



FIPRODEFO

Fideicomiso para la Administración del Programa
de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco



MANEJO DE UN **Huerto Semillero**



y **Banco Clonal** de
Pinus douglasiana Martínez **en Jalisco**

JOSÉ ANGEL LÓPEZ LÓPEZ

MANEJO DE UN

Huerto Semillero

y Banco Clonal de

Pinus douglasiana Martínez **en Jalisco**

MANEJO DE UN

Huerto Semillero y Banco Clonal de *Pinus douglasiana* Martínez en Jalisco

JOSÉ ANGEL LÓPEZ LÓPEZ

COLABORADORES

RAFAEL GARCÍA REYES
JOSÉ VILLALVAZO NÚÑEZ

Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo
Forestal del Estado de Jalisco (FIPRODEFO)

REVISORES

DR. CELESTINO FLORES LÓPEZ
M.C. ESTEBAN TALAVERA ZÚÑIGA

Guadalajara, Jalisco, México, 2019

Primera edición, 2020

D.R. © 2020, FIPRODEFO

Calle Bruselas #626, Moderna
44190 Guadalajara, Jalisco

D.R. © 2020, Unión de Asociaciones de Silvicultores del Estado de Jalisco, AC

Isla Martinica #2517
Colonia Colón
44920 Guadalajara, Jalisco

D.R. © 2020, Fondo Editorial Universitario

Sabadell 52, bajo derecha
San Josep de Sa Talaia
07839 Islas Baleares
España

ISBN: 978-84-18080-84-5

Hecho en México

Made in México

CONTENIDO

Prólogo	11
Establecimiento y manejo de huerto semillero y banco clonal de <i>Pinus douglasiana</i> Martínez en Jalisco.....	15
1 Introducción	15
2 Antecedentes	17
3 Plan de mejoramiento genético de <i>Pinus douglasiana</i> Martínez en Jalisco.....	19
4 Selección de árboles superiores	21
4.1 Identificación de rodales	21
4.2 Selección de árboles candidatos	23
4.2.1 Determinación de edad y densidad de la madera	25
4.3 Selección de árboles superiores	26
4.4 Ubicación e identificación de árboles superiores	27
4.5 Situación actual (2017) de <i>Pinus douglasiana</i> Martínez seleccionados en Jalisco.....	29
5 Entrenamiento y escalado de árboles superiores	31
6 Producción de pinos en vivero para patrones de injertos	36
6.1 Tipos de sustrato	38
6.2 Selección de plántulas de pino.....	40
6.3 Trasplante.....	42
6.4 Fertilización	44
7 Recolecta de material biológico para la injertación de pinos.....	48
7.1 Preparación del material recolectado para su transporte y envío ...	50
8 Injertación del material recolectado de pinos en campo	55
8.1 Material e insumos de injertación	56
8.1.1 Selección de patrones de pino	58
8.2 Injertación de pinos	59
8.2.1 Tratamiento posinjertación	71
8.2.1.1 Manejo de bolsa de plástico previa salida de brotes	71
8.2.1.2 Cuidado del área de injertación.....	73

	8.2.1.3 Fertilización	74
	8.2.1.4 Revisiones y evaluación de prendimiento de injertos ..	75
	8.2.1.5 Manejo de injertos brotados	76
8.3	Costo de injertos por año	79
	8.3.1 Costo de injertos de pino con material procedente de árboles superiores en medio natural.	80
	8.3.2 Costo de injertos de pino con material procedente de injertos establecidos en huerto semillero y banco clonal... ..	80
9	Principales problemas durante la injertación de pinos	81
10	Localización y generalidades del huerto semillero y banco clonal	85
	10.1 Establecimiento y distribución del huerto semillero asexual (HSA) de <i>Pinus douglasiana</i> Martínez	86
	10.2 Establecimiento y distribución del banco clonal (BC) de <i>Pinus douglasiana</i> Martínez	87
11	Actividades de mantenimiento y tratamiento general	88
12	Preparación y tratamiento de injertos prendidos hasta su establecimiento	90
	12.1 Tratamiento previo	90
	12.2 Ubicación y tratamiento de cepas en huerto semillero o banco clonal.....	94
	12.3 Establecimiento de injertos de pinos y sus cuidados	97
13	Actividades de tratamiento productivo	101
	13.1 Tratamiento de injertos mayores de un año de edad	101
	13.2 Fertilización de injertos y pinos de etapas 2, 3 y 4	104
	13.3 Otras actividades	108
14	Producción de estructuras reproductivas y fenología	108
	14.1 Etapas de desarrollo	114
	14.2 Producción de polen de diferentes familias	115
	14.3 Aislamiento de estróbilos femeninos o conillos	119
	14.4 Polinizaciones controladas	122
	14.5 Monitoreo y revisión de estróbilos femeninos después de la polinización	124
15	Recolecta, beneficio y almacenamiento de conos de pinos	125
	15.1 Producción de conos	129
	15.2 Registro y proceso de secado	131
	15.3 Limpieza o desalado de semillas	132
	15.4 Pureza de semilla producida	133
	15.5 Almacenamiento de semillas producidas	133

16	Factores que afectan la producción de semilla en HSA y BC	135
16.1	Origen de la semilla	136
16.2	Exposición al sol	137
16.3	Deficiencias nutricionales	138
16.4	Actividades secundarias	140
16.5	Presencia de plagas chupadoras	141
16.6	Chinche semillera (<i>Leptoglossus occidentalis</i> Heideman)	143
16.7	Estrés hídrico	144
16.8	Defoliaciones	146
16.9	Orientación del huerto semillero o banco clonal	147
16.10	Afectación de conos	148
17	Problemas que afectan la supervivencia de los pinos o injertos	148
17.1	Roedores	148
17.2	Descortezadores	149
17.3	Barrenadores de yemas terminales, conos y tallo	150
17.4	Defoliadores menores	151
17.5	Fungosis	152
17.6	Fauna silvestre diversa	153
17.7	Ganado vacuno	154
17.8	Genéticos	154
17.9	Mala inserción del injerto	155
17.10	Falta de podas oportunas de ramas patrón	156
17.11	Efecto de podas en yemas terminales sobre producción de semilla ..	158
17.12	Hormiga arriera en etapa temprana	159
17.13	Problemas de raíces regresadas	160
17.14	Daños mecánicos y pudriciones de tallo	162
18	Otros problemas diversos en injertos que no son letales	163
19	Producción de pinos PDU-HS para diferentes fines	166
20	Costos de mantenimiento y tratamiento productivo en huerto semillero y banco clonal	169
21	Ensayos de progenie de <i>Pinus douglasiana</i> Martínez	172
	Glosario	175
	Referencias bibliográficas	187
	Anexos	191

PRÓLOGO

La información técnica existente acerca del mejoramiento genético forestal en México ha sido generada en algunas universidades y algunos centros de investigación de origen gubernamental, y solo unos cuantos beneficiarios particulares han tenido la inquietud y el interés por producir y transferir los conocimientos adquiridos en esta área técnica. En algunos casos, el conocimiento logrado es en su mayoría de tipo más teórico que práctico, y solo algunos investigadores formados en el extranjero y en el país le han dado la relevancia adecuada para establecer las bases de la investigación en el mejoramiento genético forestal, después de explorar por varios años las áreas de su interés y conveniencia.

Desde hace algunos años el gobierno de Jalisco propuso y estableció la necesidad de un desarrollo forestal a través de diferentes programas técnicos que dieran apoyo a las instancias involucradas en dicha materia. Entonces se integró un equipo técnico multidisciplinario que tenía como finalidad dedicarse a establecer plantaciones forestales comerciales para reducir la sobreexplotación del bosque y garantizar a mediano y largo plazos las demandas de madera en el estado. En este proceso se incluyó un subprograma de mejoramiento genético, entre otros, para ser el punto de partida en el apoyo del programa de plantaciones forestales comerciales.

Para iniciar este programa se eligió la especie *Pinus douglasiana* Martínez, para aplicar las técnicas y el conocimiento del mejoramiento genético forestal en Jalisco. Con esta especie se estableció un huerto semillero, un banco clonal y ensayos de progenie a través de una base poblacional de pinos seleccionados como superiores, y a través de ello se generó el conocimiento y la experiencia de poco más de catorce años que contiene este libro.

La finalidad de este libro es aportar el conocimiento y la experiencia en el mejoramiento genético forestal que se tiene para esta especie, tan solo en lo que se refiere al establecimiento y la atención cultural de

un huerto semillero y un banco clonal de *Pinus douglasiana* Martínez en Jalisco, así como los resultados generales de los ensayos de progenie y exploratorios establecidos en diferentes regiones de Jalisco.

En el libro se incluyen pasos, actividades, procesos, metodologías, adecuaciones, experiencias y resultados específicos relativos al tratamiento de la especie que han funcionado de la mejor manera posible durante estos años, a pesar de las limitaciones técnicas y presupuestarias, propias de una institución de gobierno estatal en la cual se afectaba el funcionamiento adecuado y oportuno debido a los diversos cambios e intereses políticos y sociales de las diferentes administraciones involucradas.

El contenido de esta información técnica que se pone a su consideración es producto del trabajo, el interés y la dedicación que el personal técnico y de apoyo en campo en sus diferentes áreas de producción en vivero, huerto semillero y banco clonal, escalado de árboles superiores, establecimiento y manejo de ensayos, plantaciones forestales comerciales y huertos semilleros sexuales, han dejado plasmados en cada participación para alcanzar dichos logros.

Se enfatiza en que el conocimiento y la experiencia plasmados hacen referencia casi exclusiva a la especie *Pinus douglasiana* Martínez, aunque se señalan algunas experiencias en otras especies forestales manejadas en viveros de producción, en el proceso de injertación y en la respuesta al tratamiento mencionado. Se señalan los detalles precisos de diferentes procesos de interés técnico de injertación y su manejo completo, desde la producción de portainjertos en vivero hasta la gestión productiva dentro del huerto semillero y el banco clonal.

Este libro se dedica a las personas de campo, ejidatarios, propietarios particulares, técnicos forestales, investigadores, estudiantes de las diversas áreas de interés (biología, ingenieros y demás carreras afines del sector forestal), compañeros del sector y a personas del público en general que han inspirado su elaboración; este libro servirá de referencia técnica en el tratamiento de otras especies forestales en sus diferentes ámbitos, según lo consideren pertinente.

Se agradece especialmente a las diversas autoridades y al personal del Fideicomiso (FIPRODEFO), a las instancias gubernamentales del sector forestal involucradas, así como a las asociaciones de silvicultores, a los

propietarios ejidales y particulares de los árboles superiores seleccionados desde un inicio, que permitieron el acceso y se comprometieron con el programa de mejoramiento genético en Jalisco. Así también a todos aquellos que apoyaron en el financiamiento para la impresión y la publicación de este libro.

Es de mucha importancia reconocer el esfuerzo de los colaboradores, diversos trabajadores sin distinción de género, y a los revisores de este libro para precisar la información contenida, con el afán de hacerla más accesible y entendible para cualquier persona. También hay que reconocer que este esfuerzo y tanto tiempo invertido en el libro han sido el resultado del sacrificio y del ímpetu del legado familiar y de amistades cercanas que han apoyado e inspirado esta trayectoria profesional en todos sus sentidos.

JOSÉ ANGEL LÓPEZ LÓPEZ

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE HUERTO SEMILLERO Y BANCO CLONAL DE *PINUS DOUGLASIANA* MARTÍNEZ EN JALISCO

1 Introducción

Jalisco es uno de los estados del país de gran importancia económica y biológica; la vocación natural de la mayor parte de su territorio es de tipo forestal, pero se han ido perdiendo para convertirse en terrenos de uso agrícola y pecuario, los cuales, en su mayoría, son poco productivos. Debido a esto, la pérdida de masa forestal en diferentes regiones del estado se ha incrementado de forma considerable, ahora más con los cultivos agroindustriales diversos de alta intensidad y producción, que ocupan gran parte de los terrenos de uso agrícola de baja y media intensidad. En este cambio de uso del suelo se han encontrado algunas desventajas para los organismos en general, y se ha ocasionado la pérdida o reducción de ciertas poblaciones naturales que desempeñaban diversas funciones ecológicas dentro del ámbito forestal (figura 1).

Las condiciones naturales del entorno se han modificado de forma rápida, lo que ha generado la pérdida del suelo en varios lugares; ello influye negativamente en el equilibrio de diversos hábitats y de su permanencia para el desarrollo de diferentes especies arbóreas, las que se han ido reduciendo de manera impresionante.

Toda vez que ocurre un cambio en el uso de suelo, los daños de los ecosistemas son permanentes y su recuperación es lenta. Así mismo sucede con la sobreexplotación de ciertas especies maderables en los bosques en general, el material genético se pierde sin que se logre recuperar algo de esa calidad genética.

El recurso genético que se va quedando en el medio natural es el que presenta inconveniencias económicas para el industrial, y se explota o se aprovecha aquel con características de volumen y rectitud que satisfagan una demanda específica. Se requiere cubrir esta necesidad con el establecimiento de programas de conservación y producción sustentable del recurso genético, dando un buen tratamiento silvicultural del bosque y estableciendo plantaciones forestales comerciales de diversas especies que reduzcan la presión de la explotación en medio natural. Se pueden formar y desarrollar programas de mejora genética del recurso forestal de todas las especies de interés para cada región, y que estos apoyen de forma intensiva y segura los programas de manejo dentro del bosque.

En Jalisco se tuvo la iniciativa —por el gobierno encabezado por el gobernador C. ingeniero Alberto Cárdenas Jiménez y la cámara de diputados de ese periodo 1995-2001— de crear un fideicomiso en 1998 para administrar los apoyos económicos que estimularan el desarrollo forestal en el estado, al cual denominaron Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco, conocido por sus siglas como FIPRODEFO.

Este fideicomiso, con actividades públicas en su mayoría, fue instituido como tal bajo el decreto número 18965 de forma oficial a partir del 9 de junio de 1998. Dentro de este fideicomiso se incluyen diferentes programas, entre ellos uno de mejoramiento genético forestal, los cuales iniciaron actividades a partir del año 1998. A partir de esta fecha y hasta la actualidad se continúa con el programa de mejoramiento genético con la especie *Pinus douglasiana* Martínez y otras especies más de grupos

vegetales diferentes, que son de importancia comercial para el gobierno de Jalisco.



Figura 1. Situación e influencia de los recursos genéticos forestales afectados por la ganadería extensiva, áreas agrícolas, huerta de aguacates y cambios de uso de suelo en bosques.

2 Antecedentes

El mejoramiento genético forestal en países desarrollados ha ido en crecimiento constante debido a las grandes expectativas económicas que se generan a partir de este. Se ha aumentado la producción silvícola en general creando diversas fuentes de trabajos regionales, se ha reducido la presión sobre el bosque natural estableciendo plantaciones forestales comerciales sustentables de diferentes especies forestales, y se han generado divisas para cada país, entre muchos otros beneficios (CONIF, 2001).

En los países en vías de desarrollo, el establecimiento de programas que involucren un mejoramiento genético de las principales especies forestales ha sido mínimo o nulo en algunos de ellos, a tal grado que

no se han incluido en programas de conservación o forestación por su bajo valor comercial y la escasa disponibilidad de información técnica de tipo ecológica; por ende se ha generado erosión genética y pérdida de materiales biológicos valiosos que han llevado a ubicar una relación de especies en estatus crítico a escalas nacionales. Es de gran importancia apoyar programas no solo de conservación de material genético forestal, sino también de buen manejo silvícola de las especies productivas; para ello se requieren considerables apoyos económicos que fomenten esta labor y generen una mejor visión para los planes estratégicos de desarrollo forestal de cada país (Sotolongo *et al.*, 2013).

En México se han establecido programas de apoyo de diversa índole en el sector forestal, principalmente a las áreas productivas y de reforestación, según prioridad de los diferentes estados del país, pero poco o de manera vestigial se ha apoyado los programas de conservación y mejoramiento de los recursos genéticos forestales. Algunos estados de México han implementado estos programas debido a la importancia propia de cada uno.

Para instaurar el plan de desarrollo forestal de Jalisco se tuvo el apoyo técnico de expertos forestales de Fundación Chile, la que, a petición de la administración del gobierno del ingeniero Alberto Cárdenas Jiménez, se estableció para conformar equipos de profesionales en la materia de cada programa: Plantaciones Forestales Comerciales, Mejoramiento Genético, Sanidad Forestal, Bosques Naturales e Industria.

Durante la presencia de Fundación Chile en Jalisco se capacitó personal técnico para realizar diversas actividades con el objetivo inicial de fomentar las plantaciones forestales comerciales de diferentes especies, los programas de Mejoramiento Genético y Sanidad Forestal quedaron como programas de apoyo al primero. Para ello, se listaron los grupos y las principales especies forestales de interés económico para ese entonces.

Dentro del grupo de las coníferas se incluyeron tres especies prioritarias de pinos: *Pinus douglasiana* Martínez, *Pinus devoniana* Lindl. y *Pinus pseudostrobus* Lindl.; entre las especies forestales tropicales se consideraron rosa morada (*Tabebuia rosea* Bertol.), primavera amarilla (*Roseodendron donell-smithii* Rose), cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), habillo (*Hura poliandra* Baill.) y parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.).

De todas estas especies forestales, solo se decidió incluir a *P. douglasiana* Martínez para aplicar técnicas y metodologías de mejoramiento genético. Esta determinación se basó en la importancia económica y la abundancia relativa dentro de sus áreas de distribución que tiene esta especie, razón por la cual el aprovechamiento del medio natural es elevado, con poco más del 70% del total de las especies de coníferas en Jalisco, con la finalidad principal de producción maderable.

Debido a esta problemática general, se enfocaron los esfuerzos técnicos y científicos para que esta especie de pino se estudiara y valorara considerando el establecimiento de plantaciones forestales comerciales para reducir la sobreexplotación y así bajar la presión sobre el bosque natural. Con ello se dejaron las otras especies fuera del plan de mejoramiento genético, pero no de las especies a producir para reforestaciones y plantaciones comerciales en el estado.

3 Plan de mejoramiento genético de *Pinus douglasiana* Martínez en Jalisco

Para iniciar el plan de mejoramiento genético de esta especie de pino blanco, se concertaron primero reuniones con los principales prestadores de servicios técnicos forestales en las diferentes regiones de Jalisco, para evaluar la situación real de la especie en ese momento, según experiencia de manejo y planes de aprovechamiento anual de cada uno de los predios que cada técnico forestal trabajaba. También se consultó a los propietarios de terrenos forestales en varios municipios del estado, para difundir el interés por mejorar las condiciones de la producción forestal sustentable para su beneficio. Se les invitó a apoyar en los diferentes programas en conjunto con sus prestadores de servicios forestales.

Se plantearon los detalles del programa de mejoramiento genético y los alcances a corto, mediano y largo plazos con esta especie. Se partió de una población base de la cual se seleccionaron árboles superiores para dar seguimiento y establecer un plan de mejora estableciendo ensayos de progenie, banco clonal y huerto semillero asexual (figura 2).

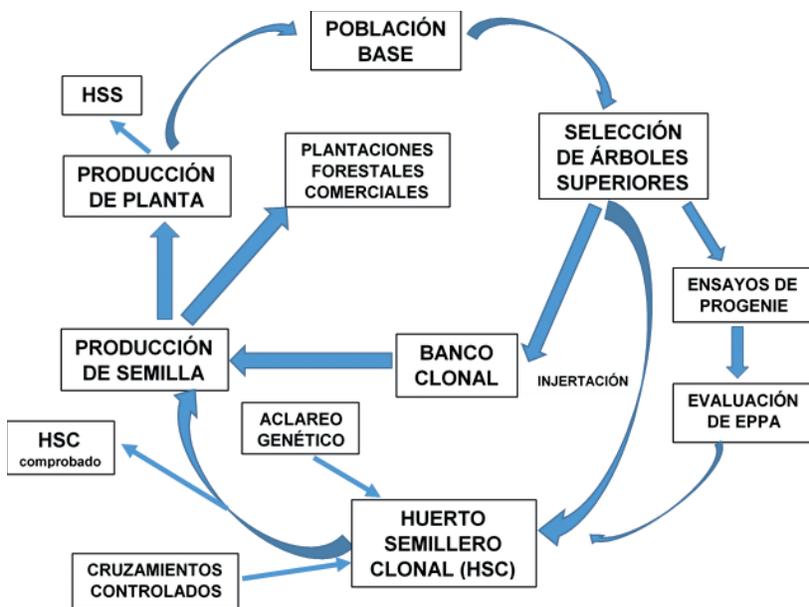


Figura 2. Plan de mejoramiento genético para *Pinus douglasiana* Martínez en Jalisco (Modificado de Ipinza, 1998 y British Columbia Ministry of Forest and Range, 2005). HSC: Huerto semillero clonal; EPPA: ensayo de progenie de polinización abierta; HSS: huerto semillero sexual.

La estrategia planteada inicialmente se basó en la selección de material genético valioso, para que una vez establecido en el huerto semillero asexual se combinaran las características sobresalientes de cada uno de los árboles seleccionados y se obtuviera variedad de resultados en relación con la semilla producida después de este manejo reproductivo y se notaran las ganancias genéticas propias del material seleccionado debidas a la recombinación y la diversidad genética.

Esta estrategia está planteada para que en a corto y mediano plazo se generen resultados en los aspectos de mejora y producción de germoplasma forestal en el menor tiempo y con el menor costo posibles. Esto se alcanzaría utilizando diversas estrategias de manejo productivo que promuevan la producción de semilla en cantidad y calidad y a su vez abastezcan las demandas propias de la especie en cuestión.

El objetivo principal planteado desde los inicios del programa fue ser el apoyo básico y fuerte para el programa de plantaciones forestales

comerciales del estado de Jalisco. Se consideró realizar diversas plantaciones forestales comerciales con las principales especies forestales prioritarias de interés para los industriales y el gobierno estatal en su plan de desarrollo forestal, pero solo se definieron recursos para el plan de mejora genético para *Pinus douglasiana* Martínez en Jalisco.

Las otras especies también de interés no podrían tener el mismo apoyo en la mejora genética por diversos factores financieros del gobierno estatal. Esta especie fue elegida por ser económicamente más factible por su grado de explotación y valor industrial, en parte por su abundancia y distribución dentro del estado de Jalisco.

Se fijó la meta de cubrir la demanda de madera para aserrío que exigían los industriales por su enorme demanda en los años noventa. Para ello se involucró a todos los actores del sector forestal, quienes vieron con buenos ojos el programa y apoyaron en sus comienzos todas las decisiones para avanzar en el cumplimiento de los objetivos y las metas establecidas.

A su vez estaban convencidos que este programa del gobierno del estado promovería el establecimiento de plantaciones forestales comerciales y con ello se reduciría la explotación de madera de manera indiscriminada en el medio natural, y aumentaría la calidad del bosque mediante un tratamiento sustentable en la diversas regiones forestales del estado.

4 Selección de árboles superiores

4.1 Identificación de rodales

Los bosques donde se encuentra mayormente distribuida la especie de *Pinus douglasiana* Martínez en el estado de Jalisco, llamado bosque de pino-encino abierto (cobertura de copa oscila entre 10 y 40%) o cerrado (cobertura es mayor a 40%) representaban en aquel entonces una superficie de 926,428 hectáreas.

Esta superficie comprendía las comunidades mezcladas de los géneros *Pinus* spp. y *Quercus* spp. en proporción diversa; resulta difícil separar un componente de otro debido a la heterogeneidad con que se presentan. Se distribuye en las principales montañas y sierras del estado: sierra del

Tigre, San Sebastián, Manantlán y el Volcán entre otras, en áreas cuyas altitudes están desde 1,000 hasta 4,000 metros, aun cuando en partes cercanas al litoral se encuentra a 600 msnm, con una temperatura media anual que varía entre 10 °C y 26 °C, y una precipitación media anual entre 600 mm y 1,200 mm.

Las combinaciones de las especies, tanto de pino como de encino, varían según el suelo y la altitud de la región. Las especies más importantes de este tipo de bosque son: *Pinus douglasiana* Martínez, *P. lawsonii* Roetzl., *P. lumholtzii* Robins & Ferns, *P. michoacana* Lindley, *P. montezumae* Lamb., *P. oocarpa* Schiede ex Schltld. y *P. teocote* Schiede ex Schltld. & Cham. En el caso de los encinos: *Quercus affinis* Schiede, *Q. castanea* Née, *Q. candicans* Née, *Q. dumosa*, *Q. mexicana* Humb. & Bonpl., *Q. rugosa* Née, *Q. crassifolia* Humb. & Bonpl. (SARH, 1994).

La cantidad y la calidad de la semilla producida a través del seguimiento de actividades en el establecimiento y el manejo productivo del huerto semillero clonal aportaría la semilla necesaria para establecer las plantaciones forestales comerciales en Jalisco, y de manera paulatina aumentaría la superficie plantada con material genético con algún grado de ganancia genética adquirida desde la selección y el manejo de los individuos dentro del huerto semillero. Esto se alcanzaría en el mediano y largo plazo propuesto a principios del programa de mejoramiento genético y se lograrían resultados en la calidad de la madera y otros aspectos productivos de la misma especie.

Del inventario forestal de 1994 se asentó que para el estado de Jalisco se tenía una superficie de 3,443,522 ha, de las cuales un 66.9% era de tipo forestal, con potencial de producción de carácter maderable y no maderable; 1,487,573 ha (28.9%) que necesitaban algún tipo de trabajo de restauración, y por último las zonas de conservación, que tenían una superficie de 217,482 ha (4.2%), una superficie de 938,466 ha con muy buen potencial para su producción (Rueda *et. al.*, 2006). De esta parte final del área forestal se calculaba que en 598,661.22 ha (17.38%) en el estado de Jalisco es donde se encontraba distribuido el *Pinus douglasiana* Martínez en diferentes tipos de vegetación con las diversas especies forestales, como las coníferas en general, encinos, vegetación secundaria de forma combinada y en pocas partes de manera pura. Dado que estos tipos de vegetación

albergan diferentes especies forestales en todo Jalisco, se seleccionaron pinos de esta especie en las regiones con mayor abundancia y aprovechamiento conocido vigente, y se redujeron aún más las áreas donde se efectuó la selección de los árboles candidatos.

Las regiones forestales comprendidas por áreas de selección de pinos en los municipios de Jalisco son las ubicadas en los municipios de Tecalitlán, Gómez Farías, Tamazula, Concepción de Buenos Aires, Mazamitla, Tapalpa, Chiquilistlán, Mascota, Ayutla, Cuautla, San Sebastián del Oeste, Cabo Corrientes y Tomatlán.

En cada municipio se seleccionó diferente número de árboles superiores, desde uno o hasta diez en algunos de ellos, pero al final solo se logró ubicar 100 individuos de la especie *Pinus douglasiana* Martínez, con sus respectivos árboles testigos (tres en promedio por cada pino seleccionado), lo que sumó en total 400 árboles que conformaron la población base.

De este total quedaron 90 familias; de estas se eligió las mejores 51 familias productoras de conos y semillas para el establecimiento del huerto semillero clonal, y en el caso particular del banco clonal se incluyeron las 90 familias del total. Entonces la proporción de selección calculada es de 0.225 (90/400) en el estado de Jalisco, y la intensidad de selección es de 1.34. Se utilizó el método de selección individual con comparación de cinco testigos (aunque en algunos el número fue menor por no haber suficientes árboles en el área) para cumplir con el ciclo de mejoramiento genético de la especie a mediano y a largo plazos (FAO, 2013).

4.2 Selección de árboles candidatos

En primera instancia —búsqueda de los mejores árboles de la especie en cada una de las regiones de distribución dentro del estado de Jalisco— se revisaron por los técnicos forestales, con el apoyo y la anuencia de los propietarios de los predios donde se tenía permiso de aprovechamiento. Con este apoyo en campo se ubicaban las áreas con determinado número de árboles con las posibilidades de ser incluidos en la selección y la evaluación final (Zobel y Talbert, 1998; Ipinza, 1998).

Entonces se realizaron en campo diversas actividades que implicaron visitas técnicas para efectuar la revisión exhaustiva de aquellos pinos que

reunieran las mejores características fenotípicas de rectitud, volumen y sanidad en primera instancia, y luego se tomaron en cuenta otras características fenotípicas complementarias a las primeras.

- Altura: total y comercial
- Diámetro a la altura del pecho o DAP (a 1,3 m)
- Edad (años)
- Volumen (calculado)
- Fuste: rectitud y forma
- Densidad de la madera
- Ramas: ángulo y diámetro
- Copa: tamaño (diámetro) y simetría (balance)
- Poda natural
- Resistencia aparente a plagas y a enfermedades

Cada pino considerado como superior o candidato en cada región de Jalisco fue ubicado y notificado para que se realizara una revisión técnica y la valoración de dichas características por técnicos forestales chilenos y del FIPRODEFO, para que hubiera una evaluación y una sanción técnica precisas que ayudaran a considerar la aplicación de técnicas y metodologías propias del mejoramiento genético forestal. El personal técnico forestal en campo organizó cuadrillas para buscar en cada predio a su cargo todos los pinos de la especie de interés que reunieran las características externas solicitadas para el fin mencionado, ser superiores a los demás.

De los pinos ubicados como los mejores, se le revisaron las características fenotípicas de forma general para ir depurando el total de estos árboles. Se seleccionaron 100 de los pinos considerados como candidatos, y luego se dejaron los mejores 90 pinos de la especie (anexo 1).

A cada árbol seleccionado como “candidato” se lo llamó familia, o también *ortet*. Cada pino “candidato” se comparó con otros cinco pinos llamados “testigos” (se enumeraron del 1 al 5) y se señalaron (figura 3) escogiendo aquellos que fueran de la misma edad (coetáneos), condición y que estuvieran cercanos al candidato (20 a 25 metros de distancia) para compararlos en sus características fenotípicas (Zobel y Talbert, 1998; Pujato y Martín, 1999). En algunos candidatos no se encontraron los cinco pinos testigos suficientes para ser comparados, pero se hizo con los encontrados.

En campo se eligieron los pinos con mejor rectitud del tallo, mayor volumen y lo más sano posible. Luego se revisaron uno a uno los parámetros fenotípicos para valorarlos y posteriormente evaluarlos.



Figura 3. Pino candidato con testigos de comparación en campo.

4.2.1 Determinación de edad y densidad de la madera

Para calcular la edad y el peso específico (densidad) de la madera de cada uno de los pinos considerados como superiores, se realizó toma de muestras de virutas extraídas con el taladro Pressler a cada pino a una altura de 1.30 m de la base del árbol. Cada viruta se guardó y etiquetó para su procesamiento en laboratorio, y se le determinó la edad contabilizando el número de anillos presentes en dicha viruta, a la que también se colocó en un horno a temperatura de 106 °C hasta mantener el peso constante, que estuvo registrándose para luego calcular la densidad de la madera propia de cada pino seleccionado (figura 4). Estos valores obtenidos, de carácter más del genotipo que del fenotipo, ayudaron a reforzar los parámetros fenotípicos evaluados en campo y, en cierta manera, se aumentaron las características de alto valor genético a heredar en posibles progenies, al sucederse las cruza de polinización abierta o controlada dentro del huerto semillero o banco clonal de la especie en cuestión.

Estos parámetros a considerar tienen mucho que ver con la calidad de la madera para aserrío y el valor económico que de ello se genere. Es de mucha importancia tomar en cuenta estas valoraciones propias de la familia para posteriores metas productivas al cruzar diferentes familias de esta especie.



Figura 4. Posición del taladro Pressler para sacar viruta del árbol y calcular edad y densidad de la madera.

4.3 Selección de árboles superiores

La selección de los pinos considerados como candidatos se hizo por técnicos chilenos expertos en la materia; en aquel entonces se capacitó a técnicos locales en campo y se los entrenó para evaluar y valorar las características fenotípicas siguiendo un formato ya utilizado y comprobado, con valores subjetivos estandarizados para tal efecto. Entonces se calificó y se obtuvo un valor numérico de los árboles testigos comparado con el árbol candidato para cada uno de los parámetros observados (figura 5).



Figura 5. Evaluación de la rectitud de fuste, copa y ángulo de ramas a considerar en selección de pinos.

Conforme se fueron seleccionando y evaluando los árboles candidatos, se fue determinando el destino de cada uno según la valoración de las

características fenotípicas, para incluirlo entre las mejores familias dentro del huerto semillero con sus respectivas repeticiones en bloques distribuidos al azar, y en el banco clonal, donde se establecerían todas las familias representadas en forma lineal con sus repeticiones correspondientes según área y distribución de individuos por bloque.

El objetivo principal de este programa siempre fue establecer un huerto semillero asexual para dar tratamiento y producir material genético en mayor cantidad y calidad en menor tiempo, comparado con lo que se produce en medio natural. Para ello, se inició el establecimiento de familias de cada árbol superior seleccionado y se colocaron dentro de un huerto semillero en bloques al azar para dar certidumbre al tratamiento y a los resultados obtenidos con el apoyo de un estadístico confiable al efectuar el análisis.

Cuando se logró seleccionar y evaluar los pinos superiores del *stock* total, se generó un plan estratégico para iniciar el desarrollo del programa de mejoramiento genético de esta especie de pino blanco y establecer las bases del planteamiento operativo inicial. Se programaron actividades de producción de planta en vivero con semillas de pino, primero de árboles no seleccionados o de áreas semilleras usadas con anterioridad para reforestación; luego se usaron semillas de árboles superiores una vez que se recolectaron los conos correspondientes.

