liogier, A.H.1974. Diccionario Botánico de Nombres Vulgares de la Española, Santo Domingo, República Dominicana 813p.

Liogier, A. H.1978. Árboles Dominicanos. Santo Domingo, República Dominicana. 220 p.

Mesen F. 1988. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: Uso de propagadores de Sub-irrigación. CATIE. Turrialba. Costa Rica.

Mesén, F. 1996. Justificación económica del mejoramiento genético forestal. Memorias Primer Seminario

- Nacional sobre Mejoramiento Genético y Semillas Forestales. Turrialba. Costa Rica. P. 1 – 17.
- Palmberg, C. 1987. Conservation of genetic resources of Woody species. In: "Simposio sobre Silvicultura y mejoramiento genético de especies forestales". Buenos Aires, Argentina, Abril. 1987.
- Pedrerros, M. 1987. Polen para alimento. El Mundo Forestal. Unasylya - No.157- 158. Chile Forestal (Enero - Febrero 1987).
- Pérez, M. H., A. González, A. B. Fernández, A.J. Fernández y P. Echevarria 1990. Estudios de descendencias de *Pinus caribaea* Var *caribaea* en la localidad de Marbajita, Pinar del Río. Revista Forestal Baracoa 20 (2): 43-56. La Habana. Cuba.
- Pérez, M., C. J. Iglesias, A. González, S. González, P. Echevarria, A. B. Fernández y J. A. Fuster 1992. Comportamiento juvenil de progenies de fratrias en *Pinus caribaea* Var *caribaea*, Barret y Golfari. Revista Forestal Baracoa 22 (3): 7 – 15. La Habana. Cuba.
- Pérez M.H, A. Mercadert, A. González, P. Echevarria y P. Sotolongo. 1995. Perfeccionamiento de los programas de mejora genética de las principales especies forestales para mejorar los suministros de semilla de calidad superior para los planes de reforestación. Informe Final del Proyecto Ramal 1.08. Instituto de Investigaciones Forestales. Habana. Cuba.
- Pérez M. H., A. González y P. Echevarria .1999. Avances en la mejora genética de *Pinus caribaea* Mor. Var. *caribaea*. Barret y Golfari en la República de Cuba. Memorias II Simposio sobre "Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Santo Domingo. CATIE.
- Pérez, M.H y J.G. Torres, 2000. Estado actual y perspectivas del mejoramiento genético de *Pinus occidentalis* Sw. Plan Sierra, República Dominicana.
- Pérez M.H., A. González, P. Echevarria, S. González y J.A. Fuster. 2004. Mejoramiento genético de *Pinus caribaea* Mor. Var. *caribaea* Barret y Golfari en Cuba. Publicado en Memorias SINFOR 2004. Universidad de Pinar del Río, Cuba y 3er Congreso Forestal de Cuba.
- Reilly J.J and D.G. Nikles. 1978. Analyzing benefits and costs of tree improvement: *Pinus caribaea*. Third World Consultation on forest tree breeding, Camberra Vol. 2. 1099 – 1124.
- Steel, R.G.D. y J.H. 1989. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Primera Edición en Español. México. D.F.
- Tigre M.E. 2004. Manual de recolección y manejo de polen de *Pinus* tropicales y sub - tropicales procedentes de rodales naturales. CAMCORE, Julio 2004.
- Webster, S. 1971. "Nutrition of Seed Orchard Pine in Virginia." Ph.D thesis, North Carolina State University, Raleigh.
- Willan R, L. 1994. Economic returns from tree improvement in tropical and subtropical conditions. Technical note No. 36. DANIDA Forest Seed Centre 36 p.
- Zobel, B. Y.J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial. Limusa. S. A. México, D.F. - 545 p.
- Zobel, B, J. Talbert, 1997. Applied Forest tree Improvement, Waveland Press. Illinois, Estados Unidos.



Árbol elite

Árbol plus que después de haber sido evaluado genéticamente ha sido encontrado superior.

Árbol Plus

Árbol que ha sido evaluado fenotípicamente y ha sido encontrado superior dentro de una población en una o más de sus características deseables.

Auxina

Cualquiera de las hormonas o sustancias activadoras del crecimiento.

Categoría de semillas

(Según Mesén et al. 1996).

Categoría certificada

Corresponde a la semilla producida en huertos semilleros (clonales o de plántulas), evaluados genéticamente y sometidos a aclareos de depuración genética.

Categoría autorizada A

Corresponde a la semilla producida en huertos semilleros que no han sido sometidos a los aclareos de depuración genética.

Categoría autorizada B

Corresponde a la semilla producida en fuentes seleccionadas.

Clon

Grupos de plantas que se derivan de un individuo único a través de la multiplicación asexual o vegetativa.

Cromosoma

La unidad estructural autoduplicable del núcleo de las células, que contiene los genes en orden lineal.

Descendencia o familia

Todas las plantas que se derivan por semillas de un árbol constituyen una descendencia o familia. Esta puede ser de medios hermanos si se obtiene por polinización libre y de hermanos completos si es obtenida por cruzamiento controlado.

Desviación estándar fenotípica

La raíz cuadrada de la varianza fenotípica.

Diferencial de selección

La diferencia entre la media de la población base y la media de una subpoblación parental seleccionada. También puede expresarse como el producto de la intensidad de selección por la desviación estándar fenotípica.

Fenotipo

La manifestación física de un rasgo genético, resultante de un genotipo específico y su interacción con el ambiente en el cual se desarrolla.

Ganancia genética

Es la superioridad obtenida en la siguiente generación de un cultivo para alguna característica particular como resultado de la aplicación de la presión de selección.

Gen o gene

Un segmento particular de una molécula de ADN, generalmente localizado en el cromosoma, que determina una característica de un organismo.

Genotipo

El conjunto de genes o constitución genética de un organismo.

Heredabilidad

La proporción de la variación fenotípica en una pobla-

ción atribuible a factores genéticos. Matemáticamente, heredabilidad en sentido estricto es la proporción de la varianza aditiva con respecto a la varianza fenotípica. En sentido amplio es la proporción de la varianza genética total con respecto a la varianza fenotípica.

Huerto semillero clonal

Es una plantación especializada, que se establece con rametos o varetas de árboles superiores mediante técnicas de reproducción vegetativas ejemplo por injertos y su finalidad es producir semillas de alta calidad genética.

Huerto semillero sexual o de plántulas

Es una plantación especializada, que se establece a partir de plantas obtenidas con semillas de árboles superiores y su finalidad es producir semillas de alta calidad genética.

Intensidad de selección

Es un valor que mide en cuantas desviaciones estándar, la media de una subpoblación parental seleccionada excede la media de la población base. Matemáticamente es el producto del diferencial de selección entre la desviación estándar fenotípica.

Ortet u orteto

La planta original que se utiliza para generar un clon.

Procedencia

Lugar de donde procede las semillas. Las semillas de rodales semilleros de *Pinus caribaea* que se seleccionen en las plantaciones establecidas de esta especie en República Dominicana, el lugar donde se encuentre ese rodal, será la procedencia y el origen es Cuba, para la variedad *caribaea* y Centro América (Honduras, Nicaragua etc.) para la variedad *hondurensis*.

Origen

Zona geográfica donde crece naturalmente una especie determinada.

Propagación vegetativa

Tipo de propagación mediante el cual se obtienen nuevos organismos a partir de una célula o grupos de células del organismo original, sin la mediación de procesos sexuales. Este tipo de propagación involucra únicamente divisiones mitóticas de las células, por lo tanto, los organismos obtenidos mediante propagación vegetativa reproducen toda la información genética del organismo original.

Ramet o rameto

Cada uno de los propágulos vegetativos obtenidos de un Ortet. El conjunto de ramets genéticamente idénticos constituye un clon.

Raza geográfica (procedencia)

Es una subdivisión de una especie, diferenciada de otra raza o razas dentro de la misma especie de tal manera que pueda ser verificada/demostrada por observaciones y ensayos.

Varianza aditiva

Varianza genética que surge de los efectos acumulativos de los genes sobre el fenotipo.

Varianza fenotípica

La varianza observable en alguna característica de una población, resultante de la variación genética, la variación ambiental y su interacción.

Varianza genética

Fuentes genéticas de variación fenotípica entre individuos de una población.







Plan Sierra, Inc.

Ave. San Juan, San José de las Matas,

Apartado postal 1152, Santiago, R. D.

Tels.: (809) 578 8249 / (809) 578 8370

Fax: (809) 578 8396 • E-mail: p.sierra@codetel.net.do



Plan Sierra, Inc.

**Avances y Perspectivas en el Mejoramiento Genético
de *Pinus occidentalis* Swartz (Pino Criollo)**

Revista Plan Sierra 2008
Plan Sierra, Inc.

Marzo de 2008