4.4 Ubicación e identificación de árboles superiores

Una vez sancionado y considerado un árbol como candidato, se determinó ubicarlo lo más preciso posible tomando las coordenadas y elaborando un croquis general para su ubicación en campo que incluyera distancias de los trayectos para localizarlo de forma rápida en las siguientes ocasiones, con referencias a un poblado o predio del municipio donde se encontrara. A cada árbol se le asignó una clave alfanumérica con tres letras que tuvieran significado con el nombre científico de este pino blanco (*Pinus douglasiana* Martínez), para lo que se asignaron las letras PDU seguidas de un número consecutivo a los pinos ya seleccionados hasta el momento; por ejemplo, PDU 030. Esta clave debería ser colocada a 1,5 m de la base del tallo y ser de buen tamaño para que pudiera ser vista de lejos. Además,

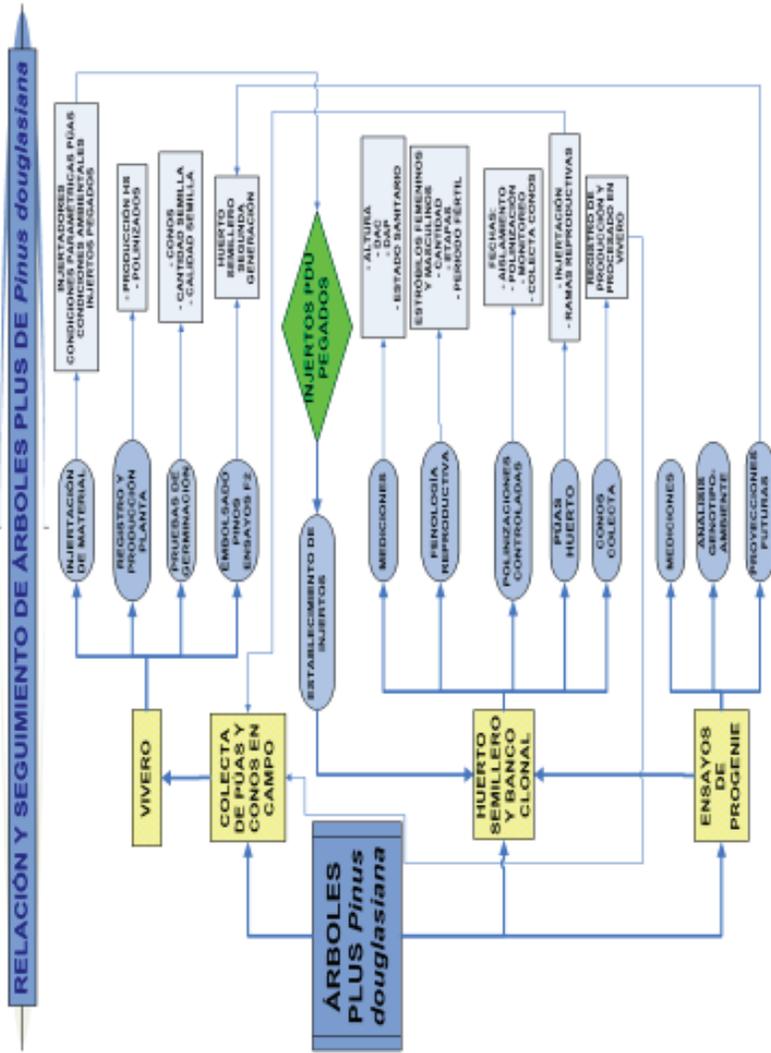


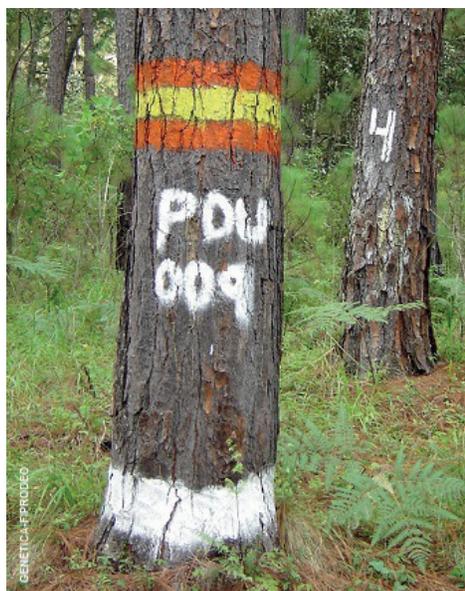
Figura 6. Diagrama de flujo de actividades que se realizan con el material genético recolectado en campo de los árboles superiores seleccionados en cada temporada anual.

se pintaron franjas circulares de color blanco en la base del tronco y la clave alfanumérica, y otras de color amarillo y naranja de forma circular en parte superior (figura 7).

Según se fueron encontrando estos pinos seleccionados, se fue realizando el registro de todas las características particulares determinadas en campo, así como de la información técnica precisa del propietario y del personal técnico a cargo del predio, la exposición del árbol con respecto al sol, la accesibilidad y las condiciones del árbol, etcétera.

Figura 7. Etiquetado de pino seleccionado para identificación en campo.

Una vez listados y ubicados los árboles seleccionados por regiones y municipios, se procedió a realizar otras determinaciones técnicas de importancia comercial y biológica a cada uno de los árboles, y se tomó una muestra en campo y análisis en laboratorio para determinar le edad y el peso específico o densidad de la madera.



4.5 Situación actual (2017) de *Pinus douglasiana* Martínez seleccionados en Jalisco

La situación actual de los pinos seleccionados de esta especie en medio natural, en todo el estado de Jalisco, es incierta, debido a los problemas graves de tala clandestina de siempre, pero más agudizada en los últimos veinte años. Del total de pinos seleccionados (poco más de 100, quedaron 90) que desde un inicio se tenía en todo Jalisco, existían solo 78 pinos en pie hasta el año 2013. Los pinos faltantes se los han llevado de forma clandestina, se han dañado por caída de rayos y otros factores, y no han

sido sustituidos en las zonas correspondientes por falta de recursos y la inseguridad de muchas zonas de Jalisco. Se tiene información más completa de solo 69 de 90 de los pinos seleccionados en un inicio; la ubicación de dichos árboles seleccionados se encuentra entre los 578 y 2,466 msnm dentro del estado de Jalisco; diez pinos se relacionan debajo de los 1,000 msnm (14.5%), 30 por encima de los 2,000 msnm (43.5%), y el resto en el rango promedio (42%). De los que están a mayor altura sobre el nivel del mar se encuentran en el municipio de Tapalpa 5, Concepción de Buenos Aires 2, Ayutla 2 y Mazamitla 1.

En cuanto a la edad de los árboles seleccionados, los pinos de menor edad a 40 años solo son tres del total (4.3%), el resto es de edad superior; de los diez pinos seleccionados con la mayor edad, cuatro se ubican en la sierra del municipio de Ayutla, otros cuatro en Tecalitlán. La edad más frecuente fue de 55 y 52 años en seis pinos cada una, y 45 años en cinco pinos seleccionados.

De acuerdo con la altura total de los pinos, los diez con menores alturas se encontraban de 23 m a 26.8 m, y las mayores alturas iban de 38.7 m a 44 m de altura al momento de su medición y evaluación; los más frecuentes son los de 28 m de altura, en siete árboles, los de 29 m y 35 m en cuatro pinos cada uno. En cuanto al diámetro de los árboles (DAP), el rango se encontraba entre 44 cm y 75.2 cm; son más frecuentes los de 58 cm (4) y 52 cm (3). Al momento de calcular el volumen ($D^{2*}ALT*0.00003$) del pino seleccionado, el árbol de menor volumen, con 1.557, correspondía a la familia 050, la cual se encontraba entre las de menor diámetro, altura y edad, correlación fuerte entre estas características; el de mayor volumen calculado fue la familia 037, con 6.104, el cual se encontraba entre los que presentaban mayor diámetro (68) y altura (44), mas no la edad (65) de los diez árboles más viejos.

La densidad de la madera tuvo una correlación baja y negativa en todas las características comparadas, excepto con la edad del árbol seleccionado que, aunque baja, fue positiva. La densidad más baja encontrada fue en la familia 003, con 420.66 kg/m³, y la familia con más densidad fue la 064, con 915.43 kg/m³ calculados. La mitad de los diez árboles con valores mayores en densidad de la madera correspondía a familias de la costa de Jalisco, sin estar en el grupo de los 10 árboles de mayor edad. El

árbol de mayor edad calculada (90 años) tenía una densidad calculada de 730.20 kg/m³.

Aunque se ha realizado la selección de otros árboles de esta especie de pino con la finalidad de reponer algunos que han sido talados de forma clandestina, aún falta reponer otros más dañados por causas naturales, como caída de rayos, o sustituidos por falta de ramas.

Para solventar la falta de injertos de diferentes familias en huerto semillero y banco clonal, además de la falta de recursos suficientes para recolectar material genético de los pinos seleccionados en campo por algunos años, se ha estado trabajando con material de los injertos establecidos en ambos lugares para injertar aquellas familias que necesitan su reposición. Se ha encontrado que el material procedente del huerto semillero y banco clonal tiene mayor capacidad para ser injertado y mayor porcentaje de prendimiento, además de que producen estróbilos femeninos y masculinos en menor tiempo que los que provienen de medio natural.

5 Entrenamiento y escalado de árboles superiores

En un inicio, el personal de apoyo en la producción de planta y otras actividades en el vivero fue numeroso y diverso, debido a la necesidad imperante de comenzar con el programa de mejoramiento genético en diferentes actividades. Se capacitaron personas en el manejo de conos para la extracción de semillas de pino y la limpieza y preparación de la semilla para su siembra. Se instruyeron en la preparación de contenedores y charolas antes de su utilización con el lavado y la cobrización, así como en la preparación y la aplicación de la mezcla de sustratos.

Una vez realizada la siembra de pinos en contenedores, se mostraron diversas actividades para dar tratamiento oportuno en las etapas de crecimiento y producción de planta con aplicaciones de productos biológicos y fertilizaciones durante el desarrollo de los pinos. Cuando se alcanzó el desarrollo de los pinos en contenedores se realizaron actividades de embolsado de pinos en bolsa negra grande; con el tratamiento oportuno de riegos y fertilizaciones se estimuló el desarrollo de los patrones para

que, a la vuelta de un año y medio y dos años de edad, el pino patrón estuviera listo para ser injertado una vez seleccionado por su sanidad, grosor del tallo y buena nutrición.

Se preparó a varias personas en la técnica de injertación de yema terminal con hendidura simple; también se mostraron otros tipos, como el de cuña lateral, y el primero fue el que más ventajas mostró para *Pinus douglasiana* Martínez, por presentar mayor porcentaje de prendimiento y condiciones de manejo para su supervivencia.

Del gran número de personas que se capacitaron desde un inicio, solo algunas se eligieron para continuar con esta labor durante varios años siguientes, hasta la fecha actual, y adquirieron cada vez más práctica y destreza para elaborar los injertos. Esta experiencia adquirida por el personal técnico es de gran importancia en la actualidad para cumplir y continuar con el programa y sus objetivos productivos (figura 8).



Figura 8. Entrenamiento de personal en el proceso de injertación y sus actividades complementarias posinjertación en los meses de enero a marzo de cada año.

El entrenamiento del escalador de árboles siempre fue constante, debido a que no había suficiente personal disponible que se animara a tomar este trabajo por varios años seguidos; además, los pocos existentes y preparados se mantenían ocupados con otras actividades forestales en empresas particulares. En el transcurso del tiempo que se tiene con este programa de mejoramiento genético se han tenido seis escaladores de pinos hasta el año 2015, cada uno de ellos con condiciones físicas y habilidades diferentes que se fueron adquiriendo y reforzando con la práctica.

También se han impartido varios cursos al respecto a diversas personas interesadas, con la intención de capacitar y mostrar la importancia de esto para los diferentes programas forestales que lo necesiten.

Cuando se cuenta con el apoyo de un escalador experimentado en subir pinos de forma constante o periódica, el entrenamiento queda solo en recordatorios de revisión y mantenimiento del equipo, herramientas y materiales requeridos durante el proceso de escalado y recolecta de material biológico de los pinos seleccionados o injertos en el caso que se recolecten púas del huerto semillero.

En caso contrario, como es la mayoría de las veces, cada año se tiene que entrenar diferentes personas para que realicen las actividades de escalado, recolecta de púas y conos, preparación del material para su envío, mantenimiento, manejo y limpieza del equipo de escalado.

Este trabajo no es para cualquier persona; se requiere fortaleza y decisión, además de condición física, reflejos, agilidad y elasticidad. El equipo utilizado para realizar el escalado de pinos seleccionados en nuestro caso, aunque existen otras formas (espuelas y rapel), es con la ayuda de una bicicleta forestal especializada para las funciones de escalado de árboles sin causar daños físicos en ellos (figuras 9 y 10).



Figura 9. Bicicleta forestal utilizada para el escalado de pinos.

Además, se ha involucrado al escalador de árboles en el proceso de injertación, para que conozca el proceso y las condiciones del material que se selecciona para ser injertado y su calidad para aumentar su prendimiento dentro del vivero o área de injertación.

Este equipo, aunque es seguro, exige constante mantenimiento antes y después de cada escalado, sus partes son muy resistentes a la tensión y al peso de cualquier escalador, pero un mal uso o nula revisión y mantenimiento, podrían ocasionar serios problemas o accidentes letales. Por tal motivo, es imprescindible un buen entrenamiento con calma y seguridad para que el nuevo escalador tome su tiempo en el proceso de aprendizaje y vaya perdiendo el miedo y familiarizándose con el equipo de trabajo. }

Al comienzo es normal que se tome bastante tiempo en el escalado, debido al temor de su inseguridad de dicho trabajo, la rapidez y la eficiencia tendrán que llegar con la práctica y la actitud del escalador. En la subida a un árbol seleccionado de 46 m de altura, para una persona recién entrenada, el tiempo podría variar desde 30 a 60 minutos por árbol, y de cinco a diez minutos para un escalador experimentado después de una temporada de trabajo en el escalado. Todo esto dependerá de varios factores, como son la persona, el árbol (grosor, rectitud, corteza, imperfecciones del tallo, altura de las primeras ramas, cantidad y calidad de ramas en la copa), la hora del día, el acceso del árbol, la exposición del árbol, etc.

Al aumentar la inseguridad de la persona en el escalado se aumentan los tiempos y se baja el rendimiento en la recolecta de material biológico, y con ello aumentan los costos totales de esta actividad. Las medidas de seguridad en este trabajo nunca sobran. Es importante, desde un inicio, acostumbrar al escalador a utilizar invariablemente arnés de seguridad total y la forma de sujeción lo más segura posible tanto en la subida y la bajada del árbol como en las actividades de recolecta en la parte superior de la copa del árbol (figura 10).



Figura 10. Escalado de pinos con equipo de seguridad.

Cuando se llega al pie del pino seleccionado, se prepara el equipo de escalado, separando las piezas de la bicicleta forestal en pedales y cinchos de acero inoxidable para sujetarlos a la base del tallo, luego se preparan el gancho, las sogas y el arnés de seguridad. Se inicia el escalado sujetándose firmemente a los pedales de la bicicleta para utilizarlos como soporte al pino según se siga subiendo (figura 11).

El escalador tiene que subir hasta las primeras ramas del árbol para sujetar bien la bicicleta, y de ahí subir a la parte media de la copa del árbol, donde se asegura y acomoda a alguna de las ramas para prepararse a realizar la actividad de la poda de ramas con yemas o púas de crecimiento activo, de la parte superior hacia las ramas bajas, sin irse a los extremos, sin ser muy agresiva la recolecta (50% máximo) y de forma equilibrada en las diferentes partes cardinales.



Figura 11. Preparación para el escalado de pinos con bicicleta forestal.

6 Producción de pinos en vivero para patrones de injertos

La semilla de *Pinus douglasiana* Martínez que se utilizó para generar estos patrones de injerto fue seleccionada de los mejores árboles en un área semillera o rodal semillero, luego se utilizaron semillas de los pinos seleccionados como superiores, se procesaron conos para su secado en vivero al aire libre, se extrajeron las semillas, se desalaron, se quitaron impurezas y luego se procedió a la flotación en agua dentro de un recipiente para separar la semilla dañada o vana de la semilla buena. Entonces se dejaron secar para comenzar la siembra en charolas; al principio, no se daba tratamiento con frío por mucho tiempo, debido a la premura o necesidad por germinar y desarrollar las plántulas de pino para lograr tener patrones de pino con un año o un año y medio de edad, además de buenas condiciones de madurez para poder injertarlos posteriormente.

La semilla solo se trató con agua normal y una cantidad de 1 g o 1 ml de solución con esporas de *Trichoderma harzianum* con *Trichoderma viridae*, en 1 l de agua, y se dejó en remojo o hidratación entre quince y veinte horas antes de la siembra (figura 12). Se prepararon las charolas lavadas aplicando hidróxido de cobre con sellador vinílico y este se aplicó por aspersión de manera uniforme a todas las charolas para cobrizarlas y evitar problemas de incrustación de las raíces generadas con las paredes del contenedor.

La siembra se realizó en contenedores de poliestireno o unisel llamados charola de siembra con cavidades cónico-invertidas de 250 cc de volumen; se utilizó corteza de pino compostada de dos calibres de malla sin ningún suplemento inicial. Una vez germinada la semilla, poco más de diez días de su siembra, las plántulas inician su crecimiento radicular inicial, etapa en la que se mantuvo una hidratación constante, dando entre dos y tres riegos diarios, según la temporada del año y la etapa de desarrollo.



Figura 12. Tratamiento de remojo de la semilla y su germinación en sustrato.

Después de un mes de haber germinado la semilla se comienza la aplicación de dosis bajas de fertilizante con alto contenido en fósforo, bajo o nulo nitrógeno y regular cantidad de potasio, además de incluir los microelementos básicos en su formulación para propiciar el desarrollo de la raíz.

Estas aplicaciones se dan tres veces por semana por un mes y medio, a una concentración de 25 ppm de nitrógeno como máximo, y luego se aumenta la dosis (40 ppm) sin cambiar la formulación del fertilizante por un periodo de otro mes. Adicionalmente a estas aplicaciones de fertilizantes, se recomienda realizar aplicaciones foliares de calcio con boro por lo menos un día a la semana, y otra aplicación foliar de magnesio un día a la semana para reforzar la resistencia de la plántula.

Se realizan dos aplicaciones de solución de micorrizas (ecto) a base de *Pisolithus tinctorius* o cualquier mezcla comercial con otras especies de hongos micorrícicos. Primero, a los quince días después de iniciada la fertilización a base de fósforo (60 días en adelante después de la siembra), con una dosis baja de concentración de esporas por mililitro, y la otra

aplicación concentrada después de un mes de diferencia con la primera. Existen en la actualidad varias casas comerciales con buena calidad del producto, pero con variados precios. Es aconsejable realizar pruebas en vivero con las diferentes especies de pino a tratar, porque pudiera ser que los resultados no fueran los mismos. En algunos casos sería prudente buscar estudios científicos al respecto o efectuar sus propias pruebas con material nativo de su región. Así se mantiene el manejo y la fertilización de los pinos en charolas, riegos diarios (para este caso del tipo de sustrato utilizado), según necesidad hasta alcanzar una talla de 5 a 8 cm de altura, buena condición de lignificación del tallo y sanidad.

La raíz debe revisarse de forma constante en su desarrollo, pero en general con este manejo se debe iniciar su embolsado a partir de la última semana de febrero (poco después de los tres meses de su siembra). Para esto se debe buscar el tipo de sustrato o mezcla adecuada.

6.1 Tipos de sustrato

Una vez que el desarrollo de los pinos es adecuado en charola sin haberse regresado las raíces, se prepara la mezcla de sustrato a base de corteza de pino compostada. Para esto se hicieron varias pruebas de desarrollo en diferentes mezclas de sustratos utilizando una diversidad de ellos y porcentajes de inclusión.

La corteza de pino sola no retiene más de un 6 a 8% del agua vertida, y aún en bolsa necesita cantidades elevadas de agua para mantenerse húmeda (figura 13, parte izquierda); el bagazo de caña compostado con otros componentes tiene efecto negativo y perjudicial por exceso de sodio contenido de origen (aún en inclusiones del 15 al 25%), lo cual con el tiempo provoca clorosis generalizada (figuras 13 y 14) durante el desarrollo en bolsa, y en ocasiones la muerte de pinos.

Composta a base de fibra de agave después de tratada muestra resultados similares al sustrato anterior, a excepción de las especies tropicales. El sustrato a base de lombricomposta es más costoso para el desarrollo de pinos patrones que cualquier otro, esto dependerá de la inclusión en la mezcla adecuada final.

Los mejores resultados de desarrollo de pinos patrón se encontraron con la mezcla de sustrato a base de corteza de pino compostada (60 a 70%) con tierra agrícola cernida (30 a 40 %).

Se han hecho pruebas con otras mezclas de sustratos con diferentes proporciones, pero no resultaron positivas por ocasionar varios problemas sanitarios, entre estos se encuentran el *peat moss* en diferentes proporciones. Este sustrato, aunque tiene ciertas ventajas para retener buena cantidad de humedad, también ocasiona muchos problemas, y existe mayor atracción de mosca fungosa y gallina ciega adulta, con lo que se provocan graves problemas de contaminación y daños por *Fusarium oxysporum* Schltdl., principalmente, con destrucción de las raíces de los pinos, incluso a concentraciones del 10 o 15% o superiores.

En la producción de plántula en contenedores, el uso de este sustrato es más grave, la proporción de seguridad es del 0 al 10%, en dependencia de la especie y los tipos de sustratos con los que se mezcle.



Figura 13. Clorosis y daño grave en desarrollo de pinos patrón con sustrato de bagazo de caña (derecha) y controles (corteza de pino + suelo) del lado izquierdo.



Figura 14. Clorosis grave y muerte de ramas en pinos patrón e injertos con sustrato a base de bagazo de caña en 30% de inclusión.

Es recomendable que la porosidad, o espacio poroso de la mezcla final del sustrato, tenga una retención de agua o humedad en el rango del 50% al 60%, lo cual ayudará a mantener un buen desarrollo de las raíces sin problemas fungosos, debido al buen drenaje del exceso de agua. También es importante considerar que, si los pinos embolsados están directamente en el suelo, tratarán de enraizarse lo más pronto posible, ya que el sistema radicular estará activo y aprovecharán el suelo para anclarse.

Es recomendable mantener los pinos embolsados sobre material inerte (charolas de unicel o una capa de gravilla), para que no haya contacto directo con el suelo y así mantener la poda natural de la raíz al llegar a la parte inferior de la bolsa. Si esto sucede demasiado pronto en su desarrollo, las raíces se regresarán en la bolsa ocasionando la “cola de cochino” o raíces en forma de “J”.

Será necesario controlar las fertilizaciones que propicien el enraizado rápido y profuso, para ello se reduce la cantidad de fósforo después de tres meses de su aplicación inicial a solo 8 o 10 unidades. Cuando existen deficiencias nutricionales o bloqueo de algunos nutrientes mencionados, se manifiestan los síntomas visibles en las plántulas que inician su desarrollo (Lyle, 1969).

6.2 Selección de plántulas de pino

Una vez embolsado el sustrato en la bolsa y preparado (humedecido y horadado) para colocar las plántulas de pino, estas se sacan de la charola

y se revisan las raíces de cada una, para seleccionar las que reúnan las mejores características de desarrollo, que no estén regresadas (forma de J) y con buena sanidad (sin daño aparente). Para esto se deshace el cepellón liberando el sustrato de las raíces, se retiran las plántulas con problemas y enfermas (figuras 15 y 16). Este proceso y el embolsado tienen que realizarse de forma continua y rápida en un lugar bajo la sombra, evitando corrientes de aire.

Varios problemas se evitarían si se embolsaran en su momento oportuno (dos a tres meses después de su siembra) y se diera buen tratamiento nutricional. Cuando se embolsa plántula de mayor edad es problemática adicional, ya que las raíces están más desarrolladas y es más complicado que se vuelvan a generar nuevas raíces homogéneamente, además del estrés en el trasplante.



Figura 15. Remojo y tratamiento de raíces de plántulas de pino para revisión de condición.



Figura 16. Selección y eliminación de plántulas con raíces regresadas (J, resorte) o dañadas.

6.3 Trasplante

Esto sucede una vez que esté listo el sustrato en el recipiente a utilizar, sea bolsa de plástico negra o tubete forestal. Una vez preparada la mezcla de sustrato se embolsa en bolsas negras calibre 500, de material virgen, no reciclado (a no ser que tenga capa protectora contra rayos UV), medidas 20+10x35 cm y perforadas cuando se quiere mantener dichos patrones hasta por dos años en bolsa; en caso de requerirse menor tiempo de embolsado se pueden usar bolsas más pequeñas, según necesidad.

El material de reciclado en bolsa, aunque tenga película de protección contra rayos UV del sol, no soporta el tratamiento rudo para más de dos años a un máximo de desarrollo del patrón.

Otra alternativa para el desarrollo de patrones de pino en vivero es el uso de tubete forestal de 10 l de capacidad, el cual tiene tres patas de soporte, útiles y prácticos para áreas planas, pero no para injertos que tengan que transportarse luego a otro lugar para su establecimiento. Debido a la inestabilidad del envase para mantenerse en pie, estos se pueden caer con el peso del patrón, se necesitan más cuidados para mantenerlo en pie (encajarlo en charolas de base), y si esto no sucede en el proceso de

injertación provocaría serios daños y pérdidas. Son útiles para otro tipo de desarrollo de planta y especies.

La talla y la edad de la plántula de pino a embolsar varía con la especie, pero en general para *Pinus douglasiana* Martínez se puede realizar después de los tres meses de germinada en charolas de poliestireno según capacidad de esta y tratamiento de fertilización realizado antes de ese periodo. También se puede embolsar cuando la plántula tenga entre 3 y 4 mm de grosor en el cuello del tallo y no más de 8 cm de altura, pero requerirá atención adicional.

Se debe tener el cuidado de no dejar mucho aire libre en el sustrato al momento de acomodar la plántula, ya que se oxida, se deshidrata y se resiente en horas. También se debe cuidar de no enterrar más de 5 mm el cuello en el sustrato, porque ello puede causar estrangulamiento del cuello o pudriciones fungosas, los cuales ocasionan pérdidas considerables en esta etapa (figura 17).



Figura 17. Preparación y revisión de raíces en plántulas para seleccionar las que serán embolsadas.

La madurez fisiológica de la plántula puede variar con la especie y otros factores más, pero hay que considerar que no debería tener una lignificación como se requiere para su salida a campo y plantado inmediato, sino se necesita una plántula con lignificación inicial de una cuarta parte al menos, pero bien nutrida y sana.

En caso de que, por cualquier motivo, ocurriera una sobremadurez fisiológica y las raíces estuvieran muy desarrolladas en la cavidad del contenedor, en esta etapa será necesario podar de forma rápida y efectiva

las raíces regresadas, para de inmediato dar tratamiento con enraizadores (existen variados productos comerciales para este fin), los que pueden mejorar la salida de nuevas raíces que ayudarán a su desarrollo sin problemas (al menos para esta especie). Las dosis iniciales deberán ser bajas en concentración en los primeros quince días, cuando se realizan riegos diarios, y se aumentará la concentración a dosis normal hasta que aparezcan brotes nuevos de crecimiento.

Se sugiere utilizar productos comerciales que contengan hormonas vegetales (auxinas y citocininas), además de fósforo, nitrógeno, zinc y otros elementos menores.

Dependiendo de la finalidad del embolsado de pinos y el factor tiempo, se debe procurar la resistencia adecuada de la bolsa, de acuerdo con el tratamiento que se efectuará en el proceso de crecimiento del pino, así como de evitar el enraizado al suelo u otro sustrato cuando se realicen las fertilizaciones directas a la bolsa de forma periódica.

6.4 Fertilización

Las fertilizaciones de los patrones de injerto en las primeras etapas de crecimiento tienen la finalidad de desarrollar buena cantidad y calidad de raíces para lograr primero su anclaje y soporte. Estas fertilizaciones no tienen que ser constantes ni masivas en concentración; hay que recordar que las plántulas de pino se tienen que desarrollar en la bolsa por un periodo de tiempo que va de ocho a veinte meses, y que, si se efectúan fertilizaciones intensivas y de alta concentración de nutrientes, las raíces podrían cubrir el volumen de la bolsa y su sustrato en poco tiempo, y generar con ello raíces regresadas dentro de la bolsa.

Primero, se recomiendan fertilizaciones directas al sustrato a base de una fórmula con cinco a diez unidades de nitrógeno, 30 a 40 unidades de fósforo (P_2O_5), 15 a 40 unidades de potasio (K_2O) con todos los microelementos básicos, incluyendo, de ser posible, el silicio. Esta formulación en solución se debe de aplicar de dos a tres veces por semana en cantidad entre 250 y 400 ml por pino durante un mes y medio, asegurando una concentración mínima de 25 ppm de nitrógeno en los primeros veinte días, y luego aumentar hasta las 50 ppm después de un mes de iniciada la fertilización.

Después de un mes de haberse iniciado esta aplicación, se recomienda realizar aplicación foliar de una solución de calcio + boro (1 g/litro) un día a la semana, y otro día aplicar magnesio foliar (0.5 g/litro a 1 g/litro), tratando de que estos días de aplicación sean lo más distante posible uno del otro, y que se realicen por toda la etapa de desarrollo en bolsa.

La formulación de fertilizantes para esta etapa se puede continuar con la misma base de 50 ppm de nitrógeno de forma constante, o también se pueden aplicar al menos entre 5 y 8 g, hasta 15 g por pino del fertilizante Nutriforest 9 meses (9-23-14+6), de liberación controlada como fórmula de base y las aplicaciones foliares antes mencionadas, y evitar así algunos jornales para las aplicaciones diarias (figura 18). Los gránulos del fertilizante Nutriforest deberán enterrarse de 1 a 2 cm de profundidad en el sustrato o cubrirse, para evitar pérdidas de los nutrientes al ambiente.



Figura 18. Fertilizante Nutriforest®9M de liberación controlada en desarrollo inicial de pinos.

Se puede continuar aplicando estas formulaciones desde el inicio hasta el final, solo hay que cuidar de no sobresaturar la bolsa con humedad, para evitar problemas de fungosis, o en su defecto efectuar aplicaciones preventivas con productos biológicos a base de *Bacillus subtilis* o *Trichoderma viridae*. Antes de esto, se recomienda revisar el pH del sustrato.

Si la planta ya ha alcanzado el vigor, la altura y el diámetro del tallo requeridos, hay que reducir la concentración de nitrógeno a 25 ppm o 30

ppm, muy poco o nada de fósforo, mediana cantidad de potasio y solo realizar una fertilización a la semana, y los demás riegos solo con agua para su mantenimiento (Jokela, 2004).

Tres meses antes de la preparación para la injertación se realizan aplicaciones de soluciones de productos desalinizantes, ácidos húmicos y fúlvicos para disolver las sales saturadas en la bolsa y dejarlas disponibles para su aprovechamiento. Luego se realizan aplicaciones foliares a la planta patrón con potasio, magnesio y microelementos de forma separada, una vez por semana en concentraciones bajas, hasta su selección para injertación, sin olvidar riegos con solo agua según se requiera para mantener turgencia de pinos y reducir al máximo cualquier estrés fisiológico.

Los patrones de pino que se vayan a injertar deben estar lo más sanos posible, sin presencia de plagas, buen desarrollo (grosor de tallo en base y en ápice superior), sin problema de raíz regresada, buena condición de la bolsa o cualquier otro contenedor utilizado, buena madurez fisiológica y estructural (mínimo de un año embolsado y máximo de dos años de edad).

Cuando no se tiene previsto con tiempo la producción de patrones como se acaba de mencionar, es complicado tener las condiciones finales de calidad del pino por utilizar como patrón. Se puede alcanzar la altura del pino patrón con aplicaciones concentradas de fertilizantes nitrogenados en poco tiempo, pero no así los diámetros basales y apicales que exigen más tiempo y nutrientes específicos como potasio, calcio y microelementos de manera equilibrada, que a su vez se necesitan para la injertación.

Es necesario organizar y planear con anticipación de dos años la producción de pinos, desde siembra, embolsado, manejo y desarrollo final previo a su injertado. Hay que considerar que de esto depende en gran medida el éxito, junto con otros factores también importantes, tan solo para poder injertar en la temporada.

También es importante considerar que, aunque ya estén preparados los pinos portainjertos para ser utilizados, se pueden presentar plagas o daños de los patrones de injertos de manera inesperada. Tal es el caso de una ocasión (2011), cuando se presentaron algunos daños por micoplasmas que fueron transmitidos por algún insecto vector, y ocasiona-

ron hipertrofia del tejido vegetal, con la consecuente deformación de los paquetes aciculares y partes del tallo (figura 19).

Aunque los pinos afectados no fueron muchos (24), el control químico no fue específico para ello, ya que no se había presentado este problema en vivero; la aplicación de algunos productos químicos y biológicos de rutina al resto de pinos portainjertos ayudó a disminuir dicho problema en esa temporada, y ya no se volvió a presentar en otros años. Estos pinos no fueron utilizados para su injertación y se tuvieron que eliminar y quemar.



Figura 19. Afectación de pinos portainjertos de *Pinus douglasiana* Martínez en desarrollo final por micoplasmas que causan hipertrofia de acículas y tallo.

Para iniciar el proceso de injertación se necesita programar, con anticipación de al menos un año, varias situaciones que son determinantes y de gran importancia:

- Producción de patrones en cantidad y calidad con diferentes edades (uno a dos años) y diámetros.
- Materiales e insumos requeridos para la injertación.
- Injertadores experimentados y personal de apoyo en área de injertación (antes, durante y después de la injertación).
- Escalador de pinos bien entrenado y disponible durante la fecha de recolecta programada.
- Programa de recolecta de púas y conos por árbol seleccionado según necesidad, o en su defecto con material del huerto semillero.
- Vehículos de apoyo.
- Área de injertación acondicionada y bien ventilada.

7 Recolecta de material biológico para la injertación de pinos para la injertación de pinos

Una vez que se aseguran todos estos factores mencionados antes, es conveniente planear la operatividad considerando las diferentes contingencias y alternativas, y su posible solución de forma rápida.



Figura 20. Escalado de árboles seleccionados superiores con bicicleta forestal.

Se cortan varias ramas con las yemas de crecimiento activo (iniciando el brotado de acículas no más de un centímetro), de preferencia de la parte media de la copa del árbol (figura 20). El desarrollo de las yemas de crecimiento se verá afectado según la exposición de las ramas al sol y la parte de donde se cortan en el árbol: las ramas en las partes más sombreadas de la copa, la madurez de las yemas es más lenta, las yemas en ramas ubicadas en la parte sur-sureste de la copa se podrán recolectar primero. La mayoría de las especies de pinos seleccionados que se encuentran a

mayor altura sobre el nivel del mar serán los primeros que estarán listos para recolectar el material para su injertado, y los que se encuentren en áreas más bajas tardarán más tiempo en presentar las condiciones óptimas para su injertado. Esto deberá ser de mucha ayuda para programar las recolectas de material biológico de cada árbol seleccionado.

Otro factor, también muy importante, tiene que ver con la presencia de lluvias en los meses de noviembre a marzo de cada sitio en cuestión, ya que si hay presencia de lluvias copiosas, el crecimiento de las yemas en longitud se estimula, pero si existen temperaturas frías de invierno el crecimiento es más pausado o lento y ocasiona un mejor engrosamiento.

Dependiendo de la especie de pino, el inicio de la temporada de calor (marzo-mayo) en el lugar propiciará la madurez y la lignificación, y provocará la brotación de los paquetes aciculares en las yemas de crecimiento por recolectar e injertar. Es importante saber que, para esta especie de pino, las yemas deberán ser de una longitud de 6 a 12 cm, y el grosor entre 5 y 14 mm, según calidad de los patrones producidos.

Los paquetes aciculares de la yema deberán estar iniciando su brotación, sin pasar el centímetro de longitud, ya que seguramente se ha iniciado la lignificación interna del material, y esto dificulta su preparación para ser injertada (se vuelve arenoso y leñoso), ya que se desgarran el tejido vegetal. También las yemas de crecimiento podrían presentar estróbilos masculinos en la base de la yema o púa en desarrollo, y estróbilos femeninos en el ápice de la yema; esto no impide su injertación, pero si la sobremadurez del tejido. Estas estructuras reproductivas se mantienen durante el transporte, pero se deberán retirar durante la injertación, para evitar agotamiento nutricional del material injertado.

Cuando se cortan las ramas con yemas o púas de crecimiento, estas se van acumulando hasta juntar las suficientes según necesidad faltante del pino seleccionado, y luego se amarran a una soga para bajarlas con mucho cuidado y así evitar que se rompan, como sucede con su caída libre.

Después de cortar las yemas de crecimiento, se procede a cortar de una manera más rápida los conos presentes en el árbol, para aprovechar la subida. Para estas actividades el escalador debe estar capacitado en conocer las yemas y sus condiciones de desarrollo (figura 21).



Figura 21. Corte de ramas con yemas terminales en crecimiento para su injertación.

Al terminar la recolecta de yemas o púas se continúa con la recolecta de conos con la ayuda de pértiga de aluminio de 5 m de longitud y gancho acondicionado para cortar ramas hacia adelante y hacia atrás. Se corta parte de los conos existentes en el árbol, se rotulan datos del árbol (número de árbol, cantidad de conos, fecha de colecta y colector) en costal, dentro y fuera si la cantidad fuera elevada. La cantidad de conos variará con la especie de pino y el año productivo de cada región donde se encuentre el pino seleccionado.

7.1 Preparación del material recolectado para su transporte y envío

Una persona acompañante del escalador, abajo, cerca de la base del árbol, preparará las yemas colectadas quitándolas de las ramas y agrupándolas para luego hidratarlas con una solución de fungicida que puede ser Captán (1 g por litro) asperjada de manera preventiva. Se prepara la hielera limpia donde se acomodarán las púas colocando primero una capa

de hielo abajo, una capa de acículas verdes sueltas de las mismas ramas del pino y luego una doble capa de papel grueso absorbente (toallas de cocina) donde se colocarán las púas o yemas de crecimiento cortadas de las ramas recolectadas por el escalador; nunca dejar de forma directa las púas sobre la capa de hielo, porque pueden quemarse por el frío.

El material se contabiliza, yemas y conos recolectados (cuando son pocos), y se coloca etiqueta con los datos correspondientes: familia del árbol seleccionado asignado, total de púas o yemas, fecha de recolecta, número de conos, escalador y persona de apoyo. Entonces se coloca otra doble capa de papel absorbente sobre las púas o yemas, otra capa de acículas y hielo para mantener las condiciones de baja temperatura para reducir el metabolismo del material biológico lo más posible y evitar su deshidratación.

En caso de realizarse la recolecta de material en más de un pino seleccionado, se recomienda que, dependiendo del tamaño de la hielera, se coloque material de hasta tres árboles diferentes con su etiqueta correspondiente cuando la hielera sea de las más grandes con drenaje controlado, y solo uno o dos árboles cuando sean hieleras pequeñas y de poco material, también con drenaje controlado.

Es importante considerar que solo se tiene que recolectar el material que podrá ser injertado en el área de injertación del vivero u otra área acondicionada, en un tiempo no mayor de las 24 horas después de recolectado el material, para asegurar una mejor condición y probabilidad de prendimiento del injerto en cuestión. Cuando el material recolectado del pino seleccionado se ha acomodado en la hielera (no más de dos pinos por hielera, según tamaño de esta), es conveniente colocar en la parte superior una capa de hielo, y tapar y sellar bien la hielera con cinta gris para evitar la entrada de aire que pueda deshidratar el material.

La capa de hielo es muy importante para reducir la transpiración del material biológico (púas y acículas) y la consecuente elevación de temperatura dentro de hielera debido a la liberación de diferentes gases (figura 22).

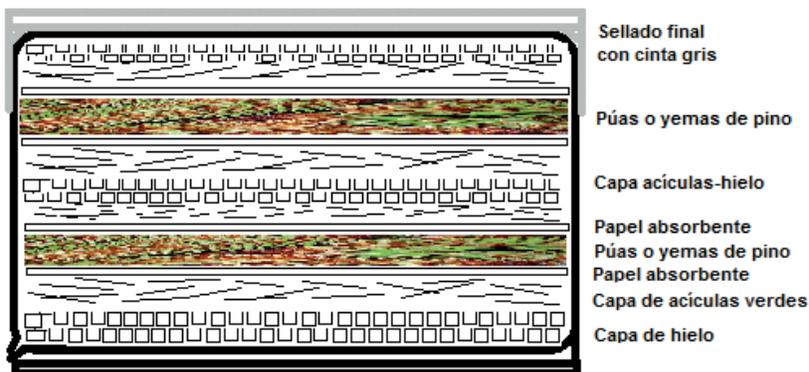


Figura 22. Preparación del material biológico colectado de árboles seleccionados en hielera para envío al área de injertación (técnica FIPRODEFO).

Se coloca una etiqueta general con los datos del destinatario en la parte externa de la tapa de la hielera, para que pueda ser enviada lo más pronto posible a donde se vaya a injertar el material. Es necesario considerar los tiempos estimados para los recorridos de ida y vuelta al árbol seleccionado, las condiciones de caminos y carreteras, la capacidad y la habilidad del escalador durante la recolecta, la preparación, el transporte previo al envío del material, el tiempo y el costo del envío, la recogida y el traslado de hielera al lugar de injertación.

Es recomendable que, de acuerdo con la distancia del recorrido y envío, solo se recolecte material de dos a tres árboles seleccionados por día, también dependiendo de cuántas personas vayan a injertar y su habilidad para ello. Este material por injertar debe estar ese mismo día que se recolectó en el vivero o área de injertación para al día siguiente ser injertado de inmediato. Esto debe ser así principalmente cuando el material por injertar se haya recolectado de los árboles seleccionados en campo, y tengan un grado de estrés por manejo y transporte.

Es importante considerar que mientras más tiempo pase desde su recolecta a su injertación, más se estresará el material, con lo que se reduce la capacidad de prendimiento en el injerto. En algunas especies de pinos se podrá recolectar e injertar en el mismo día, según la distancia de los pinos seleccionados y el lugar de injertación, que permita realizar esta actividad por la mañana y por la tarde.

Si sucediera así, es recomendable mantener el material recolectado dentro de un hielera con suficiente hielo y bien cerrada, para evitar calentamiento por respiración del material y deshidratación hasta el momento que se vaya a injertar (figura 23).



Figura 23. Púas o yemas de pinos seleccionados colectadas y mantenidas en condiciones frescas.

Los conos recolectados se entregan al personal en vivero para registro, para procesar su secado y obtener semillas que servirán para producir más planta patrón, y guardar el germoplasma sobrante para otros fines.

Cabe señalar que, para establecer un programa de recolecta de material biológico como las yemas terminales a injertar, no siempre se encuentran en su punto exacto para ello, ya que varía entre cada uno de ellos por diferentes factores. Además, cada año es diferente debido a las condiciones climatológicas presentes en cada región, lo único que se puede lograr son solo aproximaciones del programa de recolecta en cada año.

Se tendrán que realizar recorridos previos de monitoreo del desarrollo de yemas terminales a todos los árboles de donde se recolectará el material a injertar, con la finalidad de revisar su estado de madurez y con ello programar las rutas de recolecta por día. Habrá que establecer programas de recolecta donde en cada ruta se esté lo más cercano posible

al punto óptimo de dos o tres árboles por ruta en cada región, para evitar realizar varias recorridos y optimizar los recursos.

Aun así, las variaciones persistirán para cada árbol seleccionado, como se había señalado respecto de varios factores, tales como los que se relacionan a continuación, y que se tendrán que considerar:

- Altura sobre nivel del mar donde se ubica el árbol: el material a injertar se pone a punto primero en árboles encontrados en las partes más elevadas del rodal de cada región.
- Exposición al sol dentro del rodal natural: árboles con ramas expuestas al sol por periodos más largos durante el día tendrán material biológico con mayor crecimiento en longitud y serán más robustas que las yemas terminales de las otras ramas del mismo árbol que estén sombreadas.
- Condición y tipo de suelo: aunque la misma especie de pino se encuentre distribuida en una misma región o ruta de acceso, el tipo de suelo puede variar de forma considerable, y con ello la retención de humedad y la calidad de materia orgánica con sus respectivos nutrientes de origen. Esto influirá en el desarrollo y la calidad del material a injertar.
- Periodo e intensidad de la temporada de lluvias, así como presencia de cabañuelas: cuando el periodo de lluvias se prolongue por más tiempo del promedio y haya mayor retención de la humedad en el suelo, el árbol estimulará su crecimiento cuando las lluvias se hayan terminado y se presenten las condiciones de calor o mayor temperatura en la región del rodal.
- Condiciones e intensidad de la temporada de frío: mientras más se prolonguen e intensifiquen las condiciones de frío en el rodal natural, más tiempo se tardará en desactivar la latencia de las yemas terminales para su crecimiento activo de cada temporada.
- Material recolectado para injertación: es recomendable no recolectar demasiado material de cada árbol, ya que sus ramas se irán terminando y el árbol deberá persistir por más tiempo en el rodal. Las yemas terminales de la parte superior de la copa del árbol presentarán mejores condiciones de desarrollo anual y en ellas se encontrará la mayoría de conillos femeninos de la temporada que formarán las

semillas de cada año. Se recomienda considerar esta situación para evitar la pérdida de la semilla y pérdida de crecimiento del árbol. Es importante que las recolectas de material a injertar se realicen de la parte media de la copa, sin llegar a la parte baja de la misma copa, ya que se ha encontrado que estas yemas terminales injertadas de las partes bajas de la copa presentan muy bajo o nulo prendimiento del material injertado; además, es donde se presentan los estróbilos masculinos que desarrollan el polen en cada temporada, el cual es de suma importancia en la polinización natural.

8 Injertación del material recolectado de pinos en campo

El proceso de injertado tiene que efectuarse a temprana hora del día a partir de las siete u ocho de la mañana, para terminar antes de que el sol o el calor sean estresantes para el injertador, y para mantener las buenas condiciones del material injertado. El fuerte calor y el viento en el área de injertado, deshidratan y oxidan rápidamente el corte de las púas cuando se preparan para ser injertadas, lo que reduce y afecta la calidad del material en el prendimiento del injerto.

Dependiendo de cuál sea el lugar y las condiciones controladas durante la injertación y después de ella, se debe tratar de hacer eficiente la cantidad de injertos realizados por cada injertador capacitado, que puede elaborar una cantidad promedio de entre 70 y 80 injertos por día en un horario de cinco horas, considerando que el periodo final es menos efectivo debido al cansancio del injertador.

Cuando las condiciones climáticas del lugar y la temporada adecuada con material disponible por injertar lo permitan, se podría aumentar la cantidad de injertos elaborados, trabajando por la mañana y por la tarde cuando no afecte el calor del día y se cuente con la disponibilidad del injertador. En este caso se podrían elaborar entre 100 y 120 injertos por injertador.

8.1 Material e insumos de injertación

Para realizar el injertado de las púas de pino se tiene que tener listo y limpio todo el material (figura 24) por utilizar:

- Tijera de mano o de poda manual: bien afilada y en buenas condiciones; es importante para efectuar cortes sin desgarrar el tallo y evitar la entrada de patógenos, debe ser adecuada para realizar cortes de hasta 20 mm sin forzarla. Hay que contar con la más adecuada según grosor del tallo en el pino patrón por cortar. Existen diferentes marcas comerciales; en nuestro caso se utilizan y se recomiendan las de marca Corona® y Stihl®.
- Navaja tipo suiza: de una sola hoja, de acero inoxidable, con filo suficiente y duradero, especial para injertos, plegable, de un tamaño manejable para el injertador. Se necesita para realizar corte vertical del tallo una vez decapitado el ápice del pino patrón para injertos tipo de corona, terminal o hendidura. Existen varias marcas comerciales muy especializadas para injertación.
- Bisturí (mango) y navaja: de acero inoxidable, número 24, intercambiable, marca Ribell. No usar navajas con carbón, estas se manchan por oxidación y dejan residuos de carbón al entrar en contacto con el tejido. Se necesita para preparar los cortes de las púas o yemas por injertar. La navaja de bisturí debe estar siempre con buen filo; se ha de cambiar cada diez injertos realizados, para evitar desgarradura del tejido preparado, y esto dependerá del grado de lignificación que tenga la púa de cada injerto elaborado.
- Ligas para injertación: especiales para injertar, biodegradables, de una dimensión estándar compradas en Forestry Suppliers de U.S., con un costo aproximado de 0.2 dólares cada una. Se utiliza para sujetar la púa o yema injertada y colocada dentro de la hendidura del tallo del pino patrón utilizado. Esta liga podría sustituirse por tiras de plástico transparente usado para mesas del hogar, calibre 2 o 3, o cualquier otro plástico que sea flexible o pueda estirarse en cierta medida, sin llegar a romperse.
- Cinta adhesiva: para cirugía, blanca, de una pulgada de ancho. Se utiliza para protección de los dedos de la mano derecha en injerta-

dores diestros cuando realizan el corte fino y preciso con el bisturí del material a injertar. Funciona como tope para evitar heridas en los dedos del injertador.

- Algodón torundas y alcohol de 96°: se requieren para efectuar la limpieza del material antes y después de cada injerto elaborado. Al igual que las navajas de bisturí, requiere ser cambiado de forma constante para evitar contaminación ya que se impregna con resina del mismo pino al realizar los cortes y la limpieza del material.
- Franela de algodón: un tramo mediano para realizar limpieza general del material utilizado y soportar el apoyo al trabajar, así como servir de base para dejar el material limpio una vez terminado la injertación del día.
- Sellador de heridas y brocha de una pulgada: el producto utilizado como sellador, llamado Arbolsán, se utiliza una vez que se amarró la liga para sujetar el injerto, con la finalidad de sellar cualquier entrada de aire entre la liga y el injerto. Se coloca con brocha de arriba hacia abajo tratando de cubrir toda la liga, sus uniones o cualquier imperfección. Evita entrada de bacterias, hongos o virus que podrían dañar la yema injertada, y permite mantener las condiciones y el tiempo libre de patógenos mientras se pega el injerto adecuadamente. Antes se utilizaba cera de Campeche, pero resultó laborioso mantenerla de forma líquida, además de que ocasionaba quemaduras y deshidratación del tejido.
- Bolsas transparente: de un litro, calibre 150, de 20 x 30 cm, aunque las dimensiones podrían cambiar con la especie de pino y los patrones utilizados.
- Tutor de plástico u otro material rígido para soportar la bolsa de plástico de forma erguida durante el periodo de espera en la pega del injerto. Usado sobre todo cuando hay presencia de fuertes vientos durante el periodo de injertación; ayuda a evitar la caída de la bolsa sobre la yema terminal injertada, la cual podría dañarse o sobrecalentarse al pegarse demasiado la bolsa de plástico.
- Hilaza de algodón: utilizado para sujetar la bolsa de plástico en la base del injerto, al igual que la etiqueta de poliestireno con los datos correspondientes.

- Marcador indeleble: para rotular datos de procedencia del material injertado y dar seguimiento puntual a cada familia sin problema alguno.
- Fungicidas: se utilizan de forma preventiva para evitar el desarrollo de hongos oportunistas de diferentes especies (*Penicillium* sp, *Aspergillus* sp, *Fusarium* sp). Se ha utilizado con buenos resultados el fungicida Captán ultra o Derosal en dosis bajas (0.5 a 1.0 g por litro).



Figura 24. Material e insumos para la injertación de pinos.

8.1.1 Selección de patrones de pino

Los patrones de pino para utilizar en la injertación deben estar preparados y listos con anticipación de entre un año y un año y medio de edad. Del total de patrones, se seleccionan y se acercan al lugar de injertación la mayoría de los patrones, con al menos quince días de anticipación para evitar estrés por transporte y movimiento, cuando están dentro del mismo vivero.

La selección se realiza de acuerdo a la sanidad, tamaño, grosor, calidad del tallo en parte apical, raíz en buen estado y no regresada y bolsa

o contenedor en buen estado, no rota. Estos patrones deben ser tratados con fertilización especial para prepararlos antes de la injertación.

Una vez en área de injertación, se mantienen lo mejor posible con dos y tres riegos por semana y sus respectivas fertilizaciones foliares y al sustrato.

8.2 Injertación de pinos

El proceso de injertación se realizará en el lugar más conveniente para mantener las condiciones propicias para el prendimiento del injerto. Durante este tiempo del programa se ha efectuado el proceso de injertación de *Pinus douglasiana* Martínez en seis diferentes lugares y condiciones de acuerdo con las circunstancias operativas del fideicomiso, y se han presentado diversos resultados.

Los lugares de injertación comprenden una nave rústica acondicionada (figura 25) y dos naves semitecnificadas (figuras 26 y 27) ubicadas en el vivero Centinela, municipio de Zapopan; una nave automatizada (figura 28) con condiciones controladas en el Instituto Tecnológico de Tlajomulco Jalisco (ITTT), municipio de Tlajomulco; una nave acondicionada (figura 29) con condiciones de mucho arbolado en vivero Colomos, municipio de Zapopan, y al aire libre entre arbolado del huerto semillero en Ciudad Guzmán (figura 30).



Figura 25. Nave y área de injertación rústica con condiciones semicontroladas en Vivero Centinela, Zapopan, Jalisco.



Figura 26. Nave semitecnificada elaborada con diseño según necesidad propia para injertación.



Figura 27. Nave semitecnificada acondicionada con diseño fijo para fines de sanidad forestal.



Figura 28. Nave tecnificada en Tecnológico de Tlajomulco adaptada para el injertado con controles automáticos.



Figura 29. Injertado de pinos en nave acondicionada entre el arbolado del vivero Colomos, en Zapopan, Jalisco.



Figura 30. Injertado en huerto semillero a media sombra entre árboles de pino con buena ventilación.

En diferentes temporadas, se elaboraron diversos números de injertos de pino del tipo hendidura simple o terminal, con material originario de árboles seleccionados y de púas o yemas terminales de injertos establecidos en huerto semillero y banco clonal.

Se encontraron y evaluaron variados resultados para cada lugar; siendo mejor lugar al aire libre bajo sombra de los árboles y con buena ventilación, que alcanzan porcentajes de prendimiento del 50 al 60% comparado con los otros lugares poco ventilados y con serios problemas sanitarios, tales como se presentaron en el vivero Colomos (3% de prendimiento y 0% supervivencia) y en la nave del ITTJ (6% de prendimiento y supervivencia).

Una vez recolectado el material (yemas o púas terminales) de pinos para injertación, procedente de los árboles seleccionados como superiores, dentro de las hieleras, se procede a revisar las condiciones del material de forma rápida: hidratación, temperatura, cantidad de yemas y conos, grosor y tamaño, presencia de estróbilos y presencia de hielo en parte superficial o agua al fondo de la hielera, para proceder a su drenado. Se limpia y esteriliza con algodón y alcohol el material a utilizar, y se deja que se seque al aire libre para evitar excedentes. De inmediato se inicia la selección del material para dar comienzo a su injertación.

El tipo de injerto que se realiza es el de hendidura simple terminal. Es recomendable injertar yemas terminales con brotes iniciales de las acículas, no más de 1 cm de longitud el brote (figura 31), de 5 a 7 cm de longitud mínima total del material a injertar, para poder preparar y realizar los cortes precisos.

No injertar yemas terminales sin paquetes aciculares brotando, debido a que generalmente no tienen la madurez suficiente y el tejido es muy esponjoso o poco desarrollado, por lo que es muy fácil de deshidratar y que presente pudriciones fungosas al colocarse la bolsa de plástico, además de que el tejido del *cámbium* es más estrecho y tendría muchas probabilidades de morir entre los quince y veinte días después de su elaboración, lo que se agudiza en los periodos de mucho calor.



Figura 31. Púas o yemas terminales brotadas de pinos seleccionados para injertación.

Se escoge la púa o yema por su tamaño y grosor, además por su turgencia y color; se quitan los estróbilos masculinos (cuando están presentes) para descubrir el eje central de la yema y poder calcular el grosor de patrón que se requiere y decidir a qué altura del tallo del pino patrón se deberá realizar el corte de decapitación.

La púa terminal se prepara efectuando un corte en “V” (ambos lados) en la parte basal, con ayuda de un mango de bisturí y su navaja filosa y limpia, tratando de que se haga lo más rápido, preciso y fino posible sin desgarrones de tejido vegetal (figura 32 y 33).



Figura 32. Corte de yema terminal con bisturí para preparar material a injertar.



Figura 33. Corte transversal de púa por injertar que muestra tejido del *cámbium*.

Para preparar la púa o yema a injertar se realiza un corte longitudinal de al menos 3 cm por ambos lados de la yema preparada con terminación en V; se tratará de buscar y dejar disponibles los tejidos del *cámbium* (membrana blanca que cubre los vasos conductores) para hacerlos coincidir tanto en la yema terminal como en el tejido del patrón seleccionado (figuras 33 y 34)



Figura 34. Corte longitudinal *in vivo* de yema terminal que muestra tejidos celulares importantes para su preparación.

Las dimensiones del material preparado a injertar se muestran en el esquema (figura 35).

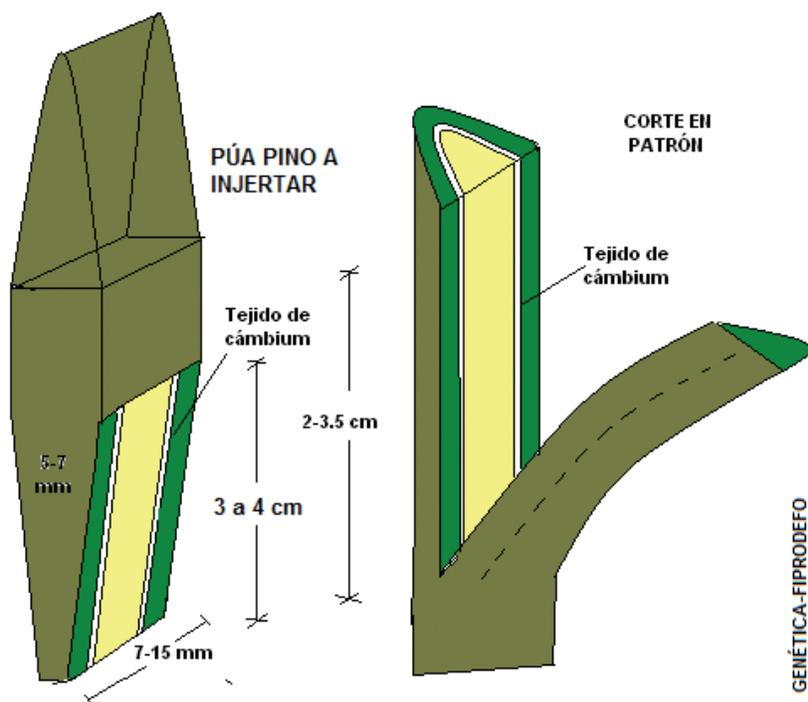


Figura 35. Corte longitudinal de púa al preparar para su injertación que muestra tejido del *cámbium* (membrana blanca).

En esta etapa es importante considerar la rapidez del corte y su precisión, ya que estos tejidos, al quedar descubiertos por más de diez segundos al aire, se oxidan muy rápidamente, oscureciendo el tejido, y con ello, reduciendo la posibilidad de prendimiento del injerto.

Una vez preparada la púa terminal, se decapita el patrón con tijera de mano o jardinera, según grosor del tallo a la altura elegida por el injertador, tratando de dejar varios paquetes aciculares en la parte inferior de donde se realizará la injertación; si no se dejan algunas acículas el injerto empieza a resentirse hasta morir, por falta de nutrientes que no puede generar el pino patrón (figuras 36 y 37).



Figura 36. Descubriendo eje central del tallo donde se injertará púa seleccionada.

Se hace una hendidura longitudinal con una navaja tipo suiza filosa y limpia en el tallo en su parte media (figura 38) —tratando de que no ocasionen desgarrones del tejido—, lugar donde se insertará la púa preparada, asegurándose de que la parte basal y su longitud coincidan con la abertura del tallo, además de los tejidos internos del *cámbium* en edad y simetría de ambas partes (púa-patrón).



Figura 37. Preparación del patrón y la yema o púa a injertar.

Figura 38. Corte longitudinal de patrón para inserción de yema a injertar, buscando coincidir con el *cámbium*.

Al momento de hacerse coincidir los tejidos del *cámbium* hay que asegurarse de que no quede ningún espacio ni algún otro residuo en la base de la hendidura, y acomodar la púa en toda su longitud haciendo coincidir el tejido sin dejar espacios con aire y cerrar cualquier herida expuesta con la ayuda de liga o plástico para injertación, de preferencia biodegradable, aunque puede servir cualquier otra que cumpla la función de sellado y sujeción del injerto mientras se completa la unión (figura 39).

Otra opción sería utilizar material plástico transparente de calibre 2 o 3 que se usa para cubrir las mesas en los hogares, también con buenos resultados, pero un poco más de tiempo en los cuidados oportunos de liberación para evitar estrangulamiento de tejidos.



Figura 39. Sujeción de yema injertada en patrón de pino con liga de injertación biodegradable.

La liga de injertación, si fuera la de elástico, tiende a ajustar demasiado el tejido aunque sea la parte externa del tallo, principalmente cuando el tallo está aún tierno o inmaduro, lo cual provoca que se ciña y obstruya los conductos, ocasionando la muerte prematura del tallo, y consecuentemente de la púa injertada.

Es recomendable, antes de utilizar dicha liga de injertación, estirar y “dar de sí” para que no ajuste demasiado al principio, y luego utilizarla suavemente sin romper para sujetar los tejidos del tallo con la púa insertada, desde la parte superior, cubriendo cualquier espacio o herida lo mejor posible, descender hasta cubrir toda la herida realizada y terminar con un amarre suave y seguro. La dirección de cómo cubrir la herida con la liga no importa mucho, pero sí influye en lo bien que se cubra dicha herida en cada injerto elaborado.

Una vez sujetadas la púa y la hendidura del tallo donde se injertó, el injertador termina el injerto, y continúa otra persona con el apoyo en el sellado de las posible heridas y la liga de injertación con sellador comercial para heridas de podas e injertación a base de una pasta que cubre y ayuda a la cicatrización de los injertos evitando la entrada de hongos, bacterias y humedad. Esta pasta se coloca uniformemente con una brocha de una pulgada de ancho, tratando de cubrir cualquier imperfección del injertado, o inclusive dejado por el injertador (figura 40).



Figura 40. Sellado de injertos y colocación de bolsa transparente con fungicida.

Se deja secar al aire libre para luego colocar la bolsa de plástico transparente con el fungicida preventivo Captán ultra (1 g por litro de agua) en forma foliar al injerto y dentro de la bolsa que se colocará, encerrando el injerto de forma tal que genere una ventilación leve (no más de un centímetro) en parte inferior, donde se coloca el amarre de la bolsa y el pino patrón. La bolsa colocada deberá tener un espacio libre igual o un poco mayor que el tamaño de la parte superior del injerto elaborado, y de preferencia no tocar el tejido o el injerto.

Si esto no se puede evitar por las condiciones del lugar, es recomendable colocar cortinas rompeviento locales con malla mosquitera u otra que permita la libre circulación del viento sin demasiada fuerza, o se puede colocar también un tutor de plástico que pueda sostener la bolsa engrapada y no permita que caiga y rompa el injerto. También, se coloca una grapa en un doblez de la parte superior en la esquina contraria de la bolsa de donde se coloque el tutor de plástico, y con esto se permitirá la ventilación.

Esto no evitará al ciento por ciento que se caiga la bolsa, pero si ayudará a evitar serios problemas por calentamiento y daño mecánico de la púa injertada. Antes y después de cada injerto realizado es necesario limpiar todo el material de injertación con una torunda de algodón impregnada con alcohol de 96°, dejar secar al aire sin que toque el suelo o cualquier otro material antes del tejido vegetal cuando se vaya a utilizar para injertar de nuevo otro injerto.

Independientemente de la cantidad de injertos elaborados, se requiere que haya al menos dos o tres personas más que apoyen al injertador en diversas actividades complementarias, como el rotulado preciso y cuidadoso de cada injerto o grupo de injertos que correspondan a una familia o *ramet*.

La rotulación se efectúa en una placa de poliestireno blanco con tinta indeleble donde se colocan el número de clon, familia, ubicación del ortet de origen, nombre o iniciales del injertador, y la fecha de injertación, y esta placa, a su vez, se sujeta con hilaza en la parte baja del patrón del injerto, sin causar constricción del tallo o la rama. Otra opción es colocar los datos en la bolsa de plástico en los injertos de las esquinas del grupo de injertos de una sola familia.

Es de mucha importancia tener certeza del origen del material injertado, sin causar confusiones al momento de mover o acomodar los injertos. En caso de ocurrir esto, es mejor desechar aquellos injertos de los que se tenga dudas o no se sepa a ciencia cierta el origen o la procedencia del material injertado.

Una vez que se tiene la certeza plena del origen y el rotulado de cada injerto correspondiente, se acomodan todos los injertos por número de familia e injertador sobre una base de cualquier material que evite el contacto directo con el suelo, de preferencia en un lugar o espacio de donde ya no se moverán hasta que se lleven a establecer al huerto semillero. Cada movimiento extra de los injertos podría ocasionar pérdidas por daños mecánicos o estrés fisiológico del pino patrón.

El origen del material injertado (proveniente de los árboles superiores en medio natural y el que se recolecta en el huerto semillero asexual), está directamente relacionado con la capacidad de injertación del material recolectado, porcentaje de pega y la rápida capacidad productiva de los injertos una vez establecidos en campo (figura 41).

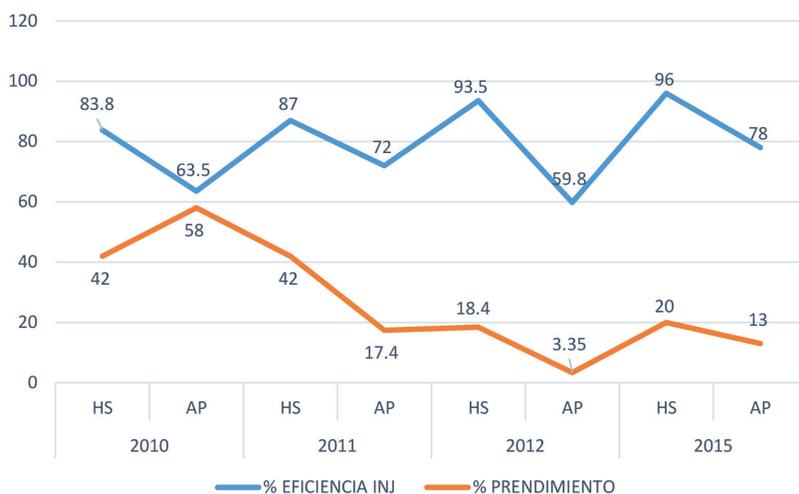


Figura 41. Comparación de injertación del material biológico según procedencia (HS: huerto semillero; AP: árboles superiores) y prendimiento (%) en diferentes años.

Del total de material recolectado por familias en los pinos seleccionados como superiores que se encuentran en medio natural, solo el 78% como máximo del material ha sido utilizado en la injertación de pinos en los diferentes años, con una pega de injertos que no va más allá del 30% como máximo promedio; solo una vez se superó el 50%, en las demás ocasiones se redujo drásticamente la calidad del material, lo cual afectó el porcentaje de prendimiento. En el caso del material procedente de los injertos establecidos en huerto semillero y banco clonal, estos han mostrado mejor constancia en la cantidad del material injertado respecto del colectado, pues se presenta del 83 al 96% de dicho material injertado, y los porcentajes de prendimiento han superado el 42%, y han llegado a presentar hasta un 60% (no mostrado en gráfico) de prendimiento.

Estas tendencias se deben en parte al tratamiento que reciben los injertos dentro del huerto y del banco clonal, ya que reciben riegos y fertilizaciones oportunas, además de que el material es colectado lo más cercano y oportuno posible a las condiciones óptimas para su injertación.

8.2.1 Tratamiento posinjertación

Esta etapa del proceso de injertación es la más delicada y crítica; puede generar en unas cuantas horas la pérdida total o parcial de todos los injertos elaborados no solo en un día, sino también en todos los de la temporada.

8.2.1.1 Manejo de bolsa de plástico previa salida de brotes

Como se ha expresado anteriormente, la bolsa de plástico colocada en el injerto tiene la función de mantener las condiciones de humedad y temperatura dentro de la bolsa (microclima), así como de evitar la deshidratación por el viento (resequedad).

Cuando las condiciones climáticas externas sobrepasan los valores normales de los injertos, principalmente dentro de la bolsa con la púa injertada, es necesario aumentar los cuidados y la revisión diaria para realizar cualquier manejo pertinente, para evitar al máximo los efectos negativos en los injertos.

La temperatura dentro de la bolsa de plástico podrá ser de hasta 25 °C o más, siempre y cuando exista una buena ventilación en el exterior, sin llegar a resecar, y el viento no genere oleadas de mayor temperatura. La humedad relativa dentro de la bolsa tendrá que ser constante, de al menos 80% en los quince días iniciales, para lo cual serán de mucha ayuda los riegos de apoyo a los injertos en bolsa, de una a dos veces por semana, para que el agua vaporice y pueda entrar a la bolsa del injerto.

En las revisiones diarias, y de forma permanente, el levantado y acomodo de las bolsas de plástico del injerto tendrá que ser lo primero del día, ya que algunos días la temperatura y el sereno de la noche podrían generar condensación del vapor de agua y ocasionar que la bolsa se adhiera y pueda doblarse y caer sobre la púa injertada dentro de la bolsa (figura 42).



Figura 42. Revisión de injertos, levantado de bolsas, avances de brotado, registro de temperatura y humedad.

Esto producirá un exceso de humedad y calor según avance el efecto del sol, lo que propicia el desarrollo de hongos sobre la púa injertada, principalmente sobre aquella que se haya estresado por los cambios de temperatura y humedad, se haya deshidratado o esté en proceso de morir. Las diferencias de temperatura y humedad relativa dentro y fuera de la bolsa, y el tiempo de duración de ellas, serán críticos en los daños ocasionados en los injertos (figura 43).



Figura 43. Daño de púas injertadas por exceso de temperatura y humedad dentro de bolsa que causa cocimiento de la púa y muerte del injerto.

8.2.1.2 Cuidado del área de injertación

Aunque los injertos se encuentren al aire libre, se evitarán las corrientes de aire caliente con la colocación de malla mosquitera o malla sombra alrededor, y se dejarán los injertos bajo sombra parcial o total durante algunas horas al día, tratando de evitar al máximo la condensación del vapor dentro de la bolsa con el injerto (figura 44).

Figura 44. Malla mosquitera de plástico para protección de injertos contra vientos de temporada.



Es importante también desmalezar o mantener limpio el sustrato del injerto embolsado para evitar la presencia de plagas, como mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) y pulgones (*Aphis* sp.), las cuales pueden provocar serias afectaciones a los injertos si no se atienden a tiempo y en la forma correcta. Los injertos en proceso de prendimiento tendrán que mantenerse aireados sin llegar a resecar el sustrato, y no tan húmedos que lleguen a la saturación de agua, que provoquen estrés hídrico y la producción de hongos patógenos.

En caso de presencia de las plagas mencionadas en los injertos, es importante dar tratamiento químico de inmediato con diversos productos, según el tipo de plaga. Para adultos de mosca blanca e insectos chupadores en general se puede aplicar insecticida a base de Imidacloprid, parathion metílico 20% u otro de tipo químico; solo hay que recordar las inconveniencias de los efectos secundarios y daños al ambiente, por lo que se requiere

mucha seguridad durante su aplicación. De forma más rápida y económica se puede aplicar agua jabonosa de forma directa a los insectos plaga para reducir las poblaciones presentes.

Se recomienda aplicar jabón en pastilla, una cuarta parte diluida en veinte litros para aplicación con aspersora de mochila; si fuera jabón líquido, detergente para platos, utilizar un litro en 400 litros de agua o preparar jabón potásico casero y asperjarlo de manera foliar (una cucharada por litro de agua). Otra opción es utilizar productos biológicos a base de hongos entomopatógenos, como puede ser *Beauveria bassiana* o *Lecanicillium lecanii* de forma líquida o en polvo.

8.2.1.3 Fertilización

Se aplicará al sustrato soluciones de fertilizantes directas en baja concentración, solo para mantener las condiciones de nutrición basales una vez cada quince días, y se alternarán con aplicaciones de agua solamente mientras pegan y brotan las acículas del nuevo injerto.

Cuando se hayan cumplido los 80 días desde la injertación, se vuelve a realizar otra revisión exhaustiva del inventario y las condiciones de los injertos pegados y brotados al momento, con la finalidad de continuar con el tratamiento de fertilización foliar, y al suelo para reforzar la nutrición del patrón y del injerto que están en crecimiento activo y acelerado.

Se tiene que puntualizar la fertilización al suelo del patrón con aplicaciones semanales de la solución a base de 9-45-15 y 00-40-40, con microelementos a razón de 1,5 g de cada uno por litro de solución, preparada para fortalecer el desarrollo del tallo del pino patrón y propiciar el desarrollo de raíces nuevas.

En caso de que no se efectúe este tratamiento, se puede correr el riesgo de que se desarrolle más rápido y agresivamente el injerto, lo que provoca que el pino patrón no pueda abastecer los suficientes nutrientes que va requiriendo la púa en desarrollo activo del brote y llega a ocasionar el debilitamiento del patrón, y la consecuente muerte de todo el injerto; en el menor de los daños, puede causar el rechazo del injerto con excrecencias del tejido todavía en cicatrización, lo cual, al fin de cuentas, provoca la muerte prematura de la púa injertada.

Cuando se tienen todos los injertos (brotados) libres de la bolsa de plástico y en proceso de lignificación con exposición al sol, se recomienda realizar aplicaciones foliares a base de calcio más boro en forma conjunta, a razón de 1 gr por litro o 1 ml por litro; cuando se aplica de forma individual dependerá de la forma del compuesto comercial y su concentración. Vale la pena recordar que estos dos elementos son de lenta movilidad dentro de la planta, por lo que será importante aplicar dichos fertilizantes con alta solubilidad y disponibilidad para la planta.

8.2.1.4 Revisiones y evaluación de prendimiento de injertos

En las revisiones diarias de cada injerto, uno a uno, es importante darse cuenta de los avances en el desarrollo del injerto; los que mantengan un color verde brillante en la púa injertada por más de 30 días desde su injertación tendrán muchas posibilidades de continuar sobreviviendo para luego iniciar el brotado de las acículas (figura 45).



Figura 45. Revisiones constantes y cuidado oportuno de injertos en áreas de injertación.

En algunos injertos con diferentes problemas de deshidratación, cocimiento por calor, mala injertación, daño mecánico, presencia de hongos, etc., se pueden empezar a notar los cambios en la tonalidad del color verde hasta convertirse en color café oscuro opaco, señal de que el tejido ha muerto o está en proceso de morir. Estos injertos se tendrán que eliminar y separar del grupo de injertos vivos, ya que pueden desarrollar hongos y contaminar a los demás.

Para esta especie de pino, la primera revisión fuerte y decisiva se realiza cumplidos los 40 días de injertado, aunque en algunas ocasiones unas pocas familias empiezan a generar brotes de las acículas después de los 28 o 30 días. En esta primer revisión, se determinará y se registrará la cantidad de injertos que aún se encuentran verdes o vivos, y se separarán los que hayan muerto y se anotarán las razones probables de la muerte. De ahí en adelante se continuarán las revisiones diarias de los siguientes injertos que vayan cumpliendo los 40 días de elaborados.

Es importante recordar que el pino patrón injertado también tiene fuerte demanda de nutrientes, y esto puede generar competencia por ellos; si el patrón es más efectivo en esto, empezará a producir rebrotes de ramas basales activas que consumirán los nutrientes, lo cual agota a la yema injertada y provoca primero debilitamiento y luego la muerte del injerto.

En la revisión de cada uno de ellos por familias se reacomodarán y se harán podas oportunas parciales a los patrones que emitan crecimiento de ramas muy activas; también se decidirá el tratamiento que se dará a la bolsa de plástico según el desarrollo de la púa en proceso de brotado (figura 46). A los injertos que se encuentren vivos sin brotar se les mantendrá la bolsa lo más erguida posible con ayuda de tutores rígidos, con la intención de guardar las condiciones de temperatura y humedad relativa adecuadas que ayuden a su brotado.



Figura 46. Ramas activas del patrón que habrá que podar para evitar agotamiento nutricional del injerto.

8.2.1.5 Manejo de injertos brotados

A los injertos que iniciaron su desarrollo de brotes aciculares, según la situación de sanidad y estrés, se les cortará una esquina superior de la bolsa sin desatar en la base, con la finalidad de permitir la salida del exceso de temperatura y humedad relativa que se pueda generar con la respiración de los nuevos brotes

activos de las acículas; el tamaño de la abertura dependerá del grado de desarrollo del brote y las condiciones propias del injerto donde se encuentra (figura 47).



Figura 47. Tratamiento de bolsa de plástico con injerto en brote activo de acículas para evitar muerte de púas y permitir la ventilación controlada según etapa de brotación.

Se continúa la revisión permanente de todos los injertos en las diversas etapas de desarrollo de forma puntual para su tratamiento oportuno.

Mientras mayor es el desarrollo del brote del injerto, mayor es su respiración, entonces mejor y mayor ventilación deberá suceder dentro de la bolsa sin causar estrés al tejido tierno en crecimiento. Para esto se tendrá que ir eliminando la otra esquina y luego toda la parte superior de la bolsa en longitud de las acículas hasta quitar por completo la bolsa desde su atadura, para permitir el libre desarrollo del injerto (figura 48).

Figura 48. Bolsa abierta en parte superior cuando el injerto tiene brotes con crecimiento activo de más de 1 cm de longitud.



Dado que los injertos tienen diferente fecha de elaboración, la revisión y el tratamiento serán de forma paulatina y puntual, pero permanente. Aunque existen injertos que tardan más tiempo en su brotación incluso

dentro de la misma familia u origen, se tendrá que establecer un tratamiento diferenciado para cada uno de manera oportuna.

Conforme se desarrolla el injerto, la liga de injertación y el sellador de heridas se van resecaando por el sol y rompiendo para ser eliminados de forma natural por el crecimiento activo del injerto (figura 49). Esto descubre el tejido en cicatrización, todavía en desarrollo y delicado a cualquier factor ambiental estresante, como viento, temperatura o entrada libre de patógenos que pueden reducir la posibilidad de supervivencia. Es necesario, en este caso, colocar otra liga de injertación o sellador, según el desarrollo, la madurez o cicatrización del injerto.

En los movimientos y el reacomodo de injertos vivos y en la remoción de injertos muertos es importante el reagrupado cuidadoso de los injertos vivos, para evitar confusiones de familias y procedencias, así como el registro oportuno de los que se vayan muriendo.

Los injertos brotados en desarrollo activo necesitan revisión, cuidados y tratamiento permanente para propiciar la mayor supervivencia posible. Dentro del tratamiento es de vital importancia estar pendiente de los riegos y fertilizaciones semanales (dos a tres veces), hasta su establecimiento en campo (huerto o banco clonal).



Figura 49. Injertos de pino brotados, con liga de injertación degradándose por el sol.

8.3 Costo de injertos por año

Como se ha señalado, en el huerto semillero y el banco clonal existen pinos de origen sexual (semillas) y de origen asexual (injertos) que han tenido un alto costo de producción por las diferentes etapas que se tiene que pasar para lograr su establecimiento final en cualquiera de estos espacios productivos dentro del predio. A continuación se muestran los costos generales en la producción de los injertos de cada temporada desde sus inicios (2001) hasta el año 2017.

En el anexo 3 se detallan los costos aproximados en la recolecta de material procedente de los árboles superiores, elaboración y establecimiento de injertos por temporada en el huerto semillero o banco clonal.

8.3.1 Costo de injertos de pino con material procedente de árboles superiores en medio natural

El costo de los primeros injertos con material procedente de árboles superiores al inicio del programa fue de \$5,000.00 cada uno, establecidos en campo el primer año. Esto en gran medida es debido al porcentaje de prendimiento en el rango del 10 al 30% máximo. Por cada año adicional que se mantenía vivo el injerto con cuidados (riegos, fertilizaciones al suelo y foliares, control de plagas y enfermedades, limpieza y desmalezado, cajeteo, etcétera) dentro del huerto semillero o banco clonal, el valor aumentaba otros \$450.00 adicionales por injerto por año hasta el cuarto año.

Cuando los injertos sobreviven, se mantienen sanos, están en producción activa y se les puede cosechar veinte conos o más por temporada anual, su valor extra podría ascender a \$750.00 según calidad de semilla buena producida, y así por cada año de edad de los injertos tendrán un valor 15% más de los cálculos, después de los cinco años de edad en adelante, siempre y cuando se encuentren en producción activa de conos y semillas.

8.3.2 Costo de injertos de pino con material procedente de injertos establecidos en huerto semillero y banco clonal

El costo de los injertos elaborados con material procedente de los mismos injertos establecidos en las instalaciones del huerto semillero o banco clonal puede variar desde \$300.00 hasta \$500.00 por cada injerto prendido, según porcentaje de prendimiento y cantidad de injertos elaborados. El porcentaje de prendimiento de este material es de 40 a 60%, y puede aumentar hasta un 70% de prendimiento de los injertos.

De esta parte en adelante, los costos serán los mismos, \$450.00 desde su establecimiento los primeros cuatro años y del quinto año en adelante,

ya en producción, se aumentará su valor un 15% por cada año que se mantenga en el huerto semillero o banco clonal, aunque se presentará más pronto la producción de semilla que en los injertos que procedan de material de árboles superiores.

Por tal razón, el costo del injerto muerto variará con la edad de este y su capacidad productiva. Por ejemplo, si un injerto establecido en 2011, de seis años de edad en etapa productiva, se muere por cualquier causa, se estará ocasionando una pérdida de \$8,993.00 (ocho mil novecientos noventa y tres pesos) por este único injerto (anexo 8).

9 Principales problemas durante la injertación de pinos

Durante el tiempo que se lleva realizando injertos de pinos en esta especie, se han presentado algunos elementos negativos en el proceso de injertación que son de diferente índole (ver anexo 2). A continuación se relacionan los más importantes:

- Mal corte del tejido en púa: esto es debido a la inexperiencia del personal, a falta de cuidado o a la rapidez con que se realiza dicha actividad.
- Mala inserción del tejido púa-patrón: el diámetro de la púa a injertar es más amplia que el grosor del patrón y no se tuvo cuidado en el corte longitudinal del patrón de acuerdo con la púa preparada.
- Púas cortas injertadas: en la mayoría de los casos, el material inmaduro utilizado para la injertación es esponjoso y demasiado corto, y no es suficiente para realizar los cortes del tejido a preparar de manera eficiente, pues queda muy poco de la púa en la parte superior, la cual es fácil de deshidratar si no se tiene el manejo oportuno de la bolsa de plástico, que puede ocasionar el cocimiento por calor de la púa y llevar a su muerte.
- Patrones con tejido tierno: cuando los pinos patrón no están en su etapa de crecimiento óptimo para ser injertados, es mejor evitar su elaboración, ya que tienen muchas probabilidades de no pegar y morir. Esto ocasiona que el tejido inmaduro del patrón al momento

de ser injertado, la liga o plástico de injertación provocarán que este se tuerza por la presión ejercida en el amarre.

- Liga de injertación muy ajustada: la liga especial para la injertación, cuando es nueva, aunque es elástica y biodegradable, en su uso inicial es tensa y necesitará “estirar y dar de sí” antes de ser utilizada en la injertación, para evitar demasiado ajuste. En caso de usar plástico transparente, según el calibre, este podrá romperse fácilmente al amarrar púas, motivo por el cual hay que cuidar la tensión, pero es importante saber que hay que tener cuidado cuando el injerto ha brotado bien, para retirarla oportunamente y no ocasionar daños por estrangulamiento y fungosis (figura 50).



Figura 50. Daño en injertos por liga demasiado apretada y el efecto del plástico no removido oportunamente en las revisiones diarias.

- Fungicida utilizado: hay que considerar que no todos los fungicidas pueden ser adecuados para la prevención de salida de hongos durante la pega de los injertos; el exceso de calor y humedad dentro de la bolsa de plástico es condición propicia para el desarrollo de hongos que podrían ser oportunistas durante el estrés del injerto, y mayormente cuando este no ha sido bien elaborado. Se debe utilizar un fungicida que evite el desarrollo de *Fusarium oxysporum* en primera instancia, aunque en el transcurso pueden presentarse otros géneros y especies (*Penicillium* sp y *Aspergillus* sp), sin causar daños graves. El fungicida a utilizar es Captán ultra o algún Thiabendazole (0.5 a 1.0 g por litro

de agua), como los más fuertes de acción. Hay que tener cuidado con su toxicidad durante el uso. También pudiera utilizarse uno a base de Derosal.

- Bolsa muy apretada en la base: cuando sucede este problema por atadura fuerte de la bolsa, se impide la circulación de aire que refresca el interior de la bolsa de plástico, lo que provoca la acumulación de humedad y temperatura, que puede provocar cocimiento de púas y su consecuente muerte. Cuando los injertos están expuestas al sol directo, este problema se agudiza en los dos primeros días, ya que, además, el injerto sigue respirando y liberando dióxido de carbono que eleva la temperatura. La sujeción debe estar más o menos laxa para permitir el intercambio de gases, pero no tan floja que permita la desecación de la púa injertada al ingresar mucho viento.
- Espacio inferior en corte: este problema es parte del mal trabajo de injertación, y sucede debido a diversas causas, como corte mal efectuado, grosor del tallo y la púa, longitud de hendidura simple, sobre-madurez del patrón o rapidez de la injertación.
- Patrones lignificados: cuando los patrones se han pasado de la condición óptima o están demasiado lignificados, los injertos no se pueden realizar, debido a que, cuando se hace la hendidura simple y se quiere colocar la púa a injertar, el patrón se continua abriendo cada vez más al hacer el esfuerzo por colocarla, y se desgarrar de forma inevitable. Aunque se realice, habrá serios problemas en el prendimiento, que llega a ser nulo o bajo.
- Sol directo sobre injertos: el sol directo en los injertos provoca deshidratación en pocas horas, principalmente si no existe buena ventilación dentro de la bolsa, así como la muerte inmediata cuando no está bien hecho el injerto. En algunos injertos bien elaborados, esto acelera el tiempo de prendimiento de 20 a 30 días.
- Riegos oportunos: dado que el injerto está activo desde su elaboración, el patrón deberá aportar de forma eficiente los nutrientes a través del agua absorbida de los riegos realizados. Esto se hará de acuerdo con las condiciones ambientales imperantes; pueden ser de dos a tres riegos por semana según el tipo de sustrato.

- Fertilizaciones adecuadas: las fertilizaciones serán directas a la bolsa y no foliares mientras está en desarrollo; las concentraciones deberán ser bajas, solo de mantenimiento y fortalecimiento del patrón mientras se inicia el brote de las púas injertadas. Tendrán que ser del tipo mezcla compuesta con poco o nulo nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, zinc y cobre en solución acuosa, para aplicarse una a dos veces por semana en raciones de 500 ml por injerto.
- Daños mecánicos: las revisiones diarias de los injertos son necesarias para poder dar tratamiento oportuno antes de que se vean afectados por diversas razones, como daño mecánico por caída de bolsa con humedad condensada, para evitar el daño por exceso de calor dentro de la bolsa, para dar tratamiento adecuado ante las condiciones físicas de la púa al cambiar de color y brillo, y para determinar requerimiento de agua y el efecto del viento dominante.
- Manejo de podas en patrones: en las revisiones diarias de injertos, al tratarse de injertos con avanzado tiempo de elaborado, las yemas de crecimiento del patrón pueden ser más agresivas que la yema injertada, motivo por el cual estas ramillas del patrón tendrán que ser podadas de forma paulatina cuando ya estén grandes, hasta quitarlas completamente, y mantenerlas así conforme se vayan presentando otras nuevas ramillas.
- Levantado de bolsa y colocación de tutores de plástico: al igual que las revisiones diarias, el levantado de la bolsa de plástico debe ser constante; de ser necesario, se deberá colocar un tutor de plástico o madera semirrígido para soportar el peso de la bolsa y la fuerza del viento por más tiempo, hasta el prendimiento del injerto. Además, se requerirá manejo de bolsa en una de las esquinas de la bolsa de plástico para darle estructura al soporte de dicha bolsa.
- Malla rompévientos: cuando los injertos no están protegidos adecuadamente con mallas mosquiteras o malla sombra alrededor del área de injertación, los injertos se pueden reseca y deshidratar rápidamente en los meses de febrero y marzo, dentro del mismo huerto semillero, y esto afectaría primero a los injertos con púas injertadas más pequeñas y a aquellos con poco tiempo de injertadas. Estas mallas colocadas en la parte sur y oeste del área de injertación prote-

gen los injertos y les permiten mantenerse aireados de forma controlada, lo que genera condiciones propicias para la pega del injerto. En esta posición de las mallas se mantienen todo el periodo de injertación (enero a julio) hasta su salida a establecerse.

- Manejo de bolsa de plástico completa no rota: la bolsa colocada para generar condiciones de microclima en el injerto deberá ser revisada diariamente para saber cuándo el injerto empieza a presentar los primeros brotes y determinar el tamaño del corte de la bolsa de una esquina y luego la otra esquina, hasta quitar por completo la parte superior según el tamaño de los brotes, sin desatar en la base. Si no sucede esto de forma paulatina y oportuna, el injerto puede morir aunque haya estado brotado con tiempo. Debido a que el tejido brotado del injerto es demasiado tierno, es muy susceptible a los cambios bruscos de temperatura y al sol directo. La lignificación y la madurez de las acículas brotadas debe ser paulatina y constante. Conforme el injerto madura, requerirá de mejor ventilación en general; hay que determinar cuándo terminar de quitar por completo la bolsa, debido a que la herida del injerto puede estar todavía abierta o débil y cualquier viento o movimiento brusco puede hacer que se rompa.

Una vez que se da el tratamiento adecuado y oportuno en vivero a todos los injertos prendidos de cada temporada, se preparan para su traslado y cuidado al predio La Chamacuera, donde se encuentran ubicados el huerto semillero y el banco clonal, y donde se establecen de forma definitiva los injertos generados.

10 Localización y generalidades del huerto semillero y banco clonal

El huerto semillero asexual (HSA) y el banco clonal (BC) de *Pinus douglasiana* Martínez, se encuentran localizados en el predio La Chamacuera, cercano al poblado de Atequizayán, municipio de Zapotlán El Grande, Jalisco. Pertenece al Cinturón Volcánico Transversal Oeste, Volcán de Colima.

La ubicación (figura 51) es 19°41'58.85" N, 103°33'29.83" O, a 1689 msnm (al centro del HSA).



Figura 51. Ubicación general del HSA y el banco clonal de *Pinus douglasiana* Martínez en el predio La Chamacuera, Zapotlán El Grande, Jalisco.

10.1 Establecimiento y distribución del huerto semillero asexual (HSA) de *Pinus douglasiana* Martínez

- Número de árboles seleccionados para huerto semillero: 51 familias (PDU 001 a 051)
- Espaciamiento de plantación huerto semillero: $5 * 5 = 25 \text{ m}^2 = 400 \text{ rametos/ha}$.
- Superficie útil del huerto semillero: 6.12 hectáreas útiles.
- Número de repeticiones o bloques dentro de las 6.12 ha de huerto: 48 bloques o repeticiones.
- Distribución: BLOQUES AL AZAR (ver matriz general del HSA en anexo 4).
- Total de pinos o injertos: 2448 (51 x 48)
- Disposición en 48 hileras o lomos
- Superficie: 7 ha con barreras de eucaliptos

10.2 Establecimiento y distribución del banco clonal (BC) de *Pinus douglasiana* Martínez

- Número de árboles de *Pinus douglasiana* Martínez seleccionados en BC: 90 familias PDU (001-090)
- Densidad de plantación banco clonal (figura 52): $5 * 4 = 20 \text{ m}^2$.
- Número de repeticiones de cada árbol seleccionado: 25 INJERTOS EN LÍNEA
- Superficie del banco clonal: 500 injertos por hectárea, 4,5 ha útiles.
- Total de individuos: 2,250 injertos (90 familias X 25 repeticiones). (Ver matriz general del BC en anexo 5)
- TODOS LOS PINOS DE ORIGEN ASEXUAL (INJERTOS)
- Cada *rameto* productivo promedio produce veinte conos con doce semillas promedio.



Figura 52. Ubicación de injertos de pino en banco clonal de acuerdo con matriz general de las 90 familias.

11 Actividades de mantenimiento y tratamiento general

Las diversas actividades de mantenimiento que se realizan de manera constante durante todo el año dentro del huerto semillero y banco clonal (figura 53) son de suma importancia para mantener los injertos de pino libres de los efectos de los diferentes factores agroclimáticos, físicos, fenómenos naturales, bióticos y abióticos en general que pueden dañar o mermar la producción de conos y semillas.

- Desmalezado manual (desbrozadoras) a líneas de injertos en HSA y BC, barreras cortafuego, barreras de dilución de polen; desvarado y rastreos mecánicos (tractor e implementos) entre las calles.
- Monitoreo constante de plagas y enfermedades, problemas nutricionales, control de tuzas y otros roedores.
- Riego por goteo o manual desde septiembre a diciembre (una vez cada quince días) y de enero a junio (cada semana), variando según periodo del temporal de lluvias y presencia de cabañuelas.
- Fertilización por etapas de crecimiento: sólida al suelo en julio-agosto; líquida al suelo en septiembre-octubre; foliar en septiembre y en diciembre-enero. Se aplican macro y microelementos.
- Colecta de púas de injertos adultos para reinjertación: enero a marzo de cada año.
- Manejo y procesado de polen de árboles en HSA y BC para polinizaciones controladas.
- Colecta y registro de conos producidos por familia y bloques. El procesado, extracción, conteo y almacenamiento se realiza en vivero y en el HSA.
- Entre otras actividades de manejo en general.

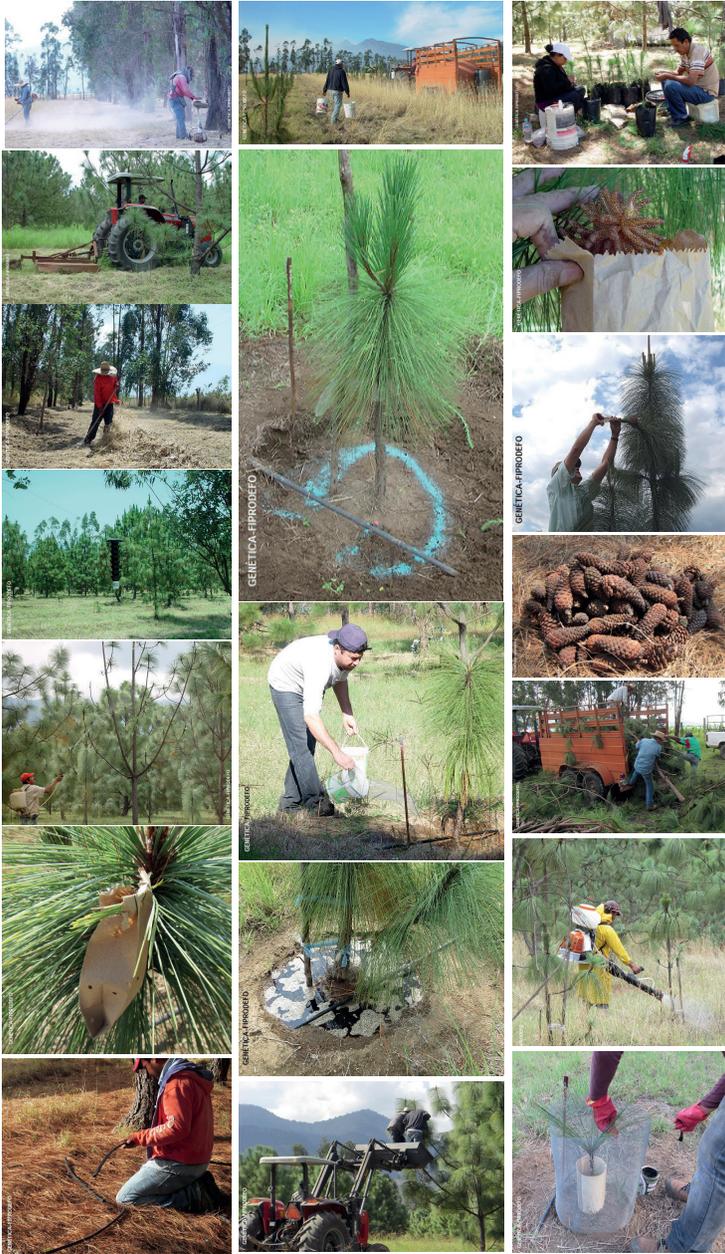


Figura 53. Diversas actividades de manejo técnico en el huerto semillero y el banco clonal de *Pinus douglasiana* Martínez.

12 Preparación y tratamiento de injertos prendidos hasta su establecimiento

Los injertos que pegaron y ya han empezado el desarrollo del brote activo necesitan tratamiento específico dentro del área de injertado. Dado que estos injertos ya no cuentan con bolsa de plástico cubriendo la púa injertada y se han expuesto al sol el tiempo suficiente para sellar las heridas y cicatrizarlas, es importante mantener los riegos de apoyo con agua sola o fertilizaciones ligeras en concentración, para mantener las condiciones basales sin deficiencias nutrimentales en el injerto y permitir el sano desarrollo de las nuevas acículas del injerto, y evitar al mínimo cualquier estrés fisiológico o mecánico.

12.1 Tratamiento previo

Los injertos que han llegado bien a esta etapa y han sobrevivido las condiciones de adaptación después de los 80 días más críticos desde su elaboración, y además continúan con su brote activo, pero aun así no están exentos de sufrir algún problema de rechazo, daño mecánico, falta de cicatrización adecuada, estrés hídrico o exceso de nutrientes que puedan ser tóxicos para el injerto. Los injertos con prendimiento seguro en cada una de las familias y orígenes del material injertado se deben agrupar y rotular de inmediato en cada bolsa, o colocar etiqueta de poliestireno con los datos precisos de forma individual, tratando de evitar desplazarlos demasiado de un lugar a otro, para reducir los problemas de estrés o daños mecánicos al máximo.

Cuando haya que transportar los injertos del área de injertación (un vivero) al huerto semillero o banco clonal donde finalmente se establecerán, es de suma importancia tener mucho cuidado en el tipo de transporte a utilizar, ya que un mal transporte o cuidado durante el transcurso puede terminar en pocas horas con el trabajo del injertador y los cuidados durante su mantenimiento y prendimiento de los injertos.

Se recomienda utilizar un vehículo alto con malla sombra en parte superior y cubierta en todos sus lados, para evitar entrada de corrientes de aire en distancias largas, y asegurar que no tengan ningún tipo de movi-

miento los injertos durante el traslado (figura 54), independientemente del tipo de contenedor donde se encuentre el injerto transportado.

Los daños mecánicos son principalmente en el injerto recién prendido, que está tierno y en proceso de amarre final, por lo que su pérdida es inmediata, o por estrés fisiológico por transporte (corrientes de viento directo, insolación, movimiento brusco continuo, salida del sustrato, etcétera), lo que se refleja en la muerte del injerto en los siete a diez días posteriores a este evento del transporte.



Figura 54. Transporte de injertos al huerto semillero y banco clonal desde el vivero de producción.

Aunque se considere que los injertos ya han prendido del todo, la cicatriz puede estar muy frágil, debido a que el peso de la púa en brotación cada vez es mayor por su crecimiento activo. Este crecimiento del injerto es muy demandante de nutrientes disponibles en el sustrato, razón por la cual se necesitan fertilizaciones constantes de baja dosis, ya que este crecimiento puede ser tan agresivo que podría agotar las condiciones nutricionales del patrón, que no soportaría mantener al injerto en crecimiento. Entonces este podría morir; empieza con un rechazo inicial, que forma una excrecencia lateral de tejido que termina estrangulando el tejido basal del patrón en la unión con la púa injertada (figura 55).

Algunos injertos mueren a los pocos meses, y otros pueden persistir por algunos años más, y mueren por varias razones, como estrangulamiento y rompimiento físico con vientos fuertes.



Figura 55. Excrecencia de tejido en púa injertada que sobredemanda nutrientes durante su crecimiento (incompatibilidad o rechazo).

En ocasiones, cuando este problema se descubre en la primera etapa, se puede corregir con fertilizaciones específicas a base de potasio, magnesio,

calcio, zinc y otros microelementos. También es conveniente volver a colocar una liga de injertación sin ajustar demasiado, para que no se ocasionen nuevas heridas que se puedan infectar con hongos o bacterias, o inclusive desgarrar el tejido con probabilidades de rompimiento.

Cuando el sustrato del patrón tiene mucho tiempo en la bolsa y ha sido manejado con fertilizaciones constantes durante su crecimiento, es necesario adicionar un tratamiento para mejorar la textura del suelo y aumentar la disponibilidad de los diferentes nutrientes, los cuales pueden estar bloqueados no disponibles y causar algún grado de intoxicación.

El tratamiento puede ser a base de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos o algún producto desalinizador desbloqueante por algunos días a la semana, con las dosis recomendadas en dependencia del producto comercial adquirido (figura 56).

Figura 56. Preparación de solución de fertilizantes para aplicar a los injertos vivos en proceso de brotación.

En general se programan aplicaciones semanales de diferentes fertilizantes:

Aplicar 300 a 500 ml de la solución de calcio + zinc (2 g + 0.25 g por cada litro de agua preparada) por injerto, directo al sustrato a razón de una vez por semana.

Aplicar 300 ml de la solución de ácidos húmicos + ácidos fúlvicos (1 a 2 l del producto en 200 l de agua) por injerto, directo al sustrato por al menos una vez por semana, dependiendo de los problemas de bloqueo de nutrientes o de forma preventiva.

A los injertos con prendimiento y con acículas bien desarrolladas que se ha decidido establecer en la temporada de lluvias inmediata se les puede realizar aplicaciones foliares diarias de la combinación de un fertilizante antiestrés (con poco de fósforo y algunas hormonas) y fertilizante a base de potasio (1:4) a partir de diez días antes y diez días después



de su establecimiento, para generar resistencia a cualquier tipo de estrés fisiológico en los injertos de que se trate.

Los días en que no esté programada la aplicación de fertilizantes arriba mencionados se harán riegos ligeros directos al sustrato del injerto con solo agua, para permitir diluir y bajar los fertilizantes aplicados en otros días, asegurándose de que entre cada aplicación de fertilizantes directos al sustrato exista un día, para que el injerto no se sature de nutrientes en forma de sales.

12.2 Ubicación y tratamiento de cepas en huerto semillero o banco clonal

Cuando se cuenta con lista definitiva de injertos prendidos sanos por establecer, se procede a buscar primero el espacio correspondiente en la matriz del huerto semillero o el banco clonal donde hace falta reponer o complementar con dicha familia por bloque o línea.

Se revisa la matriz de supervivencia de familias (*ramet*) por bloque y se verifica en campo dentro del huerto o banco, para decidir la prioridad donde debe ubicarse de acuerdo con densidad y espacio vital para su desarrollo. Una vez localizado el espacio —antes del temporal de lluvias— donde se deberá establecer el injerto, se procede a ubicar la cepa alineándola en todas direcciones con los injertos ya establecidos, se efectúa la limpieza con azadón (un metro cuadrado) y pala para remover y aflojar el terreno (85 x 85 x 40 cm), quitar maleza y mullir terrones para cada espacio de todos los injertos posibles de plantarse en la temporada.



Figura 57. Ubicación y preparación de cepas para establecer los injertos.

Después de preparadas las cepas, estas se dejan expuestas a los rayos solares mientras se termina de elaborar aquellas donde se plantará el número de injertos disponibles (figura 57). Se consultan los antecedentes de establecimiento de algunos injertos ya establecidos en los espacios seleccionados y donde se haya tenido problemas en su supervivencia, para dar tratamiento químico con Busán para las cepas donde hubo problemas de *Fusarium* sp o alguna otra plaga (daños por larvas de gallina ciega). Se aplica producto biológico a base de *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae* cuando el espacio de la cepa en cuestión no haya tenido ningún problema o nunca se haya utilizado dicha cepa.

Cuando el tratamiento es con químicos (0.5 a 1.0 l en 200 l de agua, según gravedad del problema), se debe realizar la aplicación con aspersora de mochila una vez que el espacio esté desmalezado y limpio, al menos un mes antes de establecer el injerto (figura 58).

Cabe señalar que se tiene que tener mucho cuidado en utilizar la ropa adecuada para su aplicación, de ser posible utilizar traje especial completo con mascarilla, ya que el producto Busán es altamente peligroso por causar quemaduras serias en contacto con la piel.



Figura 58. Preparación y tratamiento de la cepa donde se establecerá el injerto correspondiente.

Cuando se realizan aplicaciones de productos biológicos como los mencionados arriba, la preparación de estos deberá hacerse por separado en recipientes específicos para los biológicos (cubetas y tambos de plástico limpios), no en recipientes donde se haya realizado preparaciones de productos químicos previamente, ya que cualquier residuo químico, por mínima que sea la cantidad y el tipo de producto, puede matar o desactivar el efecto benéfico de los organismos en poco tiempo en porcentajes superiores del 50%.

Las preparaciones de los productos biológicos se realizan primero disolviendo una dosis (250 g) en media cubeta de agua para lograr su disolución completa, entonces este preparado se pasa a un tampo previamente llenado con agua a tres cuartas partes de la capacidad y se agita constantemente hasta homogenizar. En caso de que la presentación de estos biológicos sea líquida, se recomienda uno a dos litros de cada uno si vienen por separado, o dos litros si vienen juntos, según concentración de esporas. Es importante revisar el pH del agua antes de utilizarla en cualquier solución, o inclusive para el riego de cualquier planta, pues deberá estar cercana a la neutralidad.

Con esta solución se llenan las aspersoras de mochila (19 l) exclusivas para productos biológicos, con las que se realizarán las aplicaciones a las cepas previamente abiertas, una vez iniciado el temporal de lluvias y con unos cinco días de acción en la cepa antes del establecimiento. Si el temporal es copioso, se puede aplicar el producto biológico al momento de plantar el injerto, incluyendo el mojado del cepellón, sin ningún problema.

La solución preparada con productos biológicos tiene que utilizarse por completo en un tiempo no mayor a las 30 horas después de su elaboración, ya que empieza a perder su efectividad con el aumento de temperatura y la aireación de la solución. Se calcula que una cepa final de 30 x 30 cm en cada lado y 35 cm de profundidad se aplican de 200 a 300 ml de la solución de biológicos según tipo y textura del suelo para dejar bien mojada la cepa.

Una vez preparadas y tratadas las cepas, se realiza también un tratamiento a cada injerto en bolsa todavía, con la sumersión por algunos minutos de todo el cepellón en una solución de fertilizante 12-43-12 o 9-45-15 con microelementos, para humedecer bien el sustrato y las raíces,

previa salida de la bolsa o contenedor, lo cual también servirá para estimular el desarrollo de nuevas raíces (figura 59).

Después del tratamiento de injertos, estos se transportan con cuidado y se distribuyen por familias en las cepas preparadas de los bloques o las líneas correspondientes, según sea el destino en esta ocasión (huerto semillero o banco clonal).



Figura 59. Remojo de injertos en solución de fertilizantes previa ubicación para su establecimiento.

12.3 Establecimiento de injertos de pinos y sus cuidados

Una vez que el temporal de lluvias se ha establecido de forma constante, y ha permitido el mojado del suelo en más de 35 cm de profundidad —en lugar diferente a las cepas—, es momento de iniciar los preparativos para el establecimiento de injertos en campo.

Los injertos de pinos de las diferentes procedencias que reúnan las mejores condiciones sanitarias y vigor en el desarrollo previo a esta etapa se establecerán en el huerto semillero o banco clonal de acuerdo con el croquis de la matriz general por bloques y espacios de injertos faltantes de las familias consideradas para cada uno de ellos. En la cepa preparada y tratada se presentará el injerto con bolsa de forma momentánea para

calcular la profundidad de la cepa y para que se pueda corregir si fuera necesario, antes de colocar el injerto de pino que haya sido sacado de la bolsa de plástico o contenedor.

Es importante recordar que el injerto que ya ha brotado y lignificado es succulento y débil todavía, mucho más en la cicatriz de la herida donde se realizó el injerto, la cual con cualquier movimiento brusco o no del injerto se puede romper o dañar fácilmente.

El remojo previo con fertilizante permitirá que el cepellón se pueda retirar del contenedor sin ningún problema y estimulará la salida de nuevas raíces. En este momento es oportuno, con mucho cuidado, podar las raíces secundarias que se han doblado dentro de la bolsa, sin estar lignificadas y han crecido demasiado en la parte basal (figura 60). Se retira la bolsa de plástico sin destruir el cepellón. Esto estimulará el buen desarrollo de las nuevas raíces y evitará los problemas de raíz regresada o cola cochino (J), como comúnmente se le conoce, durante el inicio de su desarrollo.



Figura 60. Revisión y tratamiento de raíces en injertos previo a su establecimiento.

El tamaño y la profundidad de la cepa tiene que estar acorde con el tamaño y la altura del cepellón donde se haya desarrollado el injerto, ya que al momento de colocarlo y establecerlo no deberán quedar espacios con aire que podrían dañar las raíces al oxidarse, ni tampoco deberá quedar muy enterrado el cuello del injerto en más de un centímetro de altura de la parte superior del cepellón, ya que se ha comprobado, en esta y otras especies de pinos, que estos presentan problemas de estrangulamiento del cuello a los dos o tres meses después de su establecimiento, y ello puede ocasionar la muerte, presentando primero una reducción en su crecimiento con clorosis foliar. Esto no solo se presenta en los injertos, sino también en planta de pinos que proceden de semilla y son establecidos directamente al suelo.

El injerto se coloca de forma recta y se apisona alrededor para asegurar que no haya quedado aire en la cepa estando ya establecido el injerto. Al momento de su establecimiento se colocan 30 g de fertilizante soluble alrededor del injerto, con una fórmula baja o nula en nitrógeno, alta en fósforo y algo de potasio (9-45-15, 00-40-40), tratando de cubrir de forma superficial dicho fertilizante para que no ocurran pérdidas y pueda bajar a las raíces conforme se vaya disolviendo.

Se desmaleza alrededor del injerto y se prepara el cajete correspondiente para captar el agua de lluvia que ayudará a su desarrollo inicial. La etiqueta se conserva cerca del injerto establecido, para luego confirmar su ubicación. Si fuera necesario, según lugar, tipo de suelo y condiciones donde se encuentren los injertos establecidos, será necesario colocar productos biológicos o químicos que repelen las plagas del suelo que puedan dañar al injerto.

Para esto es recomendable mantener de forma segura y permanente el mínimo de maleza alrededor o cerca del huerto semillero o banco clonal, ya que se evitarían serios problemas por los ataques por roedores, principalmente ratas de campo o liebres, los que podrían ocasionar daños de anillamiento del tallo por morder la corteza, o daños graves por hormiga arriera, que defolia los pinos y los matan, en ambos casos.

Debido al elevado costo de los injertos, deberán protegerse colocando malla de alambre mosquitera alrededor del injerto o con mitades de tubos de PVC de cinco pulgadas con altura suficiente para cubrir el tallo y parte

del follaje del injerto. La malla de alambre tiene una duración de una a dos temporadas porque se oxida y se destruye con la humedad y su exposición (figura 61).



Figura 61. Injerto de pino establecido de temporada y protegido con malla de alambre y mitades de PVC contra roedores y hormiga arriera.

Los tramos de PVC tienen mayor duración según el uso, desde cuatro a diez años; pueden ser más, según el uso y el cuidado que se tengan.

Estas mismas protecciones evitan la entrada de hormiga arriera y los daños que provoca. Se colocan después de un mes de establecidos los injertos, justo cuando se aplica a cada injerto veinte a treinta gramos de fertilizante Nutriforest de liberación controlada por nueve meses; también se cubren con tierra para evitar su pérdida al ambiente. Aunque podría utilizarse otro fertilizante parecido a este, como el Muticote 8M, no es tan efectivo, no contiene microelementos, pero si es más barato.

Dado que la liberación controlada de este fertilizante es progresiva y obedece a la presencia de la humedad y temperatura en el suelo, las cantidades de los diferentes nutrientes es baja cada vez que esto sucede, por lo que no es suficiente pero sí importante para cada injerto en crecimiento.

Además de estas fertilizaciones, se vuelve a aplicar otra cantidad de fertilizantes solubles mientras se mantenga constante el periodo de lluvias

en la temporada, sin que pase el mes de agosto. De estos fertilizantes, se aplicarán 20 g de 9-45-15 y 20 g de 00-40-40 al suelo después de dos meses de establecidos los injertos, habiendo todavía suficiente humedad para su aprovechamiento.

Con esta fertilización los injertos desarrollarán buen grosor de tallo del pino patrón, lo cual beneficiará para soportar de forma adecuada el injerto en crecimiento y para que se puedan evitar al máximo los problemas de rechazo inicial.

13 Actividades de tratamiento productivo

13.1 Tratamiento de injertos mayores de un año de edad

Durante el periodo de lluvias, y después de establecidos los injertos generados en la temporada de injertación del mismo año, se programan actividades de manejo y mantenimiento de los injertos mayores de un año de edad que tienen que ver con la limpieza o el desmalezado de los cajetes previo a su fertilización sólida al suelo. También apuntalado y cubrimiento de raíces expuestas de los injertos en desarrollo.

Debido a que los injertos de pinos de diferentes edades y familias difieren en desarrollo y cantidad de materia seca producida, también los requerimientos nutricionales deben estar de acuerdo con la capacidad de crecimiento y la producción de conos y semillas en cada año, cuando estos ya están produciendo (Champagnat, 1989).

Sobre esta base, y de acuerdo con referencias científicas de varios investigadores en diferentes países, se tomaron las referencias técnicas para la fertilización de pinos productivos por etapas de crecimiento y según la cantidad de materia seca por injerto (figura 62), sin dejar de lado los resultados de un análisis de suelo previo para verificar las condiciones nutricionales que se mantienen en el suelo de un año a otro. Así que, para calcular la cantidad de nutrientes aportados por cada fertilizante aplicado en la temporada, sea al suelo, sea foliar, se considera altura, edad y área foliar, que formarán parte de la cantidad de materia seca total que produce determinado pino en crecimiento (Moraes, 1995).

Se tiene un cálculo promedio de que los injertos recién establecidos en la temporada, y aquellos con altura menor de un metro, tendrán aproximadamente 1 kg de materia seca en toda su estructura, y no más, por lo que sus requerimientos estarán acordes con la etapa E1 con sus nutrientes macro y micro que deberían ser aportados en gramos por árbol o injerto de pino, incluidos aquí los recién establecidos en la temporada.

Así sucesivamente se determinan los requerimientos de nutrientes de los injertos de forma individual, según etapa de crecimiento, tratando de no pasar los límites máximos ni dejar de aplicar nada de fertilizantes a un injerto o pino. Se realizan los cálculos de las cantidades de fertilizantes y sus nutrientes aportados por cada aplicación y, cuando hace falta, se trata de aplicar de forma foliar según lo permita el tipo de fertilizante a utilizar, y de complementar el aporte de algún nutriente, cuidando en todo momento de que sus mezclas y soluciones en agua sean compatibles, evitando la formación de precipitados o el bloqueo de un nutriente con otro, además de su disponibilidad para asegurar su asimilación por la planta (Landis *et al.*, 1989).

Etapas	E1	E2	E3	E4
Altura (m)	< 1.0	1.1-2.0	2.1-3.0	> 3.1
Materia seca (kg)	1	3	5	7
Macronutrientes	g/árbol			
Nitrógeno	13.5	40.5	67.5	94.5
Fósforo	1.2	3.6	6	8.4
Potasio	6	18	30	42
Calcio	3	9	15	21
Magnesio	1.2	3.6	6	8.4
Azufre	1.2	3.6	6	8.4
Micronutrientes	mg/árbol			
Boro	15	45	75	105
Zinc	35	105	175	245
Hierro	70	210	350	490
Manganeso	400	1200	2000	2800
Cobre	5	15	25	35
Molibdeno	0	0	1.1	1.5

Figura 62. Recomendaciones básicas de fertilizaciones por etapas de desarrollo en *Pinus douglasiana* Martínez requeridos por injerto o pino establecidos según la cantidad de materia seca (Moraes, 1995).

Primero se formulan aplicaciones de fertilizantes sólidos solubles sobre la base de 50 ppm de nitrógeno para las primeras etapas con aplicaciones al suelo en temporada de lluvias. Luego se calculan los fertilizantes sobre la base de 75 ppm de nitrógeno después de dos a tres meses sin dejar de aplicar fertilizantes completos, los cuales incluyen microelementos, además de los nutrientes primarios y secundarios. La cantidad total de los fertilizantes para cada etapa de crecimiento se aplica de diferentes maneras.

En plena temporada de lluvias se aplican los fertilizantes sólidos (povos, cristales, gránulos) solubles al suelo dentro de su respectivo cajete, los cuales se disolverán y aprovecharán en el primer mes después de su establecimiento.

Una vez que el injerto se ha mantenido en buenas condiciones el primer mes, se realiza el desmalezado local y se aplican 20 g del fertilizante Nutriforest 9M (9-23-14+7) de liberación controlada por injerto, el cual se entierra para evitar pérdidas a la atmósfera, y se liberará por un periodo de nueve meses según condiciones de humedad y temperatura en el suelo.

Dado que la cantidad liberada al día no llega a ser suficiente para el injerto en crecimiento inicial activo, es recomendable aplicar otra dosis de 30 g de fertilizantes solubles de la siguiente mezcla por injerto: 1.0 kg de 9-45-15 y 0.5 kg de 00-40-40 (ambos con microelementos) cuando todavía exista humedad en el suelo. Esto ayudará al engrosamiento y el fortalecimiento del tallo desde su base, y con ello se podrán evitar en gran medida las probabilidades de rechazo por excesivo crecimiento de la púa injertada sobre el patrón, lo que genera a su vez una rápida estimulación de la capacidad reproductiva.

Este tratamiento se efectúa en todos los injertos menores de un metro de altura para promover su desarrollo productivo en corto tiempo. A los injertos de esta etapa inicial, pasados los tres o cuatro meses de establecidos, se aplica fertilizante foliar Nutriplant plus (1 l en 200 l de agua) para reducir el efecto del estrés fisiológico y propiciar resistencia al injerto de diversas maneras.

La fertilización sólida se complementa con aplicaciones foliares de calcio, boro y algunos productos que generan resistencia al estrés hídrico, los que se aplican a todos los injertos de todas las etapas dos veces por año (en agosto y diciembre). En esta etapa estos elementos ayudan a fortalecer

la pared celular en crecimiento, a desarrollar resistencia fisiológica inicial y a estimular la salida de estróbilos femeninos y masculinos de los pinos. Es de importancia considerar que estos injertos deberán tener riegos de auxilio en los periodos más secos; la aplicación se inicia cada dos semanas a partir de octubre a diciembre, y cada semana a partir de enero hasta junio (o cuando se presente el temporal de lluvias de forma copiosa). Esto permitirá mantener la mayor supervivencia, al evitar la desecación por fuertes vientos. Para esto se colocará materia seca en el cajete para reducir la pérdida de humedad y mantener disponibles los nutrientes para los injertos hasta el siguiente temporal.

13.2 Fertilización de injertos y pinos de etapas 2, 3 y 4

Los pinos e injertos de estas etapas, ya tienen buen desarrollo foliar y varios ya producen conos con semilla. Se cubren los requerimientos nutricionales de acuerdo con la etapa de crecimiento específica y reforzando su aplicación de fertilizantes a aquellos con producción activa de conos. Los tipos de fertilizantes pueden variar de acuerdo con la formulación de la casa comercial y el costo del producto. Se busca no sobrepasar los requerimientos al momento de calcular los aportes de cada nutriente por temporada, ya sea en la aplicación de la fertilización sólida como en la fertilización foliar complementaria. Se aplican los macroelementos y microelementos disponibles en la temporada, complementando de forma puntual alguna deficiencia que se llegue a presentar.

Las fertilizaciones foliares tienen que ver con los fertilizantes a base de calcio, boro y algunas sustancias de resistencia como en la primera etapa, solo que la cantidad recibida es diferente de acuerdo con el área foliar y a la capacidad de asimilación según estado sanitario del pino (figura 63).



Figura 63. Fertilización foliar a injertos productivos para estimular mayor producción.

Se realizan aplicaciones de fertilizantes de origen químico, pero también se aplican productos como ácidos húmicos y ácidos fúlvicos con desalinizantes, en solución al suelo, para desbloquear las posibles sales minerales formadas cada temporada. Existen diferentes casas comerciales y costos de donde se pueden adquirir.

En las etapas adultas, principalmente la etapa 4, se encuentran los pinos de origen sexual en su mayoría, con abundante follaje, con un sistema radicular muy desarrollado y profundo que limita el aprovechamiento local de los nutrientes aplicados. Por tal motivo son de gran importancia las aplicaciones foliares de macro y microelementos para la producción de conos y semillas en estos árboles (Brockley, 2001).

Es de interés recordar que la mayoría de los conos o estróbilos femeninos producidos en los pinos de origen sexual es a partir de la parte media hacia la parte superior de la copa del mismo árbol, y los estróbilos masculinos que producen el polen se producen en las ramas de la parte media hacia abajo del árbol.

En el caso de los pinos de origen asexual (injertos) en la mayoría de las familias el polen también es producido en las ramas de la parte baja de injerto, pero la salida de los estróbilos femeninos puede darse en cualquier parte del injerto.

Las podas de yemas terminales de cada rama pueden generar nuevas ramas y salida de estróbilos femeninos en un 20 a 30% más en la siguiente temporada; por ello se realizan estas podas cada año, utilizando el material biológico para ser injertado y reponer los injertos faltantes de cada familia.

La salida de estróbilos puede aumentar con las fertilizaciones específicas y la aplicación oportuna de podas de raíces con el rastreo de calles entre líneas de pinos dentro del huerto semillero y banco clonal. Estas actividades se programan al menos dos veces por año para estimular la producción de conos y semillas.

Es necesario aplicar las fertilizaciones de calcio y boro foliar de esta forma, para propiciar la rápida absorción y asimilación, aunque es bien sabido que estos nutrientes son de muy baja movilidad dentro de la planta, además de que se tiene que evitar algunas combinaciones de fertilizantes en el suelo, sobre todo los que son a base de calcio. Estos se aplican al terminar el periodo de lluvias en la zona, lo que corresponde a finales de septiembre, otra aplicación se realiza a principios de diciembre, con diversas finalidades:

- Prevenir deficiencias nutricionales, principalmente de calcio.
- Estimular la producción de estróbilos al inicio del siguiente año.
- Mejorar la calidad y la cantidad de polen liberado.
- Evitar el aborto de los conos.
- Aumentar la cantidad de semilla viable.

Una vez que el temporal de lluvias ha terminado o se ha reducido, es importante mantener las condiciones apropiadas de humedad en el suelo;

para ello se programan riegos de apoyo a partir del mes de octubre, según necesidad de los pinos y presencia de lluvias ocasionales de consideración.

El sistema de riego por goteo establecido para este fin se utiliza cada quince días hasta el mes de diciembre, y luego cada ocho o diez días a partir de enero hasta junio, o hasta cuando se presenten las primeras lluvias de la siguiente temporada. Este tiempo es de vital importancia para estimular la salida de estróbilos femeninos y masculinos de la temporada, aunque en algunas familias este periodo crítico comienza desde el mes de diciembre (Kishchuk *et al.*, 2002). Para ello se recomienda aportar a los pinos de diversas maneras los nutrientes de los fertilizantes (figura 64).

Nutrientes en fertilizantes	Liberación de nutrientes (%)		
	Al suelo		Foliar
	Soluble	Controlada	Soluble
Nitrógeno	30	50	20
Fósforo	40	40	20
Potasio	30	30	40
Calcio	20	10	70
Magnesio	40	20	40
Azufre	50	20	30
Boro	30	20	50
Hierro	30	20	50
Zinc	40	30	30
Cobre	40	30	30
Manganeso	50	20	30
Molibdeno	30	30	40
Silicio	30	40	30
Folcisteína	30	20	50
Aminoácidos	40	0	60
Algas marinas	40	0	60
Ácidos húmicos	50	30	20
Ácidos fúlvicos	50	30	20

Figura 64. Recomendaciones sugeridas de nutrientes en los fertilizantes y forma cómo se deberán aportar a los injertos en el huerto semillero asexual de *Pinus douglasiana* Martínez, tanto al suelo como de forma foliar.

13.3 Otras actividades

Otra actividad en huerto semillero y banco clonal que fomenta la salida de estructuras reproductivas en pinos (desde 15 a 20% según la familia) es realizar rastreo mecánico en las calles de una línea y otra de pinos e injertos para podar las raíces superficiales (figura 65). Esto se efectúa en un solo sentido a partir de octubre o noviembre de cada año, y se alterna el sentido del rastreo al siguiente año.

El rastreo de calles entre las líneas de pinos, además de la limpieza de maleza, ayuda en la poda de raíces del suelo que están en crecimiento, lo cual provoca estrés al pino que inducirá la floración inmediata. Esto es una actividad programada de tratamiento productivo de los huertos semilleros en varios países, pero hay que tener ciertos cuidados y tratamientos que ayuden a mantener sanos a los injertos.

Los rastreos no tienen que ser muy profundos, para no estresar demasiado a los pinos, que podrían afectarse o morir. Al evitar este manejo los pinos producirán sus conos de manera normal, pero si se realiza en la temporada previa a la salida de las estructuras reproductivas (diciembre), se aumentará en un 7 a 10% y mantendrá más tiempo la humedad del suelo.

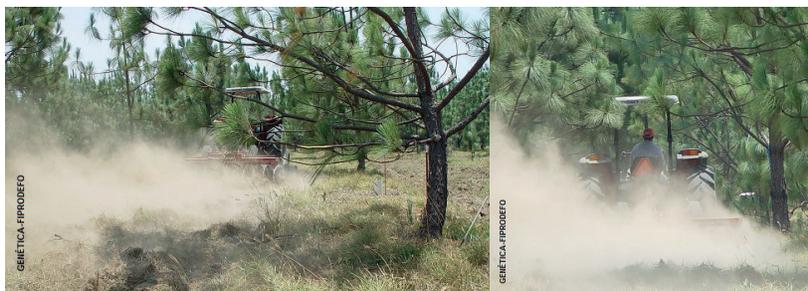


Figura 65. Rastreo en calles del huerto semillero asexual y banco clonal de *Pinus douglasiana* Martínez para poda de raíces que estimulan la producción de estróbilos masculinos y femeninos, además del desmalezado local.

14 Producción de estructuras reproductivas y fenología

Las estructuras reproductoras de los pinos, llamadas estróbilos, se pueden presentar con diferentes sexos en el mismo árbol; por lo tanto, se conocen

como estróbilos femeninos los receptivos, y estróbilos o, paquete estrobilar masculino, los que liberan el polen que fecundará los óvulos alojados en la parte central interna de los estróbilos femeninos producidos cada temporada por los pinos.

La presencia de uno u otro tipo de estróbilo tiene marcada influencia por diferentes factores: cantidad y calidad del tipo de fertilización, fecha de aplicación de fertilizantes, tratamiento y fecha de rastro, profundidad del rastro, presencia de humedad constante en suelo (lluvias o riegos), condiciones de clima (temperatura, humedad relativa y viento), podas en ramas, cantidad de horas sol que recibe el injerto, cantidad de horas frío, estrés hídrico previo, estrés por presencia de plagas, algunas deficiencias nutricionales, etcétera (Askew y Blush, 1990).

La cantidad y la calidad de los estróbilos, la calidad de la semilla, el color de estróbilos, el tamaño de estróbilos, la receptividad, la fecundación del óvulo, la calidad y la resistencia de la planta generada, etc., son factores que se verán influidos por la familia de pino mencionada (Schmidting, 1975).

En huerto semillero, los pinos de origen sexual producen del 80 al 90% del polen producido, y en los injertos se produce el 85% de los estróbilos femeninos que generarán las semillas (figura 66).



Figura 66. Conillos femeninos múltiples cerrados y abiertos durante la polinización libre en huerto semillero asexual y banco clonal.

Generalmente la presencia de estróbilos femeninos sucede primero en pocas familias desde septiembre o noviembre, hasta llegar a la máxima

producción, que ocurre entre los meses de enero a marzo, junto con la producción de estróbilos masculinos, solo que la maduración plena de estos últimos es un poco más tardado, por lo que la mayor liberación del polen se presenta después del mes de febrero en cada temporada.

La producción de polen por cada familia varía según la procedencia del árbol superior; es de uno a dos gramos de polen por paquete estrobilar en los árboles de origen asexual (injertos) que proceden de la costa de Jalisco, y hasta 15 g de polen puro por paquete estrobilar masculino en pinos de las otras regiones del estado, y es mayor en pinos de origen sexual. La cantidad de estróbilos producidos en el huerto semillero por año, varía en la cantidad total de polen liberado por temporada, desde los 20 kg hasta los 80 kg (figura 67).

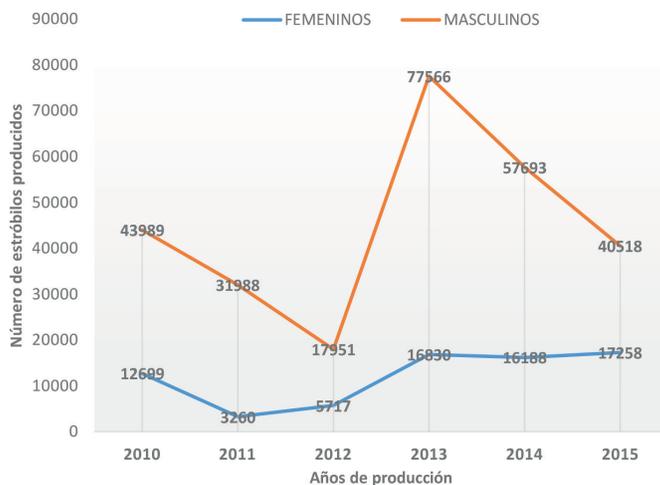


Figura 67. Producción anual de estróbilos femeninos y masculinos en el huerto semillero asexual de *Pinus douglasiana* Martínez.

Cada año se realiza la revisión, el conteo estimado y el registro de la salida de estróbilos femeninos y masculinos por cada pino o injerto de cada bloque existente en el huerto semillero y banco clonal. Los datos y las observaciones pertinentes se agrupan por número de familia para estimar la posible producción de conos y semillas viables en cada temporada. También se registran los conos verdes en proceso de maduración que

podrán ser colectados en esa temporada, con antelación al temporal de lluvias. La cantidad y la calidad de polen liberado dentro del huerto semillero y banco clonal también se ven afectadas por varios factores, como los mencionados para los conillos.

La cantidad de polen liberado por cada familia es diferente entre ellas; es menor en las familias procedentes de las partes costeras de Jalisco, y de mayor o considerable cantidad son las familias de las regiones más altas del estado. Aunque la cantidad de polen liberado puede ser muy alta en algunos años, existen factores que determinan que la polinización libre sea eficiente; uno de esos factores es la calidad del polen, que tiene que ver con la capacidad de germinación y crecimiento del tubo polínico para ser capaz de llevar a cabo la fecundación del óvulo de los conillos de manera oportuna.

Otro factor importante es la dirección y el comportamiento del viento dentro del huerto semillero para dispersar dicho polen y permitir que cubra de forma homogénea y oportuna a todos los estróbilos femeninos receptivos en las diferentes etapas fenológicas de cada familia en general.

A veces es complicado que esta “sincronía productiva” suceda en su totalidad, pero mucho tiene que ver con el tratamiento previo de los injertos y pinos en general dentro del huerto semillero y el banco clonal. De esto depende en gran medida, junto con otros factores, la cantidad de semilla viable producida por temporada (figura 68).

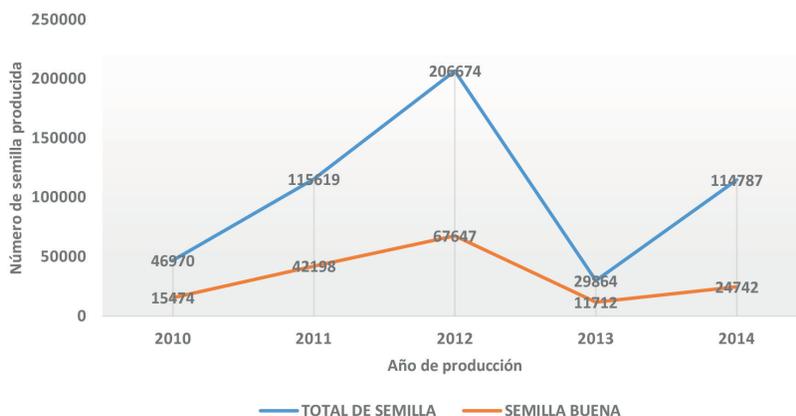


Figura 68. Producción de semilla de pino en el huerto semillero del FIPRODEFO y fracción de semilla viable.

Esta cantidad puede ser del 20 al 40% de la producción anual, y está influida por diversos factores. A pesar de que la liberación del polen sea elevada cada temporada, esto no garantiza la polinización abierta en pinos dentro del huerto semillero y el banco clonal, ya que las condiciones y la oportunidad de fertilización oportuna y suficiente varían con el presupuesto aportado cada año (figuras 69 y 70).

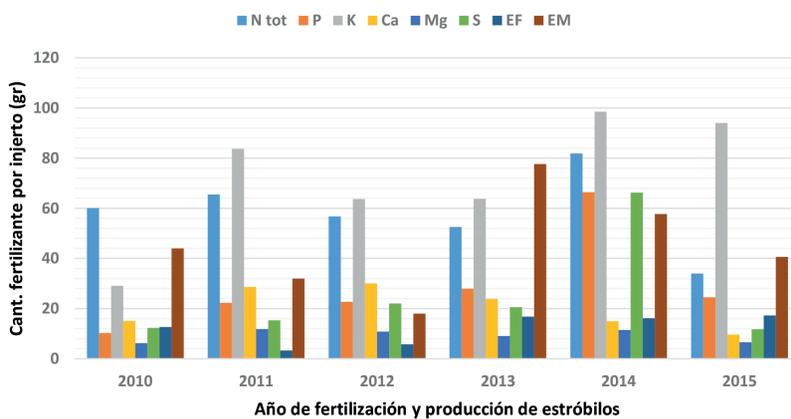


Figura 69. Influencia de la fertilización con macroelementos por injertos en huerto semillero y la producción de estróbilos femeninos (EF) y masculinos (EM) anual. **Nota:** Multiplicar por mil la cantidad real de estróbilos.

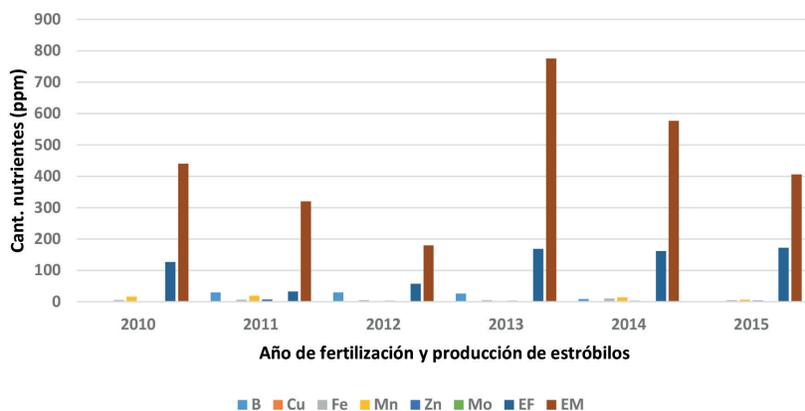


Figura 70. Influencia de la fertilización con microelementos (ppm) en huerto semillero y la producción de estróbilos femeninos (EF) y masculinos (EM) anual. **Nota:** Multiplicar el valor por cien para estimar la cantidad real de estróbilos.

Aunque las cantidades de fertilizantes aportados cada año a los pinos e injertos dentro del huerto semillero y el banco clonal no han sido las adecuadas (poco menos del 50% de lo requerido) de cada elemento nutricional, las condiciones de producción de conillos y polen afectan la calidad más que la cantidad en cada temporada; resultado de ello es la cantidad de semilla vana contabilizada, no solo por daños de chinche semillera y otros factores.

Numerosas investigaciones (Moorhead, 1998) corroboran la importancia de las fertilizaciones nitrogenadas para estimular la producción de estróbilos femeninos y masculinos en cantidades al doble o al triple de la cantidad aquí indicada. Cabe resaltar que, para esta especie de pino en estas condiciones productivas dentro del huerto semillero, no se ven afectadas drásticamente, pero sí lo es la aportación foliar de calcio y boro que estimuló la producción de los estróbilos femeninos entre un 30% y un 50% más, y en un 400% más en estróbilos masculinos para el año 2013 (figura 70), después de aplicación constante de estos elementos en dos años anteriores.

Es importante resaltar que estos nutrientes son de baja movilidad dentro de la planta, y su efecto no se manifestó de inmediato, tuvieron que pasar dos años para que esto sucediera. Luego que se dejó de aplicar dicha dosis constante, disminuyó el aporte, y se redujo así también la producción de dichos estróbilos de forma paulatina (hasta 200%), principalmente los masculinos; la producción de estróbilos femeninos se mantuvo sin variación por tres años más. También se nota que la aplicación de los fertilizantes no se refleja de forma inmediata en la siguiente producción de estróbilos; quizás sí influya, pero no drásticamente, al menos algunos nutrientes aportados, como es de esperarse, sinergizan o interaccionan unos elementos macro con otros de tipo microelementos, para estimular una reacción en los pinos.

Fertilizaciones nitrogenadas, junto con otras potásicas, fosfatadas y azufradas elevadas al mismo tiempo, en al menos un 20% más, disminuyen la producción de polen en poco más del 25%, pero mantienen la producción de conillos (Binkley, 1993; Rothe y Binkley, 2001). Esto se ve influido mayormente con la presencia de lluvias persistentes, aunque no copiosas, de diciembre a febrero, como sucedió en 2013, justo en la

temporada de preparación de los pinos para iniciar su estimulación en salida de estróbilos; habiéndose realizado la fertilización directo al suelo y foliar, ello permitió seguir dejando disponibles los nutrientes para los pinos en etapas productivas. También se presentó un frío más intenso y prolongado durante la temporada de producción.

14.1 Etapas de desarrollo

En los anexos 6 y 7 se definen las diferentes etapas de desarrollo de los estróbilos producidos cada temporada para estimar las fechas de maduración, receptividad, liberación de polen, polinización, etc. El seguimiento de las diferentes etapas en desarrollo estrobilar de la especie es de suma importancia para ir precisando el tratamiento oportuno de los diferentes fertilizaciones y aportes de agua como apoyo al buen desarrollo de las semillas. Aunque cada familia en particular tiene comportamientos diversos según condiciones climáticas y de manejo en general sobre la producción anual, es de mayor importancia las horas luz o de sol que cada injerto o pino recibe durante el día, en particular en la etapa crítica de producción. Injertos con exposición de sol directa producen más cantidad de conos (15 a 20%) y tienen mejor sanidad que uno que se encuentra sombreado parcial o totalmente (figura 71).

Por ello, es necesario considerar que las barreras de dilución de polen, cualquiera que sea la especie a utilizar, no se establezcan tan cerca de la primera línea o los primeros bloques de injertos en el huerto semillero, ya que no producirán debido al sombreado permanente cuando esta barrera alcance alturas superiores y a mayor velocidad que la especie de pino de que se trate, sobre todo tratándose de injertos que suelen ser de menor tamaño.



Figura 71. Injerto de *Pinus douglasiana* Martínez de cinco y diez años de edad en producción activa de conos diferentes familias.

Es recomendable también orientar de la mejor manera dichas barreras con respecto al huerto y sus bloques según exposición con respecto al sol durante el día y cada temporada del año. Es de vital importancia para los nuevos establecimientos de unidades productoras de germoplasma forestal (UPGF), como huertos semilleros o áreas semilleras de cualquier especie forestal, que se tengan estudios previos del sitio y acomodo de los bloques con los pinos o árboles de interés, de tal manera que se garantice lo mejor posible la distribución del polen en toda el área de la unidad productora. De esto depende en gran medida la productividad de la especie dentro de dicha unidad, al grado tal que determina la cantidad y la calidad de la semilla generada por cada familia o clon.

14.2 Producción de polen de diferentes familias

El polen producido por los estróbilos masculinos de diferentes familias de pinos varía en cantidad y calidad dentro del huerto semillero asexual (HSA) y banco clonal (BC); varía dependiendo del origen de la familia, las fertilizaciones foliares y al suelo de manera oportuna, la atención a plagas y enfermedades, la ubicación de las principales fuentes de polen

dentro del HS y el BC, como de la contaminación externa, la presencia y la dirección de los vientos, entre varios factores más, los que determinan la efectividad de la polinización abierta, también llamada polinización libre. Como se ha señalado con antelación, la producción del polen se genera mayormente en los pinos de origen sexual (85 a 87%), y la cantidad varía cada temporada de acuerdo con las fertilizaciones no solo con elementos mayores, sino también con algunos elementos menores, como calcio y boro, entre otros.

Cada familia de pino, sea de origen asexual (injerto) o sexual (semilla), tiene una particularidad en cuanto a su tipo, tamaño, color, cantidad y calidad de polen producido en cada paquete estrobilar. Lo más significativo de ello son las tonalidades de color rojizo-tinto a morado intenso o café, con colores intermedios; el tamaño de unidades estrobilares o microsporófilos que lo componen varía en tamaño y número, son muy pequeños, agudos en ápice y laxos los de injertos con origen de la costa de Jalisco, en comparación con los provenientes de las partes altas de la montaña, que son muy robustos, redondeados en punta y compactos en general; la cantidad de polen producido es de 1 a 2 g de polen puro en estróbilos de injertos provenientes de la costa, y entre 7 y 10 g de polen puro en pinos sexuales. La calidad del polen producido cada temporada es dependiente de las fertilizaciones, principalmente foliares, además de la aplicación al suelo. Se ha encontrado que con aplicaciones foliares de calcio-boro combinado o productos individuales mezclados en una sola preparación a razón de 1 a 2 l disuelto en 200 l de agua con adherente (250 ml de INEX A o LI700), aumenta del 25 al 40% la cantidad de salida de estróbilos femeninos en injertos y pinos adultos en etapa productiva, y se mejora la calidad del polen producido, que aumenta de un 10 al 20% la cantidad de semilla viable (figura 72). Esto se logra al efectuar dos aplicaciones foliares con diferencia de cinco o seis meses entre una y otra; la primera se tendrá que realizar un mes después de terminado el temporal de lluvias (finales de septiembre a mediados de octubre), y la segunda un mes después de cerrados todos los estróbilos femeninos de cada temporada (marzo).



Figura 72. Liberación de polen dentro del huerto semillero de *Pinus douglasiana* Martínez.

Para las polinizaciones controladas se requiere coleccionar polen de estróbilos maduros en el huerto semillero o procesar los estróbilos en etapa de madurez que provengan de la recolecta anual de los árboles seleccionados. Estos estróbilos se separan por pino seleccionado echándolos en bolsas de papel kraft cerradas y etiquetadas para permitir su secado paulatino a media sombra en un lugar ventilado (figura 73); estas bolsas tendrán que estarse volteando para provocar su secado homogéneo por unos días hasta que el polen se libere solo, sin destaparla. Una vez secado el polen dentro de las bolsas de papel, se procede a su limpieza con ayuda de un colador de plástico de malla fina (figura 74) por donde se hará pasar todo el contenido de la bolsa de papel —residuos de estróbilos ya secos— para así separar las partes gruesas o basura, dejando pasar solo el polen con residuos más finos, entonces esta mezcla de polen se hace pasar a través de una tela de muselina blanca de luz fina (figura 75) con la que se deja pasar el polen más puro y ya sin residuos.

Figura 73. Estróbilos masculinos rotulados preparados para transportar en bolsas de papel kraft y así permitir extracción de humedad.

Para ese entonces, el polen de color amarillo intenso contiene baja humedad y se puede almacenar en envases de plástico o de vidrio a la mitad de su capacidad (figura



76); el polen debe moverse libremente dentro del envase sin adherirse a las paredes del mismo.

El polen se guarda en refrigeración una vez que también ha sido etiquetado con los siguientes datos: familia o clave del árbol seleccionado, ubicación del árbol (si es del huerto semillero mencionar línea y bloque), fecha de colecta y de almacenamiento.

Cada muestra de polen seca y rotulada se guarda en refrigeración de manera hermética bajo temperaturas de 4 a 5 °C. En estas condiciones el polen reduce su viabilidad paulatinamente con el paso del tiempo, que es de 20 a 35% para esta especie al transcurso de un año, siempre y cuando no existan muchas variaciones con la temperatura, y en ocasiones con 10 a 15% de viabilidad para muestras almacenadas por cinco años.



Figura 75. Procesado de estróbilos masculinos una vez secos, para extraer su polen con diferentes cernidores.

Figura 74. Cernidor de plástico para quitar impurezas gruesas de estróbilos.



Figura 76. Almacenado de polen puro de *Pinus douglasiana* Martínez en recipientes de vidrio o plástico.

Es necesario realizar cada año pruebas de germinación de las muestras del polen de la temporada que se vayan a almacenar, y con más razón las que se vayan a utilizar para las polinizaciones controladas (de temporada o no). Las pruebas deberán realizarse en laboratorio utilizando polen almacenado en refrigeración por más de tres meses después de su producción, siguiendo la técnica que sea más apropiada para la especie; en este caso se utiliza solo el medio de Brewbaker y Kwack (1963), modificado por Owens (2006). Esto exige tiempo y personal entrenado para ello (figura 77). A veces se complica realizar pruebas cada temporada, pero se utilizan solo las colectadas dentro del huerto semillero para monitorear la efectividad con solo algunas familias.

Es conveniente en cada temporada realizar evaluaciones de la viabilidad y estimaciones de la capacidad germinativa y el crecimiento activo del tubo polínico de cada muestra de polen obtenida de la producción en la temporada, y con mayor razón cuando se utiliza para polinizaciones controladas.



Figura 77. Pruebas de germinación del polen de *Pinus douglasiana* Martínez en laboratorio.

Una vez determinada la calidad del polen, este se puede utilizar también para las polinizaciones controladas, tratando de considerar los porcentajes de viabilidad y el número de aplicaciones de polen necesarias en la fase receptiva, sin llegar a saturar los estróbilos femeninos con el polen.

14.3 Aislamiento de estróbilos femeninos o conillos

A los pocos días, debido al crecimiento activo del mismo estróbilo femenino, empieza a descubrirse el ápice de dicho estróbilo conforme crecen

las escamas estrobilares de protección, de un color rosa claro. Este es el momento oportuno para realizar su aislamiento con bolsa de plástico y estructura de alambre galvanizado número 16 para soportar dicha bolsa de manera erguida y proteger sin lastimar ni tirar los estróbilos con la presencia de vientos en la zona. Los aislamientos masivos se efectúan conforme se presenta la salida de dichos estróbilos en las ramas bajas de los injertos en etapas reproductivas, lo cual facilita la actividad de temporada. El método que se utiliza, denominado “técnica FIPRODEFO”, la cual utiliza una microbolsa, y fue implementada y adecuada después de diferentes pruebas realizadas durante varios años hasta que se encontraron los mejores resultados.

El material que se utiliza para preparar la estructura de aislamiento consta de la estructura principal de alambre galvanizado calibre 16, donde se inserta la bolsa de plástico de tamaño pequeño (calibre 150, 15 cm de ancho y 25 cm de largo). Dicha bolsa se coloca en las primeras etapas de diferenciación celular de las yemas terminales sexuales, que, a diferencia de las de tipo vegetativo que darán origen a las ramas, salen de manera casi vertical, y las segundas de manera diagonal.

Es importante considerar que la bolsa tendrá que ser perforada en su parte superior dejando una pequeña abertura donde se colocará un pedazo de algodón seco para permitir la ventilación y salida del calor excedente de manera controlada, sin que llegue a estar demasiado laxo, porque provocaría la entrada de polen externo, lo cual no es conveniente, ya que se contaminaría con material extraño de cuya procedencia no se tiene seguridad.

En la parte baja de la bolsa con la estructura deben salir los tres o cuatro alambres de la estructura de soporte para poder sujetarse a la rama del injerto que contenga los estróbilos por aislar; la sujeción se realiza con cinta maskin tape de media pulgada de ancho o cinta canela, incluyendo la boca de la bolsa de plástico con los alambres sin apretar demasiado, y con un pedazo de algodón alrededor de donde se sujetará con la rama (figura 78).



Figura 78. Microbolsa de polinización controlada con la técnica FIPRODEFO.

La ventaja de esta técnica FIPRODEFO es que no daña las ramas ni los estróbilos aislados debido al peso excesivo de otras técnicas como las usadas en la Universidad de Carolina

del Norte, Concepción de Chile, y otras universidades con diversas especies de pinos. Las estructuras y bolsas utilizadas en esas técnicas propuestas para esta especie de pino no funciona, ya que las ramas con los estróbilos son muy largas y tiernas y no soportan el peso de la estructura y la condensación del vapor, lo que ocasiona torsión y rompimiento de dichas ramas, además de que el costo de esta técnica es muy bajo y accesible.

Se debe recordar que podría existir condensación de los gases respirados por la planta (CO_2 y H_2O), lo cual genera calor interior que podría producir condiciones para el desarrollo de hongos microscópicos (temperatura y humedad relativa) si la bolsa queda cerrada herméticamente. Con esto los estróbilos se dañan, y en pocos días se deshidratan, mueren y caen. También hay que considerar la exposición del sol hacia dicha bolsa, ya que, si se realiza bien todo el proceso, los estróbilos bien manejados y polinizados que se encuentran con exposición a varias horas de sol al día producen mejor calidad de semilla usando una misma procedencia del polen, con respecto a los estróbilos aislados sombreados por más de cinco horas.

Una vez que se realizó el aislamiento de los estróbilos, se requiere registrar la ubicación del injerto en el huerto semillero asexual o área donde se encuentre el pino, ubicación de la rama en el injerto o árbol, fecha de aislamiento y cantidad de estróbilos aislados. En los días siguientes hay que dar seguimiento al tiempo de salida de los estróbilos de forma completa, estos se tornan de color rosado en esta especie, conforme se liberan de las escamas protectoras. Esto puede variar entre tres y seis días,

de acuerdo con familia, procedencia, exposición de la rama con respecto al sol, así como con las condiciones climáticas. Una vez salido el estróbilo femenino plenamente, hay que esperar otros días más para que desarrolle y llegue a la etapa 3, que es donde las escamas estrobilares se encuentran en ángulo recto perpendiculares al raquis del conillo; para esto podrían transcurrir otros cuatro a siete días.

14.4 Polinizaciones controladas

En este momento, es imperante tener preparada la jeringa con el polen procesado previamente seleccionado, porque es la etapa precisa para iniciar las aplicaciones de polen con la ayuda de una jeringa de 5 ml nueva estéril. Esto se efectúa al menos tres veces seguidas antes de que se cierren, nebulizando cada aplicación sin llegar a excederse en la cantidad, ni de aplicar de manera directa al estróbilo, sino hacia la parte superior al aire dentro de la bolsa.

Cantidades excedentes de polen no garantizan la fecundación de los óvulos, sino, al contrario, se produce un bloqueo físico-fisiológico, después de una capa de polen ligera inicial; debido a ello, hay que realizar y programar aplicaciones ligeras no directas durante tres días seguidos.

El estróbilo permanece en esta etapa solo entre tres y cinco días desde el inicio; obviamente, en los periodos extremos la apertura se reduce, y es solo de alrededor del 25%. Después de pasado este tiempo de polinización, se registra la fecha y las veces que se aplicó polen, se deja todavía la bolsa unos dos a tres días más para asegurarse de que haya cerrado completamente, y entonces se retira la estructura y la bolsa utilizada. Luego se coloca la etiqueta correspondiente con los datos registrados en una cinta plastificada de color amarillo o en placas de aluminio (figura 79).



Figura 79. Rotulado de datos impresos en plástico o placas de aluminio para los conos de pino polinizados en la temporada.

Las polinizaciones controladas de estróbilos de la temporada en diferentes familias se realizan primero con observaciones diarias de las salidas iniciales de los estróbilos femeninos en su etapa de diferenciación (F0) en las ramas reproductivas de cada injerto o pino. Esto sucede a partir de enero de cada año en la mayoría de las familias, aunque algunas se presentan desde noviembre (unas pocas).

En este caso del huerto semillero clonal no se realizan las polinizaciones controladas como lo recomiendan los expertos en la materia de Estados Unidos, Canadá y algunos en México, debido en gran parte a que no existen los individuos de forma completa por familias en cada bloque. Por ese motivo se realizan de forma dirigida y de acuerdo con la presencia de estróbilos reproductivos, cuidando la certeza y la oportunidad de cruzar las mejores familias y evitando la cercanía de cada una en campo y según región de procedencia, para evitar la endogamia.

Normalmente, el número de estróbilos aislados para su polinización controlada por temporada varía según su disponibilidad en cada injerto y familia; para este fin se utilizan aquellos que están al alcance (parte media y baja del injerto) del personal encargado de la polinizaciones (José Villalvazo), quien, además de realizar la aplicación de polen, registra la

fecha de aislamiento, la fecha de aplicación de polen, la ubicación de las ramas que contienen los estróbilos polinizados, y la cantidad de estróbilos aislados y polinizados.

Posteriormente se da seguimiento durante su desarrollo hasta obtener los conos etiquetados como polinizados ya maduros después de 1.3 a 2.0 años, dependiendo de la familia que corresponda. También se cuida que estos conillos no sean afectados por ningún tipo de factor mecánico o fisiológico y plagas de manera general, al igual que los demás conillos de todos los injertos en el huerto semillero y banco clonal.

Se realizan riegos de auxilio y aplicaciones de fertilizantes foliares y al suelo, para fortalecer los injertos y evitar el estrés de los injertos en las etapas críticas del año, y así reducir el aborto de estróbilos femeninos por este factor.

14.5 Monitoreo y revisión de estróbilos femeninos después de la polinización

Una vez que ya ha pasado un tiempo, tres a cuatro meses después de la liberación de polen libremente, y haya pasado la temporada de fecundación (después de marzo), se impone dar revisiones a cada estróbilo polinado para confirmar ramas, número de estróbilos y supervivencia, presencia de etiqueta con datos, desarrollo activo, presencia de plagas o algún cambio evidente, condición del injerto, abortos, etc.

Estos abortos de estróbilos suceden por diversas razones: utilizar polen con mucho tiempo de almacenado (viejo), manejo del polen previo o durante la polinización, mala calidad incluso en polen de temporada, debida a la falta de fertilizaciones foliares oportunas con calcio y boro, exceso de polen en las aplicaciones, daño físico o mecánico, daño por chinche semillera (*Leptoglossus occidentalis* Heideman), estrés hídrico y nutrición del injerto, entre otras situaciones adversas del entorno climático.

Recordar también que, después de terminado el periodo de polinización natural o libre en el huerto semillero, los injertos que contienen estróbilos fecundados de la temporada, y otros de más edad, demandarán más nutrientes para mantener y desarrollar los conillos que hayan resultado fecundados, motivo por el cual será necesario efectuar fertilizacio-

nes foliares, principalmente con potasio, calcio y boro otra vez, además de microelementos como cobre y zinc para reforzar los requerimientos diarios en los pinos en general.

Cada temporada es muy evidente la falta de calcio en las acículas, por mostrarse lustrosas o resinosas después de febrero, si no se realiza de manera oportuna la fertilización foliar previa (septiembre-octubre), principalmente. La segunda aplicación, una vez terminada la polinización libre, ayudará en el amarre del conillo para darle consistencia y resistencia al ataque de las plagas, incluidas la chinche semillera.

Sucedida esta etapa reproductiva de los pinos dentro del huerto semillero y el banco clonal, es crítico mantener los riegos de apoyo y las fertilizaciones al suelo para evitar problemas de estrés hídrico en todo el periodo seco hasta que se presente el temporal de lluvias. En los meses de febrero y marzo hay presencia de fuertes vientos en la región, lo cual afecta de alguna forma la presencia de humedad en el suelo, y en consecuencia provoca estrés en los injertos que generará pérdidas de algún tipo.

Para contrarrestar esto, cada temporada, después de esta etapa crítica para los injertos y pinos productivos, se realiza la limpieza localizada por cajetes y se les colocan acículas secas (materia orgánica) del mismo pino alrededor del mismo cajete para amortiguar el efecto del viento y así evitar la pérdida de humedad natural del suelo; se debe mantener por más tiempo cuando se realicen los riegos por goteo.

Después de esto, el desarrollo de los conillos a conos con semilla se realiza de forma natural de 1.5 a 2 años para completar el tiempo de maduración de la semilla. Es necesario el seguimiento técnico puntual para descubrir la presencia de la chinche semillera y dar tratamiento adecuado para evitar pérdidas cuantiosas por esta causa.

15 Recolecta, beneficio y almacenamiento de conos de pinos

Como es sabido, el ciclo productivo de los pinos en general es muy similar entre ellos; la semilla que se produce en los conos tarda en madurar aproximadamente dos años, lo que es variable solamente en algunas especies

por su ubicación altitudinal de forma natural. En el huerto semillero asexual y en el banco clonal de esta especie, la salida de estróbilos femeninos que sucede de enero a marzo, dependiendo de la familia de pino, en su gran mayoría sucede de igual manera, a excepción de aquellas con origen de la costa de Jalisco, que tardan un año y tres meses en madurar la semilla; o sea, son más precoces, aunque en estado natural la producción de conos es muy baja y con escasa semilla buena.

La producción de conos es abundante cuando se realizan aplicaciones de fertilizaciones foliares y al suelo de manera oportuna. Aunque la salida de semilla producida ya madura tarda los dos años, hay injertos de diferente o misma familia que empiezan anticipadamente desde diciembre o, a veces antes, según las horas de exposición al sol (Kolotelo, 2008).

La recolecta de conos debe realizarse cuando el cono haya secado completamente o el color cambie de verde brillante a verde opaco, color negro a color café claro pero sin abrir todavía (figura 80).



Figura 80. Conos en maduración final que presentan cambio de coloración verde a café oscuro.

Del color negro a café claro sin abrir, los conos se pueden cortar del árbol sin afectar la madurez de la semilla; en esta etapa, es asunto de tres a cuatro días, según la exposición del sol y la familia, para que se abran los conos en el pino, liberando la semilla contenida en cada uno y ocasionando, así, la pérdida de dicha semilla. Esto puede evitarse contando con personal suficiente para la recolecta oportuna y eficiente y el registro y el proceso de secado de los conos de cada árbol.

Por cada temporada de recolecta de conos maduros en el huerto semillero y en el banco clonal, se requiere de por lo menos cinco personas, realizando exclusivamente esta actividad durante los meses secos del año. Esto evitaría la pérdida por caída y apertura de conos (y su semilla al suelo) antes de ser recolectados oportunamente de forma particular en cada injerto en producción activa anual (figura 81).



Figura 81. Recolecta de conos de producción por temporada y registro por árbol.

La recolecta se efectúa en los periodos secos del año, de octubre a junio, y es mayor en los meses de enero a mayo, por el aumento de la temperatura y los vientos incidentes del sur. En el huerto semillero se cortan los conos con una pértiga adaptada con un gancho especial para empujar o halar

que ayuda a tirarlos al suelo. Cada cantidad de conos por injerto o pino recolectada se separa en bolsas de papel kraft de diferentes tamaños, se etiqueta la bolsa colocando la familia PDU, línea, bloque de la ubicación del árbol, cantidad de conos, fecha de colecta y se engrapa cada una.

Si la cantidad de conos por injerto es abundante, se colocan en costales de rafia también rotulados. Los conos que están polinizados se separan y se anota su procedencia con cantidad de estróbilos polinizados, padre (polen), fecha de aislamiento, fecha de polinización y fecha de recolecta. La recolecta de conos ya en bolsas rotuladas se van juntando en una cubeta para luego registrar cada una en libreta de producción anual (figura 82).

En la actualidad, una sola persona se encarga de realizar esta actividad en el huerto semillero y el banco clonal. Esto genera que se pierdan de tres a cinco conos con sus semillas por cada injerto productivo por diversas causas, y es mayor la cantidad en injertos cuyo origen es la costa de Jalisco, que podría ser de hasta diez conos por injerto.

Obviamente, esto lleva a una pérdida económica considerable e invaluable para el fideicomiso, máxime si se trata de conos con polinización controlada.

Figura 82. Registro de conos recolectados por familia y temporada.

Se procede al secado lo más pronto posible, ya que algunos conos podrán traer más humedad que otros, lo que podría provocar la aparición de mohos dentro de las bolsas de papel, pero mucho más si se trata de costales de rafia,

ya que mantienen la humedad y la temperatura encerradas (figura 83). Estos mohos contaminan la semilla que podría salir del cono, y afectan su calidad y su viabilidad, además de su capacidad de almacenamiento.

En estos casos es imprescindible actuar de inmediato con un tratamiento químico para controlar los mohos que hayan salido en el proceso



de beneficio y limpieza de la semilla obtenida de los conos recolectados. Para ello es necesario identificar el tipo de moho presente antes de la aplicación del tratamiento.



Figura 83. Secado al sol y registro de conos recolectados por familias productivas que se están procesando y obteniendo semillas.

15.1 Producción de conos

La producción de conos podrá variar de acuerdo con el tipo de familias; las más productivas en cantidad son las familias 008, 022, 039, 030, 035,

015, 026 y 024 (figura 84). Aunque estas familias son las más productoras de conos, no necesariamente son las que más semilla viable producen. Cada familia tiene diferente número de árboles productores dentro del huerto semillero.

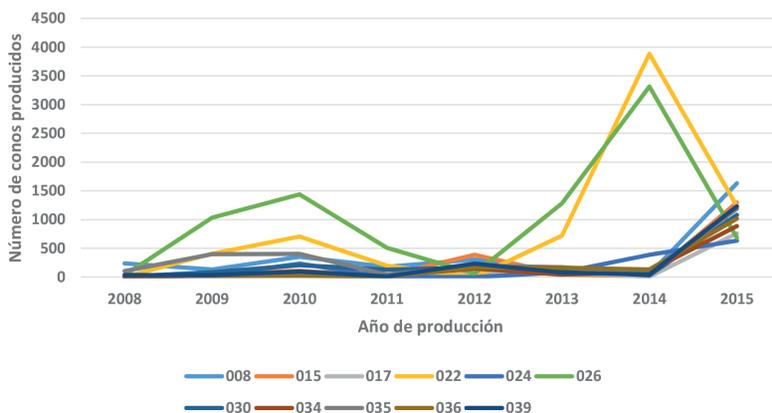


Figura 84. Familias de *Pinus douglasiana* Martínez (PDU-HS) más productoras (10) de conos en huerto semillero clonal.

La producción de conos en el huerto y en el banco clonal ha variado cada año, y va en aumento cada determinado periodo; ha sido mejor en los años 2012 y 2015 para la recolecta de conos producidos, con un total de poco más de diecisiete mil para el primero y de trece mil conos para el segundo (figura 85).

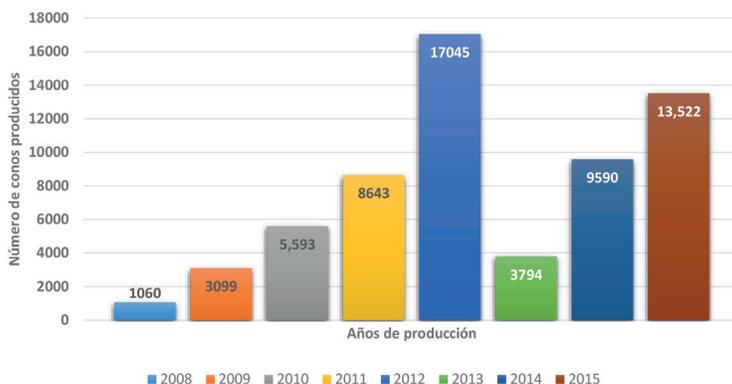


Figura 85. Conos producidos de *Pinus douglasiana* Martínez por año en el huerto semillero clonal.

15.2 Registro y proceso de secado

Los conos se recolectan durante el periodo lectivo anual y determinan la producción total por familias o por árboles. El registro que se lleva a cabo es para calcular la producción final de semilla obtenida de los conos recolectados. Estos registros se efectúan al recolectarlos y al procesarlos para su secado, pero los conos polinizados se separan en bolsas diferentes de los que no lo han sido.

El secado de los conos se realiza al aire libre, expuestos al sol para liberar la humedad del cono, con lo que se permite la apertura de las escamas del cono en un corto tiempo, liberando así la semilla contenida en su interior. Los cambios en el contenido de humedad y temperatura incidentes sobre los conos son los factores que determinan la rapidez de salida de la semilla.

Cuando se cortan conos verdes o inmaduros con alto contenido de humedad, no solo se afecta la calidad de la semilla producida, sino también los conos tardan más tiempo en abrir las escamas para liberar la semilla, o nunca abren aunque tengan tratamiento físico. Al suceder esto se realizan remojos extras en agua durante 24 o 36 horas, dependiendo de la familia, para provocar que los conos revienten con los cambios bruscos de humedad y temperatura del sol (figura 86).

Figura 86. Conos en remojo de agua para propiciar apertura de conos difíciles y liberación de semilla.



Otro manejo que puede funcionar es colocar plástico sobre los conos expuestos para generar calor extra, pero hay que tener cuidado con la proliferación de hongos oportunistas bajo estas condiciones. También es oportuno señalar que se requiere proteger con una malla sombra o mos-

lote comprenderá lo colectado después del periodo de lluvias hasta el fin de cada año.

Dado que la cantidad de semilla generada a través de polinizaciones controladas es reducida en cantidad, es de vital importancia cuidar y etiquetar la poca semilla con gran valor genético para luego procesarla. Principalmente se mantiene en refrigeración (4 °C) hasta darle el uso correspondiente.

15.4 Pureza de semilla producida

Aunque se hayan retirado las impurezas, la semilla obtenida de la limpieza o des-alado requiere ser manejada para determinar y separar la cantidad de semilla vana que no sirve de la que está buena o con embrión viable. Para ello existen diversas técnicas de tipo físico y químico, o la combinación de ambos, que se utilizan de forma habitual en los laboratorios.

Una forma simple para realizar esta determinación es utilizar agua en un recipiente para remojar la semilla de pino por un periodo de veinte a veinticuatro horas, de modo que las semillas con contenido interno (endospermo y embrión) se imbiben y se van al fondo del recipiente por su peso específico, y las semillas vacías, huecas o los restos de ala y semilla flotan por no tener peso específico mayor que la densidad del agua, lo cual ayudará para retirar el material que no sirva.

Otra forma de realizar esta determinación en seco se efectúa con ayuda de un ventilador, pues la fuerza controlada del viento generado separa la semilla buena del material considerado como impurezas, así como también todas las semillas pequeñas. Después de esto, es importante dejar secar al aire libre para reducir la humedad de las semillas, separarlas, contabilizar y registrar proporciones que determinen la eficiencia productiva (Kolotelo *et al.*, 2001).

15.5 Almacenamiento de semillas producidas

La condición de la semilla, una vez separada la semilla buena de la vana, no debería contener impurezas que provoquen la posible salida de patógenos, y además la humedad deberá estar en el rango de 8 a 9%, lo que

ayudará a mantener la semilla por un buen tiempo en almacenamiento con refrigeración de al menos de 4 °C, sin cambios bruscos.

En este caso se utiliza un refrigerador industrial para poder almacenar la semilla en recipientes herméticos de plástico, en varias ocasiones por periodos cortos de tres a cinco años, y en algunas otras ocasiones hasta más de diez años, con su consecuente pérdida de viabilidad en baja proporción. Para el caso de *Pinus douglasiana* Martínez se utiliza talco con la semilla que se guardará en bolsas de plástico herméticas y luego en otro recipiente de plástico rígido, para así asegurar mayor protección y viabilidad (figura 88).

Figura 88. Almacenamiento de gémoplasmata en refrigeración.

Cada recipiente donde se almacena la semilla limpia dentro del refrigerador debe contener una etiqueta con los datos principales de la procedencia y su contenido, además del lote por familias.

Cuando se guardan semillas con fungicidas (principalmente Captán), y luego son refrigeradas por algunos años (más de tres), se ha encontrado que reducen más rápidamente la viabilidad de la semilla, además de que se oxida la semilla en la mayoría de las ocasiones. A la semilla almacenada en estas condiciones, hay que realizarle pruebas de germinación cada seis meses para mantener en almacenamiento a la que tenga un porcentaje superior al 85% y revisiones físicas anuales para dar seguimiento a la viabilidad y evitar que se reduzca del 80% por lote de familias, sobre todo cuando se hayan presentado cambios bruscos de voltaje en la corriente que alimenta el refrigerador.

De la semilla en refrigeración se debe tener una lista de la fecha que fue ingresada, lote, procedencia, ubicación de injerto (familia, línea y bloque), condición y tratamiento previo de la semilla, etc., en una libreta de registro y seguimiento que pueda estar disponible para el personal en turno. Cuando la viabilidad se reduce demasiado se prevé utilizar esos



lotes de inmediato para germinar y producir planta portainjertos o para producir planta en la reposición de familias en ensayos. Esta semilla con estos problemas es normalmente la que presenta más tiempo de almacenamiento o de recolecta.

Así también sucede con la semilla de pino que ha resultado de las polinizaciones controladas, cuya producción es baja, y no toda es completamente viable. Debido a esto, dicha semilla producida en diferentes años se ha utilizado para su germinación y desarrollo de planta madre en bolsa negra, para posteriormente establecerla en un área específica directa al suelo (figura 89) cercana al banco clonal.



Figura 89. Planta madre de *Pinus douglasiana* Martínez producto de las polinizaciones controladas en el HSA y el BC.

El objetivo de esta planta madre rotulada con la cruza específica realizada, es que sirva como jardín clonal de donde se produzcan esquejes que servirán para la propagación clonal de dicho material genético de hermanos completos en naves de invernadero especiales para ello.

16 Factores que afectan la producción de semilla en HSA y BC

Los principales factores que afectan la producción de la semilla de pino dentro del huerto semillero y banco clonal son:

16.1 Origen de la semilla

Sea de injerto (asexual) o de pinos normales a partir de semilla común (sexual), la producción conjunta de estructuras reproductoras varía de acuerdo con la edad y el desarrollo de cada uno. Los injertos producen la mayoría de las estructuras femeninas y los pinos de origen sexual producen la mayoría del polen liberado cada año.

Las pérdidas que pueden ocurrir por este factor no son plenamente cuantificables, aunque sí determinan el rumbo de la producción en general. Se han tratado de estimular la producción con las fertilizaciones foliares y al suelo, y se han logrado buenos resultados, pero falta lograr una sincronización más eficiente de la salida de las estructuras reproductivas (figura 90).

Figura 90. Diversidad genética en la producción de semilla de *Pinus douglasiana* Martínez dentro del huerto semillero asexual.



Familia o procedencia inicial del árbol: los pinos de origen sexual proceden de semilla de árboles seleccionados, y los injertos son producto del material recolectado de los mismos árboles para su injer-

tación. En el medio natural cada pino adulto seleccionado se encuentra en diversas condiciones de desarrollo, lo que permite la expresión de su calidad genética intrínseca.

Esta información genética se traslada al material injertado para ser expresado dentro del huerto semillero y el banco clonal de diversas maneras. Para lograr expresar la calidad genética de cada pino hay que darle condiciones y tratamiento intensivo para estimular la producción al máximo. Aunque este factor no ocasiona pérdidas como tal, sí varía su producción entre una familia y otra.

16.2 Exposición al sol

Tiempo de sol directo y tiempo de sombreado, ubicación dentro del HS. Los pinos contiguos a las barreras de dilución de polen y brechas corta-fuego de eucaliptos ocasionan diferentes grados de sombreado, y provocan con ello baja o nula producción de conos en algunas familias, debido a la falta de incidencia solar parcial o totalmente y la afectación por su ubicación en el huerto semillero y el banco clonal.

Los injertos ubicados en el banco clonal tienen mayor exposición de sol durante el día, y por lo tanto están menos sombreados; existen injertos pequeños que tienen elevada producción de conos y semillas.

Los pinos que se encuentren sombreados reducirán su producción debido a que dedicarán sus energías en el crecimiento en altura para alcanzar la luz del sol; serán injertos débiles, poco productivos y muy susceptibles a enfermarse y a ser atacados por las plagas. El tratamiento sería efectuar podas de árboles en las barreras para que permitan la entrada de la luz solar, pero dejarán de hacer su función como barrera.

Otra alternativa sería ubicar las barreras a mayor distancia de donde empiezan los injertos de cualquier huerto semillero o banco clonal; esto sería en dependencia de la altura mayor del árbol en las barreras, la dirección y la proyección de su sombra alrededor de dicho huerto semillero. Esto tendrá que preverse desde su establecimiento para evitar problemas posteriores (figura 91).



Figura 91. Efecto de las barreras muy cercanas al huerto generando sombreado.

16.3 Deficiencias nutricionales

Se requieren realizar fertilizaciones foliares y al suelo. Aplicaciones foliares de calcio con boro en dos periodos del año fomentan en un 30% más la producción de conos y polen de calidad, siempre y cuando no haya estrés hídrico muy marcado.

Cuando no se realizan las aplicaciones foliares de forma oportuna de los minerales calcio y boro, los síntomas de deficiencias de calcio se presentan al aumentar el estrés hídrico y la presencia de las condiciones del invierno sobre los pinos. Esta deficiencia nutricional ocasiona resinación foliar que se presenta con un brillo generalizado por la difracción de los rayos solares sobre dicha resina (figura 92 a).

También la familia 033, en su mayoría de origen asexual, presenta una deficiencia marcada de zinc que se percibe en las acículas más jóvenes que se acortan y se pegan, enchinándose al inicio del desarrollo acicular y espiralándose en su longitud (figura 92 b y c) durante el crecimiento inicial de las acículas, entre otras deficiencias de microelementos, como las de cobre, donde las acículas están retorcidas o curvadas (figuras 92 d y 92 e), tal como registra Lyle (1969).



Figura 92. Deficiencias nutricionales en pinos del HSA y BC: en a) deficiencia de calcio con resinación de acículas; en b) y c) deficiencia de zinc con acículas cortas y torcidas; en d) y e) deficiencia de cobre con acículas retorcidas o curvadas.

Algunos otros problemas de deficiencias nutricionales, además del zinc, cobre y potasio, entre otros, se presentan asociados con otros problemas de fungosis foliar en injertos de diferentes edades, lo que se agudiza en las etapas críticas asociadas con el estrés hídrico (figura 93), pero solo de manera esporádica en algunas familias en etapas de crecimiento inicial, sin afectar u ocasionar pérdidas económicas drásticamente a los injertos. Estos problemas se presentan cuando el estrés hídrico ha sido persistente por tiempo prolongado, además de la falta de fertilización oportuna.



Figura 93. Deficiencias nutricionales de potasio y cobre (a y b) en acículas jóvenes y acículas viejas (c) asociadas con deficiencia de zinc, potasio y cobre a la presencia de fungosis foliar en injertos.

Es importante dar tratamiento intensivo a los injertos del huerto semillero y el banco clonal para mejorar y aumentar la calidad de la semilla producida, para ello se requiere programar de forma constante y permanente en riegos con fertilizaciones específicas de mantenimiento basal y productivo. Es importante considerar colocar fertilizaciones dosificadas en el riego por goteo sin olvidar las de tipo foliar, para asegurar una buena nutrición y salud de los injertos de pino, lo cual fomentará la producción de mayor cantidad de conos y mejor calidad de semillas por temporada.

Las fertilizaciones por etapas de crecimiento han dado muy buenos resultados y podrían mejorar los factores productivos conforme se continúe la aportación precisa de nutrientes en cada injerto de acuerdo con su etapa productiva.

Se recomienda seguir el plan de fertilización señalado por etapas de crecimiento de los injertos durante el tratamiento productivo, pero lo más eficiente y seguro es evitar el estrés hídrico con riegos y fertilizaciones

oportunas desde el establecimiento hasta la etapa productiva máxima de manera constante, con su respectivo mantenimiento durante todo el año.

16.4 Actividades secundarias

Actividades de trabajo externas al huerto semillero y el banco clonal tienen que ver con las labores propias de la agricultura tradicional y protegida, como la remoción de polvo durante el rastreo y el barbecho de la tierra de cultivo. Durante este proceso se remueve el suelo y pone disponible las esporas de hongos de diferentes especies y otras partículas que, al coincidir con la temporada de viento en enero y febrero, provocan serios problemas, ya que es la temporada de la salida de los estróbilos de los injertos.

Principalmente los estróbilos femeninos o conillos que están abriendo o están receptivos se contaminan con esporas de hongos como *Cronartium conigenum* Hedgc. & N. Hunt entre otras especies, el cual produce la roya agalladora de conos. Estas esporas han permanecido mucho tiempo latentes en el suelo, y al suspenderse en el polvo se dispersan con el viento y se activan dentro de dichos conillos en su etapa inicial.

En 2015 esta actividad externa al huerto semillero y el banco clonal provocó la contaminación del 4.43% de los estróbilos con el hongo *Cronartium conigenum* Hedgc. & N. Hunt (figura 94) y afectó alrededor de 1,000 conillos, que se desarrollaron con dicho problema, por lo cual se hicieron revisiones sanitarias constantes para eliminar la fuente contaminante (se incineraron), y así se evitó su dispersión.



Figura 94. Daño por hongo *Cronartium conigenum* Hedgc. & N. Hunt en conos en desarrollo inicial.

Este problema siempre ha existido de manera natural durante muchos años, y las esporas quedan latentes en el suelo por tiempo indefinido. Es un problema en todas las regiones de coníferas en el estado de Jalisco, y persistirá si no se realiza tratamiento adecuado y oportuno en cada región. Dentro del huerto semillero y el banco clonal se deberá vigilar de manera permanente.

Este hongo *Cronartium conigenum* Hedgc. & N. Hunt ocasiona hipertrofia del tejido estrobilar, que se deforma y aumenta hasta en cien o más veces su tamaño, comparado con los conillos de la misma temporada, lo que provoca la pérdida de la semilla de ese cono y su posible dispersión y contaminación por esporas si no se da tratamiento oportuno.

16.5 Presencia de plagas chupadoras

Estas plagas, como el piojo harinoso y el pulgón, chupan nutrientes del tallo y partes en crecimiento, atrofian las yemas terminales de crecimiento

y provocan la caída de los paquetes aciculares, ennegreciendo esas áreas por liberación de azúcares del entorno que permiten el desarrollo de hongos, principalmente en injertos de menor edad (figura 95). Con ello se retrasa el crecimiento y la producción de conos en la temporada. Si se descuida este problema puede ocasionar la muerte del injerto por defoliarse completamente.



Figura 95. Daño por piojo harinoso en yemas terminales en crecimiento del pino.

Este problema se presenta al aumentar el estrés hídrico de los pinos, principalmente en el periodo de enero a junio. El tratamiento puede ser químico, pero no hay ningún producto 100% efectivo; es recomendable aplicar primero una solución jabonosa especializada sobre la superficie del piojo harinoso para liberarlo de su capa protectora, que es hidrófoba, y entonces aplicar cualquier producto químico de forma directa en varias ocasiones continuas hasta disminuir la población.

También se han aplicado productos biológicos como *Chrysoperla carnea* (Stephens) en forma de huevecillos y diferentes instares (figura 96) para controlar poblaciones de pulgones y piojos harinosos. Estos se deben colocar de enero a junio antes del temporal de lluvias, y de septiembre a octubre antes de comenzar el invierno, para que puedan desarrollarse y

reproducir dentro del huerto semillero y el banco clonal alimentándose de dichas plagas.



Figura 96. Diferentes etapas de desarrollo de *Chrysoperla carnea* (Stephens) en el control biológico de plagas en el huerto semillero y el banco clonal de *Pinus douglasiana* Martínez.

También se utilizan otros insectos, llamados *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, de manera alternada para el control biológico de plagas principalmente de piojo harinoso y pulgones en el huerto semillero y el banco clonal de *Pinus douglasiana* Martínez con resultados satisfactorios (20 a 30%) en la reducción de la población de estadios juveniles de ambas plagas, pero no en estados adultos que son los más agresivos (figura 97) como señalan Hernández-Moreno *et al* (2012).



Figura 97. *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant en el control biológico de piojo harinoso en injertos de *Pinus douglasiana* Martínez.

16.6 Chinche semillera (*Leptoglossus occidentalis* Heideman)

Aunque esta plaga es también chupadora de brotes, lo hace preferentemente en los conillos nuevos de temporada y conos en desarrollo, al succionar el contenido embrionario de semillas en proceso de desarrollo. En

los conos dañados se presenta una secreción resinosa que escurre en los conos más grandes; en conillos de temporada se presenta una simple gota de resina en la superficie como si fuera un apéndice del cono (figura 98).



Figura 98. Resinación de conos en etapa temprana y cono verde en desarrollo por daños de chinche semillera (*Leptoglossus occidentalis* Heideman).

Esta plaga puede afectar desde un 30 a un 50% la producción de semilla buena total de forma anual. Se presenta casi todo el año en diferentes etapas (ninfas y adultos), pero los daños son ocasionados mayormente desde enero a junio, lo cual coincide con la salida de los nuevos estróbilos femeninos y el periodo más seco. Debido a que esta plaga se desplaza de un lugar a otro muy fácilmente con su vuelo, es complicado controlar sus poblaciones.

Se han aplicado productos biológicos a base de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* con regulares o reducidos resultados, pero en otros lugares se han encontrado muy buenos resultados (Barrera *et al.*, 2016; Grimm y Guharay, 2010). No se han encontrado enemigos naturales en la región, motivo por el cual es necesario realizar investigaciones al respecto, y buscar la cepa correcta para este tipo de sitio y condición ambiental.

16.7 Estrés hídrico

Esto se da por la falta de agua suficiente para mantener las condiciones normales de crecimiento en los pinos, preferentemente en los periodos

secos del año (octubre a junio). Esta situación puede llegar a provocar trastornos fisiológicos graves que ocasionan la baja o nula producción de los pinos; se puede ver en algunos injertos la resinación en la base del paquete acicular como parte del estrés inicial que se agudiza con la pérdida de turgencia de las yemas principales en crecimiento activo hasta la muerte del injerto.

En esta etapa se vuelven más susceptible al ataque por las plagas, tal como se refiere en párrafos arriba mencionados. Este problema se agrava con la presencia de los vientos a partir de enero a marzo, que deshidrata los tejidos expuestos y disminuyen la humedad en el suelo (figura 99).

Aunque se tiene riego por goteo, hay temporadas del año en que el agua del pozo se abate o deja de funcionar con eficiencia, entonces se realizan riegos de auxilio manual a injertos menores a 2 m de altura para que soporten las condiciones estresantes antes del temporal de lluvias.

En los años 2016 y 2017 las afectaciones llegaron a ser considerables en costos por pérdidas de injertos, los cuales ascendieron hasta los 1.5 millones de pesos, debido principalmente a que el pozo dejó de funcionar durante poco más de un año de forma continua, sin ser reparado por falta de presupuesto, entre otras situaciones administrativas.

El abasto de agua oportuno y los riegos manuales por árbol no fueron suficientes en tiempo y forma para todo el huerto semillero y el banco clonal. Dichas pérdidas inevitables por la muerte de injertos, se pueden calcular al ver la tabla de valor por injerto de acuerdo con la edad (anexo 7).



Figura 99. Yemas de crecimiento deshidratadas con afectación a conos.

16.8 Defoliaciones

Estas son ocasionadas de forma masiva por gallina ciega adulta *Phyllophaga* (*Phytalus*) *aliciae* (figura 100) y mayate de junio en menor grado. Ocurren al comenzar el temporal de lluvias, cuando se presenta la etapa reproductiva de la plaga.

En ese momento causa defoliaciones de pinos adultos grandes y eucaliptos en las barreras, causando retraso en el crecimiento. Se alimenta del follaje durante la etapa reproductiva y entonces ovoposita en el suelo con materia orgánica para asegurar el desarrollo de sus larvas en la zona radicular de los árboles cercanos.



Figura 100. Gallina ciega adulta (*Phyllophaga* (*Phytalus*) *aliciae*) al comenzar temporada de lluvias y diferentes grados de daños en acículas de *Pinus douglasiana* Martínez defoliadas en cada temporada anual.

Para el control de esta plaga se realiza aplicación de producto biológico a base de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* después de iniciada la temporada de lluvias, de forma directa al tallo y cajetes de todas las líneas de árboles. Con ello se reducen en alrededor de un 50% las poblaciones de esta plaga al siguiente año, debido al control biológico de sus larvas, pero no se está exento de que lleguen nuevos adultos de las áreas agrícolas cercanas (Najera-Rincón *et al.*, 2005).

Cuando esto sucede y las defoliaciones son masivas en los pinos, se pueden aplicar diversos productos químicos para reducir las poblaciones de inmediato, aunque también, cuando se puede prever a tiempo, se aplica de forma foliar una solución de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Sauka y Benintende, 2008).

16.9 Orientación del huerto semillero o banco clonal

Este factor es de mucha importancia en la producción de conos y semillas de los pinos, ya que determina la cantidad de horas luz que inciden sobre los injertos y pinos para garantizar una eficiencia fotosintética, la cual estimulará la producción. También la influencia de los vientos (dirección y velocidad) afecta la dispersión homogénea del polen en la temporada de polinización. Esto es necesario para propiciar las adecuadas fertilizaciones de los óvulos que formarán las semillas dentro de los conos. En la medida de lo posible, deberá tener una orientación norte-sur, y sería recomendable realizar primero estudios exploratorios prospectivos antes de decidir la ubicación y la orientación final. Se recomienda que los injertos o pinos de cada familia seleccionada se establezcan antes que los árboles de las barreras, ya que es común establecer dichas barreras con especies de rápido crecimiento, pero esto permitirá el sombreado mucho más pronto que el desarrollo de los injertos (figura 101), si no se prevén estos detalles de campo.



Figura 101. Orientación del huerto semillero y el banco clonal debe ser adecuada para evitar problemas de sombreado y la dispersión del polen de cada temporada.

16.10 Afectación de conos

Daños mecánicos a conos que se han presentado sin ninguna razón aparente en algunas familias, ocasionando aberturas transversales y longitudinales en conos verdes de familias cuyo origen es la costa de Jalisco (figura 102). Esto se presentó en el año 2016 y no ha vuelto a presentarse.

Figura 102. Conos dañados sin causa aparente y síntomas similares a un daño mecánico.



17 Problemas que afectan la supervivencia de los pinos o injertos

17.1 Roedores

Las tuzas (figura 103) y las liebres (figura 104) ocasionan daños a injertos de diferentes edades desde su establecimiento hasta de cinco años de edad. Las tuzas atacan las raíces de los pinos y pueden ocasionar la muerte del árbol; sus madrigueras subterráneas dificultan el control de sus poblaciones, en el huerto semillero los daños provocados durante varios años han sido cuantiosos, y su seguimiento es permanente para lograr su control eficiente. El control ha sido físico o mecánico, al sacarlas directamente de las madrigueras excavando con palas y azadones, y químico, con pastillas gasificantes (fosforo de aluminio) en el suelo.

En los últimos cuatro años el control ha sido mecánico de manera ocasional, ya que para ese tiempo ya no se presentaban indicios de estos roedores en los alrededores del predio, debido en parte a la presencia de otro tipo de fauna y a las perturbaciones propias de la influencia del

tratamiento de las huertas de aguacates y la producción de cultivos protegidos en las cercanías.



Figura 103. Roedor (tuza) encontrada causando daños en raíces de pinos.

Anteriormente se hicieron pruebas de control de las tuzas de diferentes formas, desde chicle bola, pruebas con gas butano con explosiones controladas, productos químicos diversos tipo gasificantes, pero

no fueron efectivas en ese momento.

Las liebres ocasionan daños al comerse la corteza basal del pino, realizan un anillado del tallo de los injertos cuando están recién establecidos, pero aun cuando el anillado haya sido parcial, los injertos no logran sobrevivir y mueren. Las pérdidas generadas por una sola ocasión fueron de ocho injertos, los cuales tenían un costo unitario de tres mil pesos (2009). El tratamiento efectuado fue colocar malla de alambre fina alrededor de los injertos como barrera física de 50 cm de altura. Luego estas mallas fueron sustituidas por mitades de PVC reciclado, con muy buenos resultados.

Figura 104. Daño por roedor (liebres) que anillan el tallo mordiendo la corteza.



17.2 Descortezadores

La presencia de esta plaga tiene mucho que ver con el estrés de los injertos, incluido hídrico, nutricional y productivo. Se presentaron en algunos años

y ocasionaron daños desde leves hasta graves entre la corteza del pino en etapa de larva (figura 105), y provocaron la muerte de injertos en producción, aunque fueron tratados con equipo especializado. Esto se realizó mediante inyecciones localizadas al tallo con mezcla de productos químicos y fertilizantes líquidos en solución; se logró una efectividad del 70 al 80%, siempre y cuando la plaga fuera descubierta a tiempo. Los pinos afectados que murieron se incineraron para evitar dispersión de la plaga y se aplicaron químicos en la zona de influencia del árbol para controlar cualquier insecto que hubiera quedado en la remoción del pino. Una forma de evitar todos estos problemas es mantener buenas condiciones nutricionales a través de la fertilización y el aporte de agua en los periodos críticos.



Figura 105. Larva en corteza interna de pino causando daños importantes y su tratamiento químico.

17.3 Barrenadores de yemas terminales, conos y tallo

Existen varias plagas de este tipo, como *Dioryctria* sp, *Pithyophthorus* sp y otras especies, pero estas dos son las de mayor importancia en esta especie de pino dentro del huerto semillero y el banco clonal.

Dioryctria sp se ha encontrado en daños de conos y en yemas terminales. Ocasiona la pudrición de conos y muerte de ramas terminales pequeñas; las pérdidas son menores, ya que no ha prosperado o se mantiene baja la población que ataca los conos, pero ha sido constante el daño a las ramas terminales, sin llegar a ser masiva.

Los daños por *Pithyophthorus* sp (figura 106) han sido esporádicos en tallo y algunas ramas de injertos estresados que causaron la muerte de ramas, principalmente en algunos años.



Figura 106. Daño en conos verdes por *Dioryctria* sp y ramas terminales en pinos por *Pityophthorus* sp.

El tratamiento para estas plagas es de tipo químico, con insecticidas sistémicos, pero cuando se encuentran los síntomas, el problema ya ha avanzado, y se manifiesta en la muerte del pino. En cuanto se encuentran pinos resentidos se les aplica el tratamiento y al cabo de algunos días, si no responden, se retiran y se incineran para destruir la fuente de contaminación.

Últimamente se han aplicado productos biológicos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) que quizás hagan algún efecto aún no cuantificado, pero las afectaciones no prosiguieron (Najera-Rincón *et al.*, 2005). Pero estas aplicaciones tienen que ser preventivas y oportunas para que tengan mayor efecto.

17.4 Defoliadores menores

Ocasionalmente se han presentado estos defoliadores, que no son menores en importancia pero no se dejaron prosperar y se controlaron de inmediato; tal es el caso de *Neodiprion* y *Zadiprion* sp (figura 107) que se ha presentado en dos ocasiones. La revisión constante y el hallazgo oportuno de cualquier plaga es muy importante, razón por la cual se tiene que estar muy al pendiente de cualquiera de ellas. En este caso es demasiado peligroso dejar avanzarlas, ya que se pueden presentar defoliaciones masivas en poco tiempo.



Figura 107. Defoliación de pinos por *Neodiprion* sp, *Zadiprion* sp. y otros defoladores en etapa larvaria activa.

17.5 Fungosis

Las principales fungosis son ocasionadas por *Fusarium circinatum* en las ramas terminales, con muerte descendente si no es tratado a tiempo (figura 108). Se tiene que realizar podas sanitarias de forma oportuna, sellar heridas y quemar el material contaminado, además de dar apoyo nutricional frecuente. Este problema puede ocasionar la muerte de todo el pino cuando no se realiza ningún cuidado; comienza primero a tornarse las acículas de un color canela generalizado que liberan un olor a fermentación gradual característico, el cual se percibe a distancia. Si se realiza el tratamiento a tiempo se puede evitar la muerte del árbol.



Figura 108. Secadera descendente de acículas y acanelamiento generalizado en pinos por el hongo *Fusarium circinatum* con olor a fermentado en la segunda foto.

Otro problema ocasionado por hongos son las pudriciones de las raíces en injertos establecidos con un mal sistema radicular desarrollado desde su embolsado y crecimiento (figura 109), el cual se debe a la afectación por *Fusarium oxysporum*, entre otras especies combinadas con este en el sustrato.



Figura 109. Fungosis en raíces de pinos injertados que puede afectar la parte superior.

17.6 Fauna silvestre diversa

Debido a la cantidad de arbolado y las condiciones que existen en el predio, hay animales de diversos tipos que tienen sus madrigueras y guaridas dentro de él. Se han visto tlacuaches, zorrillos, coyotes, armadillos (figura 110), mapaches y numerosas aves que con frecuencia salen a caminar, pero algunos de ellos han llegado a ocasionar la muerte de injertos pequeños establecidos de temporada, pues muerden la parte superior tierna del injerto, lo que en ocasiones conduce a su muerte. Otros, como los mapaches y zorrillos, excavan cerca de los injertos establecidos y dañan las raíces.

Figura 110. Armadillo en el huerto semillero; en ciertas temporadas críticas causa daños a injertos pequeños.



17.7 Ganado vacuno

Los daños por estos animales se han presentado en la temporada cuando el ganado cercano al huerto semillero no tiene alimento verde o fibroso en su lugar, entonces busca dentro del predio del huerto semillero para alimentarse.

Una vez en el predio, buscan restregarse con los injertos y otros árboles hasta romperlos y ocasionarles la muerte (figura 111). En diferentes años han muerto cinco injertos por estos daños. Aunque se reparan los lienzos de alambre y se revisan constantemente, los mismos propietarios ocasionan los daños trozando el alambre.



Figura 111. Daño por ganado vacuno dentro del huerto semillero y el banco clonal.

17.8 Genéticos

Los injertos realizados que logran pegar cada temporada son tratados con fertilizaciones específicas para desarrollar y mantener su supervivencia hasta que son establecidos según matriz de bloques correspondientes. Cuando se han ubicado, se continúa el tratamiento para permitir su enraizado lo más pronto posible, ya que la yema terminal injertada por lo general trae más actividad fisiológica, según la procedencia del árbol de donde se extrajo para su injertación, que el mismo patrón donde se colocó.

En las primeras etapas es necesario desarrollar buenas condiciones del tallo del pino patrón para que soporte la agresividad por los nutrientes del material injertado, esto está relacionado con la genética de cada familia en cuestión. Cuando este procedimiento no es oportuno, se pueden presentar problemas de entablillado de la cicatriz de la unión del injerto,

al grado que el crecimiento de la yema injertada excede la capacidad del pino patrón; esto es conocido como incompatibilidad del injerto, o rechazo.

Este problema se ha encontrado en injertos desde un año hasta cinco o seis años, los que se van resintiendo hasta morir por falta de nutrientes al estrangularse la base del injerto; inclusive los tejidos de la cicatriz se resienten y permiten una abertura que puede ocasionar la muerte (figura 112), debido también a un fuerte rechazo entre el patrón y el excesivo crecimiento del material injertado o la reducida área de prendimiento, que posteriormente provoca la muerte del injerto por daño mecánico, por romperse fácilmente de esa parte.



Figura 112. Injertos de diferentes edades con problemas de rechazo: el tejido se desprende en gran parte de la cicatriz hasta morir; hay ensanchamiento basal del injerto o área reducida de prendimiento.

El tratamiento debe ser preventivo con fertilizaciones a base de fósforo y potasio disponibles con poco o nulo nitrógeno, sin faltar los microelementos, así como una buena exposición al sol durante el día por al menos un año. Por esta razón mueren entre cinco diez injertos ya establecidos cada año, los cuales tendrán que reponerse al siguiente año. Este cuidado se puede iniciar desde el vivero de producción una vez embolsado con el empleo de fertilización oportuna y adecuada.

17.9 Mala inserción del injerto

Este factor es un problema que se presenta ya crecido el injerto, y sucede porque la púa o yema injertada es corta, aunque alcanza a pegar; al crecer el injerto, el mismo peso que genera su crecimiento va resintiendo la

cicatriz y forma un muñón de tejido que se va debilitando hasta quebrarse y morir el injerto. Se han encontrado injertos de siete años de edad con este problema, pero no es muy frecuente.

Para este problema no hay tratamiento, solo se debe evitar o prevenir al momento de la injertación y prendimiento, hay que seleccionar los mejores injertos de cada familia para evitar llevar el problema a campo. Aunque existen otros injertos establecidos con este problema, hay otros que soportan esta condición. Esta situación se agrava con la presencia de vientos fuertes o algún fenómeno climatológico (figura 113).



Figura 113. Rompimiento de injertos por fuerte viento y unión débil del tejido desde su injertación.

Esta problemática está muy relacionada con la señalada en el apartado anterior, solo que este punto es consecuencia del primero, con efectos en campo que tienen mayor costo por la inversión implícita en el tipo y la edad del injerto.

17.10 Falta de podas oportunas de ramas patrón

Cuando los injertos se establecen en huerto semillero o banco clonal durante la temporada de lluvias, reciben tratamiento de fertilización para estimular su anclaje al desarrollar las raíces. Una vez que sucede esto, el injerto necesita nutrientes para crecer en longitud y grosor, los que son proporcionados principalmente a través de la absorción de estos por las raíces, pero esto nutrientes no solo los aprovecha el injerto en crecimiento activo, también los utiliza el patrón del injerto para mantenerse y cumplir su función primordial de soportar al injerto vivo.

En varias ocasiones ambos compiten por los nutrientes disponibles, pero cuando el patrón mantiene activo su crecimiento y promueve la salida de ramas bajas, estas demandan más nutrientes y los aprovechan de manera más rápida por estar más cerca de las raíces. Todas las ramas continúan su crecimiento a tal grado que, si no se realiza la poda de estas ramas, pueden crecer más rápida y vigorosamente que el injerto mismo, desplazándolo y debilitándolo por falta de nutrientes hasta provocar la muerte del injerto (figura 114).



Figura 114. Desplazamiento del injerto por falta de poda oportuna de ramas del patrón en su desarrollo inicial en *Pinus douglasiana* Martínez.

Esto se encontró en los primeros años de establecidos; en ese entonces se realizaron las podas pero varios injertos no soportaron este procedimiento y murieron. Una manera de evitar estos problemas es realizar revisiones oportunas mensuales después de establecidos, con la finalidad de podar cualquier rama que tenga crecimiento rápido y pueda rebasar al injerto, ya que demandará nutrientes al igual que él.

Cuando se presente este problema, las podas tendrán que ser graduales, de una rama a la vez cada semana o cada mes, según el grosor de la rama desarrollada, y no en un solo evento, para no provocar estrés en el injerto, lo que trae como consecuencia la muerte rápida mientras más grandes sean las ramas podadas. Es conveniente que al momento de cada poda, se aplique alguna pasta cicatrizante o pintura vinílica para sellar la herida y evitar la entrada de hongos que producirían pudriciones del tallo.

17.11 Efecto de podas en yemas terminales sobre producción de semilla

Otro tipo de atención que se realiza a injertos establecidos en el huerto y en el banco clonal es la poda de yemas terminales de las ramas de injertos en producción, con la finalidad de elaborar injertos de familias PDU que hace falta establecer o reponer en los diferentes bloques del huerto semillero o en las líneas de injertos en el banco clonal. Este material utilizado tiene la información del árbol adulto seleccionado de donde procede el injerto, a este proceso se llama clonación.

Los injertos producidos de esta manera tienen mayores ventajas de prendimiento, desarrollo y rápida producción de conos y semillas. Además, estas podas, consideradas de tipo reproductivas, estimulan la producción de mayor número de ramas laterales que producirán más conos y semillas en la siguiente temporada productiva, una vez que han sido podadas (figura 115). Esto permite desarrollar las ramas de esa temporada y fomenta la salida de otras para el siguiente año, lo que aumenta la producción de conillos del 30 al 50%, en dependencia de la familia de que se trate.



Figura 115. Poda de ramas para injertación y estimular salida de ramas productivas.

Dado que los injertos deben ser de porte bajo para facilitar la recolecta de conos sin mucho esfuerzo, estas podas se aprovechan para diferentes

fines, como se ha indicado. Ello provoca que cada año se programe esta actividad con buenos resultados productivos.

17.12 Hormiga arriera en etapa temprana

La presencia de hormiga arriera en etapas tempranas del desarrollo de pinos o injertos, o inclusive de cualquier planta, es un riesgo latente que puede causar serias pérdidas económicas, por defoliar parcial o totalmente las plantas en un corto tiempo, lo cual puede ocasionar la muerte masiva por este insecto.

Es importante realizar una prospección del sitio donde se establecerá el huerto semillero, banco clonal o cualquier plantación, para ubicar y definir el tratamiento de hormigueros con anticipación, ya que, una vez establecida la plantación de pinos, el daño por la hormiga arriera sucede de un día para otro (figura 116). La gravedad del daño depende del número de hormigueros activos y de la disponibilidad de otro tipo de alimento para determinar si se alimenta o no de los pinos, que le son más suculentos y atractivos que una maleza o pasto. Esto es más complicado cuando se trata de la temporada de estiaje o de secas, cuando no existe mucha disponibilidad de alimento para las hormigas, pero si pinos en el huerto semillero o la plantación.

En algunas ocasiones este insecto puede estar presente, pero no se considera como plaga por no defoliar muchas plantas de interés particular por temporada.



Figura 116. Daños y control de hormiga arriera en campo de forma biológica.

Los tratamientos en el control de este insecto, cuando se convierte en plaga, pueden ser de tipo químico o biológico. El más efectivo es el de tipo biológico. El tratamiento químico, en aplicación líquida o mediante cebos (*pellets*), controla de manera parcial cuando no alcanzan el contacto de todas las hormigas dentro y fuera de los hormigueros. Las hormigas que sobreviven a este tratamiento químico forman otra colonia u hormiguero en el predio, y se vuelven más resistentes al producto químico aplicado.

El tratamiento biológico para hormiga arriera es a base de esporas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, en polvo o en líquido, lo importante es el tipo de cepa, la concentración de esporas y la viabilidad de éstas. Estas características varían según la casa comercial y su presentación.

Se recomienda particularmente la presentación líquida, ya que contiene algunos nutrientes azucarados que permite mantenerlos más viables y más disponibles al momento de la germinación inicial de las esporas.

Cuando los productos biológicos están en presentación líquida se recomienda aplicar un litro de cada producto biológico mencionado en 200 l de agua. Es recomendable que sea un recipiente de plástico exclusivo para preparar los productos biológicos, ya que cuando se preparan otras mezclas de productos químicos suelen quedar residuos que matarían de inmediato a las esporas de los hongos.

Esta solución preparada de biológicos se vierte directamente en los hormigueros previamente identificados y preparados, para que sean tratados adecuadamente (inundar cada uno para asegurar que se disperse por todas las galerías). Con este tratamiento se logra alcanzar el control de la hormiga arriera desde un 95% hasta un 100%, en una o dos aplicaciones. Los resultados del control empiezan a ser evidentes después de los diez días posteriores a la aplicación, hasta completar su efecto en un tiempo máximo de un mes, por eso este tratamiento tiene que ser preventivo.

17.13 Problemas de raíces regresadas

Este es un problema fuerte encontrado tanto en los injertos como en árboles provenientes de pinos seleccionados como superiores, desarrollados en bolsas negras en el vivero; fue recurrente en el huerto semillero principalmente, ya que se mantenía en desarrollo por varios años antes

de su establecimiento definitivo en campo. Esto provoca que las raíces se regresen o enrollen dentro de la misma bolsa al cubrir todo su volumen sin un tratamiento adecuado y oportuno antes de llevar a campo.

Se recomienda revisar las raíces del injerto que tienen algún tiempo embolsado antes de su establecimiento, ya que se tendrán que realizar podas de las raíces viejas y regresadas o enrolladas en el contenedor. Los primeros injertos y pinos del huerto semillero asexual se establecieron sin podas de raíces en su establecimiento inicial, y solo se le aplicaba una cantidad de 50 g de fertilizante triple 17.

Varios injertos sobrevivieron muchos años más, pero empezaron a morir por el estrangulamiento del cuello con las mismas raíces desarrolladas que sobresalían a la superficie del suelo (figura 117). Otros injertos se mueren en los dos primeros años por el mismo problema de raíces no desarrolladas adecuadamente después de su embolsado en vivero y no fertilización adecuada para iniciar enraizado de nuevas raíces.



Figura 117. Problemas de raíces regresadas en injertos y pinos con más de diez años y atención inicial recomendada de poda de raíces, antes de su establecimiento.

Para el año 2004 se encontró que el 96% de los injertos establecidos en el huerto semillero asexual de *Pinus douglasiana* Martínez presentaba raíces regresadas superficiales con desarrollo en grosor. Esto limita el desarrollo adecuado del injerto y afecta la producción de conos a mediano plazo. Este problema ocasiona que se mueran alrededor de tres a cuatro injertos de diferentes edades, con síntomas de estrés, lo que es aprovechado por plagas como descortezadores, hongos patógenos y barrenadores, entre otras, para continuar su afectación hasta que mueren.

Aunque se tiene un control de calidad en la selección de plántulas antes del embolsado, la mezcla de sustrato tiene mucha influencia en la

compactación de raíces en tubetes, cavidades o en la bolsa que conforman posteriormente el cepellón.

Actualmente se realiza podas de raíces y fertilización básica al establecimiento con fertilizantes solubles altos en fósforo y bajo en nitrógeno, una fertilización inicial con fertilizante de liberación controlada al mes, y otra fertilización de reforzamiento a los dos meses de establecidos mientras persistan las lluvias de temporada para desarrollo de raíces y engrosamiento de tallo.

17.14 Daños mecánicos y pudriciones de tallo

La mortalidad de injertos por daños mecánicos es muy baja o esporádica, pero sucede de vez en cuando por un descuido o cuando personal nuevo trabaja equipos como desbrozadoras o machetes, y no advierte la distancia real entre la maleza y el injerto. Ello ocasiona que se dañe parcial o totalmente el tallo del injerto (figura 118 a), lo que provoca la muerte de uno o dos injertos por año.

Además, se pueden presentar problemas serios de pudriciones del tallo en la parte superior de la cicatriz del injerto, donde se torna delicado, por albergar condiciones de tejido blando en transición que puede ser afectado por el exceso de humedad y algunos insectos pequeños que causan estrés fisiológico al injerto durante el prendimiento y el desarrollo inicial, entonces se presentan síntomas de pudrición de la corteza, como fase inicial de rechazo del injerto.

Este problema se puede presentar en etapas tempranas del establecimiento o en etapas intermedias del crecimiento del injerto, casi con los mismos síntomas mencionados antes (figura 118 b y c). Ocasiona la muerte de uno a dos injertos por año, cifra que aumenta si existen injertos con muy poca área de cicatrización de la herida.



Figura 118. Afectación de injertos por daño mecánico y pudriciones del tallo en *Pinus douglasiana* Martínez.

18 Otros problemas diversos en injertos que no son letales

Existen otros problemas en los injertos del huerto semillero y en el banco clonal que no provocan la muerte de los injertos, pero afectan algunas ramas y la salud del mismo injerto.

Un caso especial de estos problemas son los insectos “cargapalitos” (*Oiketicus kirbyi* Guilding); normalmente, sus larvas de orugas de la familia Psychidae (tiene once subfamilias, 240 géneros, con 1,350 especies diferentes) no causan daños como defoliadoras dentro del huerto semillero, pero sí al momento de elaborar su característica pupa, ya que estas se sujetan fuertemente de las ramas de los injertos a través de un hilo de seda, el cual puede llegar a estrangular la rama si no se da tratamiento oportuno (figura 119 a).

Es común encontrar este insecto en algunos injertos durante el año, pero en 2012 se presentaron varios ejemplares de este tipo pendiendo de las ramas que hubo que retirar de forma manual. En otros países este

problema ha causado algunos daños de defoliación en varias especies de árboles forestales y cultivos agroindustriales, como la palma de aceite (Mexzón *et al.*, 2003 y 2004) y el banano (Ponce *et al.*, 1979).

Aunque el control de plagas y enfermedades es constante dentro del huerto semillero y el banco clonal, la presencia de algunas de ellas es ocasional o traída por algunas aves, tal es el caso de las semillas de muérdago. Este problema se presenta en árboles de jacarandas y mezquites cercanos al predio del huerto semillero que se desarrollan y reproducen de forma natural.

Esto trae consigo la producción de semilla mucilaginosa que es expulsada con fuerza o es dispersada por las aves. Se tienen registros en eucaliptos que forman parte de las barreras lado este en el banco clonal que se han derribado para controlar dicho problema, y hasta ahí se había tenido el registro, pero en 2016 se encontró la presencia de la semilla de muérdago en acículas de injertos de *Pinus douglasiana* Martínez tratando de germinar, pero se controló a tiempo y no prosperó (figura 119 b).

Es importante mantener la revisión y el seguimiento constante a este problema para evitar propagación masiva dentro de los injertos y árboles dentro del huerto semillero y el banco clonal que puedan provocar serios problemas económicos.

Las podas realizadas del muérdago encontrado en árbol de mezquite fueron efectivas, y ya no volvieron a presentarse desarrollos en el árbol.

Otro problema no letal para los injertos de pino es la presencia de fungosis foliar, que solo causan la muerte parcial de algunas acículas y de manera esporádica, según las condiciones nutricionales y factores de estrés presentes en las diferentes temporadas (figura 119 c).



Figura 119. Otras afectaciones diversas presentes en injertos que no son letales pero causan algunos daños en ramas o solo están presentes ocasionalmente.

Predios	2010			2011			2012		
	Municipios	Cant. pino	Predios	Municipios	Cant. pino	Predios	Municipios	Cant. pino	
Rancho Mazati	Chiquilistlán	184	Ejido La Bautista	Ayutla	373	El Zapotillo	Ayutla	820	
Ejido Pedro Moreno	Cabo Corrientes	215	El Fraile II	Tapalpa	352	La Máquina	Concepción de Buenos Aires	818	
Las Trojes	Gómez Farias	162	El Divisadero	Tapalpa	369	Ejido La Bautista	Ayutla	820	
Ejido Agua Caliente	Concepción de Buenos Aires	162	Las Tasajeras	Mascota	361	La Joya	Atenguillo	820	
El Colomo	Atemajac de Brizuela	150	Viejo Ixtololo	Mascota	372	Los Encinos	Mascota	740	
El Canutillo	Tecalitlán	179	Carrizalillo y otros	Tecalitlán	382	El Campanario	Tapalpa	820	
El Greñero	Concepción de Buenos Aires	146	Ej. Barranca del Calabozo	Tecalitlán	359	El Ocoté	Gómez Farias	724	
Ejido La Cañada	Ayutla	173			2960	Rancho Mazati	Chiquilistlán	664	
Ejido El Empedrado	Mascota	150				Ejido Concepción de Buenos Aires	Concepción de Buenos Aires	735	
La Máquina	Concepción de Buenos Aires	120						9521	
El Fraile	Tapalpa	150							
Cruz de Roble	Tapalpa	140							
		1931							

Figura 120. Ensayos exploratorios establecidos en Jalisco con material procedente del huerto semillero de *Pinus douglasiana* Martínez, diferentes familias.

19 Producción de pinos PDU-HS para diferentes fines

La producción de conos y semillas en el huerto semillero y en el banco clonal es la meta final del programa de mejoramiento genético con esta especie en el Fideicomiso. Aunque la producción de semilla de pinos es variable con el año, el tipo de familias y el tratamiento, entre otras cosas, la cantidad y la calidad de semillas se puede mantener por cierto tiempo, aun estando en refrigeración.

La semilla producida con esta calidad genética no debería guardarse por mucho tiempo en refrigeración, debido a que con el tiempo cualquier semilla tiende a perder su viabilidad, unas más pronto que otras. Es mejor utilizarla en proyectos activos que tengan una finalidad específica que reditúe ventajas económicas produciendo y estableciendo plantas en campo con calidad identificada, en vez de guardar las semillas en refrigeración, ya que se pierde menos de esta forma.

La semilla producida en huerto semillero y banco clonal se empezó a utilizar a partir del año 2010 en la producción de planta que se establecería en ensayos exploratorios de campo. Se acordó que estos fueran ubicados en terrenos de propietarios con árboles seleccionados vivos u otros propietarios que tuvieran interés por permitir y cuidar dichos pinos de diferentes familias bajo un convenio de colaboración.

Cada año, a partir de 2010 y hasta 2012, se estableció diferente número de ensayos exploratorios con cantidad diversa de familias por predio. Se entregaron 14,632 pinos en tres años, procedentes del huerto semillero asexual y banco clonal de *Pinus douglasiana* Martínez del FIPRODEFO a veintitrés propietarios particulares y nueve ejidos en trece municipios de Jalisco (figura 120). Muchos de estos ensayos exploratorios se establecieron; algunos otros no, por diversos motivos. Los que menos se cuidaron fueron los de los ejidos, la planta se perdió en su mayoría. Los pinos sobrevivientes se encuentran en buen estado sanitario y de crecimiento; falta evaluar los parámetros productivos por familia y por sitio.

La planta existente en campo procedente del huerto semillero entregada en los diferentes predios correspondientes, que están con buena supervivencia, son debido al apoyo de ciertos propietarios particulares que mostraron buen interés por mantener dichos pinos establecidos. Algunas

de estas familias son comunes en los diversos predios donde fueron establecidos, resaltando la influencia genética expresada no solo para supervivencia, sino también para otros parámetros de crecimiento (figura 121).



Figura 121. Ensayo exploratorio (EPDU-HS 2012) en predio Los Encinos, Mascota, con buenos desarrollos de parte izquierda y plantación de 2014 (derecha) en la foto.

En el año 2013 se entregaron algunos pinos de diferentes familias para un pequeño ensayo exploratorio de la especie de pino fuera de su rango de distribución en la parte norte de Jalisco, con muy buenos resultados de adaptación y crecimiento.

A partir de finales del año 2013 se gestionó un proyecto ante la CONAFOR para establecer huertos semilleros sexuales y plantación a través de un proyecto especial regional. Este proyecto consistió, en sus inicios, de una plantación con material procedente del huerto semillero asexual de *Pinus douglasiana* Martínez del fideicomiso de diferentes familias, para producir planta con calidad genética superior.

Esta planta se produjo en viveros regionales cercanos a los predios donde se establecerían a partir del 2014. Se distribuyeron las familias de pinos en diferentes predios de dos regiones de Jalisco, Sierra Occidental,

con el predio Los Encinos (10 ha) en Mascota (figura 122) y predio La Tortuga (15 ha) en Atenguillo, y región Sur-Sureste con predio La Calera (25 ha) en municipio de Gómez Farías.

La densidad inicial fue de 1,111 individuos por hectárea, después fue modificada en un polígono de cada predio para generar un huerto semillero sexual en bloques al azar con densidad de 400 pinos por hectárea.

Se estableció un huerto semillero sexual (HSS) por predio, incluyendo veinticuatro familias diferentes procedentes del huerto semillero clonal y se distribuyeron en los polígonos con mayor superficie y de acuerdo con las especificaciones de la norma nacional NMX-AA-169-SCFI 2014 (figura 123).



Figura 122. Plantación de pinos diferentes familias PDU-HS-BC 2014 en predio Los Encinos, Mascota.



Figura 123. Huerto semillero sexual de *Pinus douglasiana* Martínez en predio Los Encinos, 2018.

20 Costos de mantenimiento y tratamiento productivo en huerto semillero y banco clonal

El tratamiento productivo de los pinos de origen sexual y asexual tiene que ver con las aplicaciones periódicas de fertilizantes específicos en el suelo y foliares para cada etapa de crecimiento, además de otras actividades de atención puntual dentro del predio. Es importante considerar el mantenimiento de las condiciones propias para que los pinos expresen su calidad genética y ello se refleje en la producción de conos y semillas.

La limpieza de las barreras cortafuego y barreras de dilución de polen, en la periferia y dentro del huerto semillero y en el banco clonal, es de relevancia para evitar problemas de incendios en la temporada de estiaje. Para ello se requiere mantener el material combustible lo más bajo posible o controlado para que, en caso de conato de incendio, los daños no sean mayores. Entre las barreras y líneas de árboles se realizan desmalezados con desbrozadoras (figura 124).



Figura 124. Desmalezado de áreas en que el tractor no tiene acceso para limpieza y atención cultural entre los árboles.

En la periferia y las brechas internas, además de las calles entre líneas de árboles, se realizan desvarados oportunos con ayuda de tractor para reducir los posibles riesgos de incendio (figura 125).



Figura 125. Desvarado mecánico, desbrozado y limpieza manual para reducir el material combustible de la temporada seca.

Esta limpieza en las diferentes áreas también ayuda mucho a ahuyentar a la fauna, principalmente mamíferos (ganado vacuno, zorrillos, armadillos, mapaches, coyotes y zarigüeyas), roedores (tuzas, rata de campo y liebres), aves y serpientes diversos, que causan algunos daños menores a injertos, y que merodean en el predio por ser un área con árboles que sirven de refugio permanente de forma aislada del bosque y la población más cercanos al predio.

En el caso de animales de mayor tamaño, como el ganado vacuno, se requiere mantener en buenas condiciones el lienzo periférico del predio para evitar su entrada, ya que causan serios daños en los injertos pequeños que provocan su muerte.

También es importante mantener en buenas condiciones el pozo profundo para realizar los riegos de apoyo y normales, junto con el sistema de riego que mantendrá a los pinos en buenas condiciones nutricionales en periodos críticos y además estimulará la producción de conos y semillas.

El seguimiento y el monitoreo sanitario permanente de los injertos y pinos en huerto y banco clonal son importantes para mantener las condiciones productivas de forma eficiente. El hallazgo oportuno de plagas, enfermedades, daños mecánicos, deficiencias nutricionales, condiciones de estrés (hídrico u otro), incompatibilidad o madurez de conos, permite tratarlos de manera preventiva para evitar pérdidas mayores por sus afectaciones.

Es conveniente realizar podas programadas de ramas que liberen a los injertos recién establecidos, para que se desarrollen adecuadamente sin problemas, además de que en algunos casos es de vital importancia para generar mayor producción de ramas reproductivas.

Es importante considerar que, todavía para 2017, los costos de mantenimiento de las instalaciones, la atención cultural en huerto semillero y banco clonal, las áreas de barreras de dilución de polen y las brechas cortafuego, además de los costos de mantenimiento del sistema de riego y el pozo, con sus pagos mensuales por gasto energético, podrían variar en un rango los \$300,000.00 a \$500,000.00 según las actividades realizadas durante todo el año y el tratamiento productivo (extensivo o semiintensivo) de los pinos.

Se ha de considerar también que se cuenta con un tractor y sus implementos agrícolas para realizar las actividades de desvarado, rastreo, pala frontal para movimiento de sustratos y fertilizaciones foliares con aspersora, entre otras actividades menores (acarreo de agua dentro del huerto semillero, podas sanitarias, colecta de material para injertación, etcétera). Aquí faltaría considerar el pago de nómina del personal que labora en campo, y que puede variar en número, con un mínimo de tres: un velador, un encargado técnico del huerto semillero y banco clonal, y un injertador encargado de todas las actividades de vivero y atención a los injertos.

Para un mejor y oportuno tratamiento productivo se necesita mayor inversión en la parte técnica, tanto en el personal de campo como en el de laboratorio, así como presupuestar recursos para hacer más eficiente la producción de semilla de pino como explotación intensiva altamente rentable.

En el anexo 8 se detallan los costos propios de la elaboración de cada injerto en cada temporada. Este costo varía según el origen del material injertado; el costo más alto es cuando se recolecta de los árboles seleccionados en medio natural, que el material utilizado del mismo huerto semillero asexual y banco clonal. Además del mayor prendimiento de injertos elaborados con material del HSA y banco clonal.

21 Ensayos de progenie de *Pinus douglasiana* Martínez

El establecimiento de estos ensayos con material procedente de los pinos seleccionados tiene el objetivo de probar que la descendencia, o la progenie, a través de las semillas producidas en los conos del árbol expresa la calidad genética de los padres de alguna forma en los diferentes ambientes donde se coloque dicho material, lo cual se evidencia durante su crecimiento y su desarrollo (CONIF, 2001). Esta expresión génica genera una relación genética con el ambiente, a lo que se llama una interacción genotipo-ambiente (G x A), y esto dependerá de las condiciones imperantes en el ambiente.

En esta ocasión, para esta especie de *Pinus douglasiana* Martínez, se establecieron diferentes familias de los pinos seleccionados en dos sitios o regiones del estado de Jalisco, donde se encuentra de forma natural en los bosques, con la intención de verificar que la expresión de dichas familias fuera conveniente para los diferentes fines del mejoramiento genético de esta especie.

Estos sitios se encuentran en la parte serrana de los municipios de Mascota (región Sierra Occidente), en el predio “Las Tasajeras”, el cual está ubicado a 2,370 m sobre el nivel del mar (msnm) y en el municipio de Zapotlán El Grande (región Sur-sureste), en el predio “Sauces y Pinabetes”, ubicado a 1,743 msnm, con sus particulares propiedades de suelo, vegetación, altitud, latitud, exposición e influencia natural de otros factores sobre cada sitio.

En cada ensayo se establecieron inicialmente diferentes familias PDU en diez bloques con cinco repeticiones de forma lineal en cada uno, solo que, por problemas de incendios y daños por plagas en cada predio, quedaron cinco bloques disponibles con arbolado identificado.

Los ensayos se empezaron a establecer a partir del año 1999 con reposiciones en el año 2000, a una distancia de 2.5 m x 3 m entre cada uno de los árboles, con sus respectivos árboles de protección.

Las condiciones de clima y precipitación son distintas en cada sitio; el más alto y con mayor precipitación es el ensayo ubicado en el municipio de Mascota.

Cada año se realizaron diversas actividades de manejo dentro de cada ensayo, como son el retiro de la maleza y los daños sanitarios presentes en diferentes temporadas, además de las mediciones de altura, diámetro del cuello en las primeras etapas y diámetro a la altura de 1.30 m, cuando los pinos tenían mayor desarrollo en cada bloque, durante un periodo de doce años. En estas mediciones se utilizaron diferentes equipos de medición: cintas diamétricas, estadal, pistola Haga, clinómetros y hojas de registro específicos (figura 126).

En la actualidad, los datos registrados se han estado analizando por personal especializado para determinar las interacciones genotipo-ambiente, diferencial de selección y heredabilidades de los diversos parámetros medibles con respecto a cada sitio y las diferentes familias involucradas (Zobel y Talbert, 1988).

La información generada con este análisis estadístico dará certidumbre de la expresión genética y la calidad particular de los pinos seleccionados a través de su descendencia. Esto a su vez, determinará el tipo de familias que tendrán que ser eliminadas del huerto semillero en los diferentes bloques, por su influencia negativa en la expresión de ciertos genes, dando pauta para el aclareo genético o depuración.



Figura 126. Desmalezado y mediciones de pinos en ensayos de progenie de polinización abierta (EPPA).

Los resultados de estos análisis, que se expresarán mediante una tesis y un artículo científico, serán muy valiosos para determinar el rumbo de la atención productiva dentro del huerto semillero y aumentar la calidad del germoplasma generado a través de todo esto.

En este sentido ya se ha determinado las familias que deberán eliminarse por ser poco costeables mantenerlas dentro del huerto semillero asexual, además de ser muy poco productivas de semilla. También las interacciones de cada familia dentro de cada ensayo de progenie generaron resultados que muestran el efecto del genotipo con respecto al ambiente donde crecieron los pinos, lo que se expresa con su crecimiento en altura total, diámetro y volumen por más de quince años.

Con ello se puede determinar y efectuar el aclareo genético del huerto semillero asexual (HSA) para que se pase de un HSA seleccionado a un HSA depurado genéticamente. Con esto y el manejo oportuno se podrá obtener semilla con mayor ganancia genética.

a

Árbol semillero (seed tree): árbol seleccionado por sus características fenotípicas deseables para producción de semilla.

Árbol candidato (candidate tree): árbol preseleccionado por sus buenas características fenotípicas, para incluirlo en un programa de mejoramiento, pero que aún no ha sido sancionado o comparado con los árboles de su alrededor.

Árboles de comparación (comparative trees): árboles vecinos con los cuales se compara el árbol candidato para determinar su superioridad fenotípica.

Árbol plus (plus tree): árbol fenotípicamente superior seleccionado para integrar inicialmente un programa de mejoramiento, pero que no ha sido probado.

Árbol elite (elite tree): árbol que ha demostrado su superioridad genética a través de ensayos genéticos, como ensayos de progenie que producen descendencia superior.

Área productora de semillas (seed production area): rodal o plantación no plantada para producir semilla, pero depurada de árboles inferiores y manejada para producir grandes cantidades de semilla. Se confunde con el término *rodal*.

Autopolinización (self pollination): polinización natural o artificial de una flor femenina con polen del mismo genotipo.

b

Biodiversidad (biodiversity): variedad y variabilidad (tanto de número como de frecuencia) de los organismos y la variabilidad genética dentro de cada especie.

Bloque (block): en un estudio de campo arreglado en un diseño en bloques aleatorizados, unidad de terreno que posee al menos una parcela de todas las unidades genéticas (familias, clones, procedencias) plantadas.

C

Clon (clone): en silvicultura, es propagar una planta asexualmente por injerto, estacas enraizadas, cultivo de tejidos, o semillas apomícticas, cuya descendencia producida es idéntica genéticamente a la planta original.

Conito o piñita (conelet): cono inmaduro en coníferas; también llamado estróbilo.

Conservación de germoplasma ex situ (germplasm conservation ex situ): mantención de la variabilidad genética de una población en un ambiente o localización geográfica diferente que donde evolucionó. Por ejemplo, plantaciones de especies exóticas, bancos clonales, almacenamiento en frío de semilla o polen.

Conservación de germoplasma in situ (germplasm conservation in situ): mantención de la variabilidad de una población en aproximadamente las mismas condiciones geográficas y ecológicas bajo las cuales evolucionó.

Cruzamiento exogámico (outcrossing): cruzamiento (controlado o natural) entre individuos no emparentados. El término también se refiere a una especie que tiene barreras para la autofertilización.

Cruzas (cross): colección del polen de un árbol para polinizar otro.

d

Depresión endogámica (inbreeding depression): reducción del vigor observada en la progenie de cruzamiento entre parientes cercanos. Es debida a la expresión de alelos recesivos perjudiciales y es grave en especies exogámicas de polinización abierta.

Depuración (rogue): remoción de los árboles con fenotipo indeseable, o que las pruebas de progenie han demostrado que presentan genotipos menos deseables, estos árboles pueden localizarse en huerto semi-llero, en área de producción de semilla o en invernaderos.

Diferencial de selección (selection differential): la diferencia entre un árbol seleccionado, unas familias o un clon y el promedio de la población de la cual fueron colectados.

Diseño en bloques completamente al azar (randomized complete-block design): diseño experimental más utilizado en pruebas de campo de progenie, procedencia y clonales. Cada grupo genético se repite una vez en cada bloque. Todos los grupos genéticos son arreglados aleatoriamente dentro de un bloque y se usa un nuevo patrón de aleatorización para cada bloque.

Diversidad genética (genetic diversity): cantidad de variabilidad genotípica en una población. Número de diferentes alelos por loci y proporción de loci con más de un alelo en una especie o población.

Dominancia (dominance): en genética mendeliana clásica, enmascaramiento de la acción de un alelo por otro.

e

Endémico (endemic): planta, especie o subespecie animal nativa de una pequeña región.

Endogamia (inbreeding): cruzamiento entre individuos emparentados. En especies de polinización abierta la endogamia provoca una pobre

producción de semilla, baja germinación y una grave reducción del crecimiento.

Exótico (exotic): no nativo, introducido en el área o en el país; se aplica a poblaciones especies, etcétera.

f

Familia (family): grupo de genotipos estrechamente emparentados. Todo material clonado de un mismo árbol superior seleccionado utilizado en un programa de mejoramiento.

Fertilización (fertilization): unión de los núcleos y otros constituyentes celulares de un gameto masculino (espermio) con un huevo, para formar un cigoto. **Nota**: En algunas especies, la fertilización puede producirse meses después de la polinización; por ejemplo, los pinos.

Fenotipo (phenotype): conjunto de características visibles de un árbol. Está determinado por la interacción del genotipo con el ambiente en que crece.

g

Ganancia genética (genetic gain): cambio originado por la selección artificial en un rasgo específico. Se expresa en términos de cambios por generación o cambios por año. **Nota**: La ganancia está determinada por la intensidad de selección, la variación de los progenitores y la heredabilidad.

Gen (gene): unidad básica de la herencia.

Generación F₁: primera generación filial de un cruzamiento. Normalmente, la progenie de un cruzamiento F₁ es fenotípicamente completamente uniforme.

Generación F2: segunda generación filial de un cruzamiento producido por entrecruzamiento individual desde la generación F1. La progenie de un cruzamiento F2 es más variable fenotípicamente que la F1.

Genética (genetics): ciencia básica relacionada con las causas de la semejanza y la diferencia entre organismos, relacionada a través de la descendencia. Toma en cuenta los efectos de los genes y el ambiente.

Genética forestal (forest genetics): estudio de la heredabilidad en los árboles forestales.

Genotipo (genotype): conjunto de características genéticas de un árbol, valoradas a través de su descendencia. Es el conjunto de genes que posee un individuo, los expresados y los recesivos.

h

Heredabilidad (heritability): grado en que una progenie se asemeja a sus progenitores. Es un cociente entre los factores genéticos y ambientales que influyen en la expresión de un rasgo.

Heterocigoto (heterozygous): portador de dos alelos diferentes en un locus. Al referirse al genotipo total, indica que los individuos tienen diferentes alelos en muchos locos.

Híbrido (hybrid): progenie de un cruzamiento entre genotipos distintos. En Silvicultura, el término se utiliza comúnmente para cruzamientos entre especies.

Homocigoto (homozygous): portador de dos alelos idénticos en un locus, en muchos loci o en la especie entera.

Huerto de mejoramiento o banco clonal (breeding orchard): plantío de árboles seleccionados, comúnmente propagados clonalmente, diseñados para facilitar el trabajo de mejoramiento.

Huerto semillero (seed orchard): plantación establecida para la producción de semillas.

Huerto semillero clonal (seed orchard, clonal): plantación establecida desde árboles propagados vegetativamente, normalmente injertos. Se

obtiene por selección de árboles plus en poblaciones naturales, plantaciones o ensayos genéticos. Es una plantación de clones o progenies seleccionados que se aísla para evitar contaminación de polen de fuentes externas y se maneja para producir frecuentes y abundantes cosechas de semillas, fácilmente obtenibles. **Nota:** La diferencia entre *rodal semillero* y *huerto semillero* (HS) radica principalmente en la intensidad de selección, la cual es mucho mayor en los HS, y en que normalmente los árboles en el rodal semillero (RS) no están sujetos a ensayos de progenie, razones por las cuales la calidad genética de los HS es mayor que la de los RS. Ambos casos reconocen la población base la disponibilidad de árboles de los mejores orígenes o procedencia de la especie a mejorar.

Huerto semillero de plántulas (seed orchard, seedling): huerto semillero establecido de plántulas (no de injertos). También llamado de origen sexual, por proceder de semillas fecundadas. **Nota:** Existen varias modalidades de HS, entre las más comunes pueden citarse:

- *Huerto semillero de progenies de polinización abierta (open pollination of progeny seed orchard):* se integra con las mejores progenies de árboles plus procedentes de un programa de selección individual realizado en plantaciones naturales o cultivadas. **Nota:** El caso más común es la conversión, luego de evaluado, de un ensayo de progenies en un huerto semillero.
- *Huerto semillero clonal de polinización abierta (open pollination clonal seed orchard):* se integra con propágulos vegetativos de selecciones intensas de árboles plus procedentes de plantaciones comerciales o ensayos genéticos.
- *Huerto semillero de polinización controlada (controlled pollination seed orchard):* es similar a los anteriores, salvo que la producción de semilla se basa exclusivamente en cruzamientos controlados.
- *Huerto semillero de 1.5 generación (first half generation seed orchard):* nuevo huerto instalado a partir de seleccionar los mejores clones de uno o más huertos, lo que incorpora cierta ganancia genética.
- *Huerto semillero de segunda generación o 2.0 (second generation seed orchard):* huerto obtenido por cruzamiento y selección de progenies de huertos de primera generación.

i

Índice de selección (selection index): elección de progenitores a base de un puntaje ponderado que combina valores económicos y heredabilidad de varios rasgos de interés.

Interacción genotipo-ambiente (genotype-environment interaction): conjunto de los cambios de jerarquía o niveles de desempeño entre individuos cuando se prueba en diferentes ambientes.

l

Lote de semilla (seedlot): grupo de semillas con un algún factor en común, por ejemplo año de colecta, rodal o huerto semillero, árbol plus, punto de origen, en una prueba de procedencia, una familia de medio o de hermanos completos.

m

Mutación (mutation): cambio repentino en el genotipo, causado por un pequeño cambio en la secuencia de ADN en los cromosomas.

o

Origen (source): área geográfica, dentro del rango de distribución natural de la especie, de donde proviene el material de propagación.

Ortet (ortet): planta original desde la cual se obtiene un clon a través de estacas enraizadas, injertos o cultivo de tejidos u otro medio de pro-

pagación vegetativa. El árbol plus original utilizado para iniciar la injertación de un clon es un ortet.

p

Patrón (rootstock): planta enraizada; comúnmente, planta que procede de semilla, sobre la cual se injerta una púa.

Población (population): grupo de árboles individuales que tienen alguna característica en común, tanto en localidad como en ancestro familiar o uso deliberado.

Población base (base population): población disponible para efectuar selecciones.

Población de selección (selection population): fracción de la población base.

Población de mejoramiento o de cruzamiento (breeding population): cruzamiento y recombinación del conjunto de árboles seleccionados en la población de selección, a los efectos de regenerar una nueva población base para una nueva generación de selección.

Población de producción (production population): subconjunto de los mejores genotipos de la producción de mejoramiento, utilizado para producir semillas o clones genéticamente superiores para usar comercialmente.

Polinización (pollination): colocación de polen en la parte receptiva de la flor femenina.

Polinización abierta (open pollination): polinización debida al viento o a insectos.

Polinización controlada (controlled pollination): polinización dirigida de las flores femeninas de un árbol con polen de una fuente conocida, usualmente de un árbol específico. **Nota:** Las flores son protegidas del polen indeseable cubriéndolas con una bolsa de polinización antes de que se tornen receptivas. Con esto se obtienen semillas de familias de hermanos completos.

Procedencia (provenance): área geográfica limitada donde crecieron los árboles progenitores. **Nota:** La procedencia puede ser nativa (en cuyo

caso se llama origen) o introducida (procedencia derivada). Cuando se transfiere semilla entre zonas por países, lo que cambia es la procedencia, el origen sigue siendo el mismo.

Progenie (progeny): descendencia de un árbol.

Propagación vegetativa (vegetative propagation): propagación de una planta por medios asexuales, como yemación, injertos, enraizamiento.

Pruebas clonales (clonal test): es un plantío que tiene varias o muchas plantas propagadas vegetativamente. **Nota:** Estas pruebas proporcionan estimaciones del desempeño relativo de diferentes genotipos, pero no necesariamente aportan información sobre su conducta genética.

Prueba de procedencias (provenance test): prueba para comparar árboles que crecen de semillas o estacas colectadas en muchas partes del rango de una especie.

Prueba de progenie (progeny test): prueba para comparar la descendencia de diferentes progenitores.

Púa (scion): ramita, yema u otra estaca vegetativa que será injertada sobre otra planta (o sistema radicular).

r

Rameto (ramet): copia de una planta reproducida vegetativamente. Cada rameto tendrá el mismo genotipo del árbol progenitor (conocido como ortet).

Repetición (replication): en una prueba genética una repetición contiene una parcela para cada grupo genético en la prueba.

Rodal (stand): población de árboles con suficiente uniformidad en composición, constitución y distribución como para distinguirse de poblaciones vecinas.

Rodal semillero (seed stand): un rodal natural, plantación comercial o ensayo experimental, normalmente de origen o procedencia selectos, que por presentar características deseables en cuanto a crecimiento, forma de los árboles, sanidad u otras características específicas, es

seleccionado y atendido para la producción de semilla. (Ver nota en *Huerto semillero clonal*).

S

Selección (selection): operación de escoger árboles individuales o poblaciones con características deseables para obtener mejoramiento genético.

Selección clonal (clonal selection): elección de los mejores clones de una prueba clonal.

Selección familiar (family selection): selección de la progenie de la familia de acuerdo con su desempeño medio. Esto significa que los mejores individuos son seleccionados desde las mejores familias.

Selección masal (mass selection): selección de árboles solo a base de su fenotipo o apariencia.

V

Valor genético (breeding value): valor genético de un individuo determinado por el valor medio de su progenie. Puede ser sobre la base de un rasgo individual o de un índice de selección.

Variabilidad (variability): valor que difiere del valor promedio. Ausencia de uniformidad; comúnmente indica ausencia de uniformidad genética en una población.

Viabilidad (viability): habilidad de una población para vivir, crecer y desarrollarse. **Nota:** La viabilidad es afectada por factores de hábitat físico (clima, geología, topografía y factores acuáticos) y factores de hábitat biótico (plantas y poblaciones animales y comunidades).

Z

Zona de mejoramiento (breeding zone): área dentro de la cual una simple población de árboles mejorados puede ser plantada sin temor de una mala adaptación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Askew, G. R. y Th. D. Blush (1990). "Short note: An Index of Phenological Overlap in Flowering for Clonal Conifer Seed Orchards", *Silvae Genetica*, 39: 168-171.
- Binkley, D. (1993). *Nutrición forestal, prácticas de manejo*, Limusa. México, DF.
- Brewbaker, J. L. y B. N. Kwack (1963). "The Essential Role of Calcium Ion in Pollen Germination and Pollen Tube Growth", *American Journal of Botany*, 50: 859-869.
- British Columbia Ministry of Forests and Range (2005). *Tree Improvement in British Columbia*, BC, Min. For. and Range and Forest Genetics Council of BC, Victoria, BC. Disponible en: <http://www.fgcouncil.bc.ca/brochure-tree-improve-05.pdf>.
- Brockley, R. (2001). *Foliar Sampling Guidelines and Nutrient Interpretative Criteria for Lodgepole Pine*, Ministry of Forests Research Program, extension note 52: 1-8.
- Champagnat, P. (1989). "Rest and Activity in Vegetative Buds of Trees", *Annual Science Forest*, 46 suppl.: 9s-26s.
- CONIF (2001). *Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras*, 2ª ed., serie técnica, núm. 32, Santafé de Bogotá.
- Grimm, C. y F. Guharay (1998). "Control of Leaf-footed Bug *Leptoglossus zonatus* and Shield-backed Bug *Pachycoris klugii* with Entomopathogenic Fungi", *Bio-control Science and Technology*, 8, 3: 365-376, DOI: 10.1080/09583159830171.
- Ipinza, R. H. (1998). *Mejoramiento genético forestal*, serie técnica, núm. 42, CONIF, Santafé de Bogotá, Colombia.
- Jokela, E. J. (2004). *Nutrient Management of Southern Pines*. School of Forest Resources and Conservation, University of Florida, 27-35.
- Kishchuk, B. E.; Weetman, G. F.; Brockley, R. P. y C. E. Prescott (2002). "Fourteen-year Growth Response of Young Lodgepole Pine to Repeated Fertilization", *Canada Journal Forest Research*, 32: 153-160.
- Kolotelo, D. (2008). *Lodgepole Pine Cone Collections*, Tree Improvement Branch- Ministry of Forests and Range, bulletin 05.
- Kolotelo, D.; Steenis, M., Petersen, E. V.; Bennett, R.; Trotter, D. y J. Dennis (2001). *Seed Handling Guidebook*. *Tree Improvement Branch*, British Columbia, Canada.
- Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E. y J. P. Barnett (1989). *Seedling*

- Nutrition and Irrigation*, vol. 4, *The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook 674*, Washington, DC, US Department of Agriculture, Forest Services.
- Lyle, E. S. (1969). "Mineral Deficiency Symptoms in Loblolly Pine Seedling", *Agronomy Journal*, 61: 395-398.
- Mezón, R. G.; Chinchilla, C. Ml. y R. Rodríguez (2003). "El gusano canasta *Oiketicus kirbyi*, *Lands Guilding (Lepidoptera: Psychidae)*. plaga de la palma aceitera", *ASD Oil Palm Paper (Costa Rica)*. 25: 24-28.
- Mezón, R. G.; Chinchilla, C. Ml. y R. Rodríguez (2003). "El gusano canasta *Oiketicus kirbyi* *Lands Guilding (Lepidoptera: Psychidae)*. plaga de la palma de aceite*", *Palmas*, 25 (4): 65-73.
- Moorhead, D. (1998). *Fertilizing Pine Plantations*, Georgia Cooperative Extensions Service, College of Agricultural and Environmental Sciences, The University of Georgia, Athens, GA. Disponible en: <http://www.bugwood.caes.uga.edu/>.
- Moraes, J. L. G. (1995). "Recomendações de adubação para eucalyptus, pinus e espécies típicas da Mata Atlântica", *Documentos Forestais. Piracicaba*, (15): 1-23.
- Najera-Rincón, M. B.; García-Martínez, M.; Crocker, R. L.; Hernández-Velázquez, V. y L. A. Rodríguez del Bosque (2005). "Virulencia de *Beauveria bassiana* y *Metharhizium anisopliae*, nativos de occidente de México, contra larvas del tercer estadio de *Phyllophaga crinita* (Coleoptera: Melolonthidae) bajo condiciones de laboratorio", *Fitosanidad*, 9 (1): 33-36.
- Owens, J. N. (2006). *The Reproductive Biology of Lodgepole Pine*, British Columbia, Canada, FGC extension, note: 07.
- Ponce, T. O.; Peláez I. y J. de la Cruz (1979). "Estudio biológico del gusano canasta *Oiketicus kirbyi* *Lands Guilding (Lepidoptera: Psychidae)* en plátano y reconocimiento de sus principales parasitoides", *Acta Agronómica*, 29 (1/4): 41-46.
- Pujato, J. y M. Martín (1999). *Terminología referida a la selección de árboles y producción de semilla*, Estación Experimental Concordia, INTA.
- Rothe, A. y D. Binkley (2001). "Nutritional Interactions in Mixed Species Forests: A Synthesis", *Canada Journal Forest Research*, 31: 1855-1870.
- Rueda, S. A.; Cruz, J. A.; Flores, J. G. y E. Talavera (2006). *Potencial productivo de II especies de pino en Jalisco*, libro técnico núm. I, INIFAP-SAGARPA, Jalisco, México.
- SARH (1994). *Inventario forestal periódico del estado de Jalisco*.
- Sauka, D. H. y G. B. Benintende (2008). "*Bacillus thuringiensis*: generalidades. Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas", *Revista Argentina de Microbiología*, 40: 124-140.

- Schmidting, R. C. (1975). *Fertilizer Timing and Formulation affect Flowering in a Loblolly Pine Seed Orchard*, Thirteenth Southern Forest Tree Improvement Conference, Raleigh, NC.
- Sotolongo, R. S.; Geadam G. y M. Cobas (2013). *Mejoramiento genético forestal*, FAO.
- Zobel, B. y J. Talbert (1988). *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*, LIMUSA, México, DF.

ANEXOS

Anexo 1

Datos generales de algunos árboles superiores seleccionados de *Pinus douglasiana* Martínez, a partir de 1998 a 2000 en Jalisco

FAM PDU	EDAD (años)	ALT (m)	DAP (cm)	VOL (m ³)	DENS (kg/m ³)
003	40	42	57.6	4.180	420.66
004	52	27.5	47	1.822	473.82
005	52	26	46.4	1.679	515.67
006	55	35	65.5	4.505	456.33
008	52	32	50.6	2.458	724.45
009	63	34.8	48	2.405	580.02
010	45	44	63.3	5.289	486.41
011	40	28	44.8	1.686	553.82
015	65	36.1	61.4	4.083	526.08
016	70	37	64	4.547	556.81
017	90	40.2	64.4	5.002	730.20
018	59	32.1	60	3.467	650.98
019	54	35	75.2	5.938	639.35
020	52	30.5	55.5	2.818	693.99
021	41	23	52.3	1.887	596.82
022	58	25	56.3	2.377	584.79
023	67	35	63.2	4.194	581.29
025	53	41.2	67.1	5.565	616.16
026	53	36.2	53.3	3.085	532.04
027	54	23.7	56.2	2.246	624.62
028	46	28	44.8	1.686	511.45
030	71	29.6	52	2.401	720.14
031	83	33	71.6	5.075	547.31
032	70	28.4	68.2	3.963	515.16
033	58	41.4	64.7	5.199	577.48

FAM PDU	EDAD (años)	ALT (m)	DAP (cm)	VOL (m ³)	DENS (kg/m ³)
035	40	35.2	63.5	4.258	530.15
036	63	35.7	64.5	4.456	521.65
037	65	44	68	6.104	574.74
038	50	28.2	64.7	3.541	497.81
039	48	30.5	60.8	3.382	501.56
040	76	39	68	5.410	506.26
041	45	38.7	53.7	3.348	533.10
042	53	30.6	47.9	2.106	477.91
043	60	36	56.8	3.484	630.36
048	51	28	55.5	2.587	633.52
049	55	36	68.3	5.038	545.39
050	39	26.8	44	1.557	529.82
051	48	25	54	2.187	492.94
052	38	28	58.6	2.885	493.31
053	57	28	67.4	3.816	568.64
054	58	34	66.5	4.511	592.71
055	55	35.4	60.1	3.836	541.26
056	64	29	62.3	3.377	646.67
057	57	32	63.2	3.834	579.85
058	63	31	61.5	3.517	594.51
060	47	38.7	62.1	4.477	504.55
061	55	32	51.7	2.566	559.52
062	70	36	70.7	5.398	477.49
063	55	32.4	58	3.270	669.49
064	53	28	50	2.100	915.43
065	51	29	58	2.927	655.56
066	54	24	52	1.947	594.44
067	33	25	52	2.028	527.06
068	45	24	51	1.873	740.95
069	63	27.6	66	3.607	562.50
070	73	33	58	3.330	543.44
071	55	35.1	54.7	3.151	607.91
072	57	31.5	64.8	3.968	456.33
073	54	29	59.6	3.090	609.16
074	56	42.9	66.7	5.726	593.98
075	52	29.7	49.7	2.201	444.77

FAM PDU	EDAD (años)	ALT (m)	DAP (cm)	VOL (m ³)	DENS (kg/m ³)
076	56	30	58	3.028	530.63
077	52	ND	ND	ND	538.87
078	62	ND	ND	ND	631.43
079	45	28	47.2	1.871	546.08
080	65	25.7	58.1	2.608	491.32
081	45	35.2	63.3	4.231	483.48
082	70	35	64.6	4.382	543.29
084	68	29	48.3	2.030	618.07

FAM: Familia de árboles seleccionados
 ALT: Altura total del árbol en metros (m)
 VOL: Volumen del árbol (en m³)

PDU: *Pinus douglasiana* (siglas)
 DAP: Diámetro a la altura del pecho (a 1.30 m)
 DENS: Densidad de la madera (viruta, kg/m³)

Anexo 2

Problemas o errores de injertación en *Pinus douglasiana* Martínez





Anexo 3

Resumen de costos aproximados para el injertado de *Pinus douglasiana* Martínez por temporada en diferentes años (2013)

1. Producción de 5,000 plantas de <i>Pinus douglasiana</i> Martínez para patrones de injertos	\$86,973.70
Incluye costo de semilla, sustrato, charolas de 60 cavidades, agua, fertilizantes, plaguicidas, bolsa negra 23+10x35 cm, productos biológicos, jornales para siembra, riego, embolsado, fertilización, control de plagas, desmalezado, supervisión técnica, clasificación, selección, acarreo al área de injertación.	
2. Mantenimiento de tres naves de diferentes dimensiones	\$2,864.49
Incluye colocación de malla sombra y plástico ya existentes, compra de insumos menores (pintura, lijas, brochas, sujetadores diferentes tamaños, lazos, aspersores, mangueras), limpieza y manejo de sistema de riego de aspersión y postería.	
3. Colecta de púas en campo (por temporada, dos meses —enero y febrero)	\$85,451.08
Incluye sueldo de un técnico forestal, un escalador de pinos, viáticos (combustible, alimentación, hospedaje, envío, pintura spray, insumos papelería, vehículo sin renta cubierta o gasto general de depreciación), colecta de 6,000 púas o yemas de 70 árboles por temporada.	
4. Recogida de hielera a central camionera nueva y vieja	\$17,454.00
Incluye vehículo depreciación, combustible, estacionamiento, telefonía y sueldo proporcional.	
5. Injertación en vivero Centinela (Guadalajara, Jalisco)	\$224,290.66
Incluye sueldo de cuatro personas injertadoras (un encargado injertador, dos injertadores y una persona de apoyo a la injertación y manejo), costo de materiales e insumos diversos, higrotermómetros con baterías, toma de datos o lecturas de temperatura y humedad. Elaboración de 4,000 injertos.	
6. Mantenimiento posinjertación de condiciones ambientales dentro de naves (3)	\$43,072.00
Incluye costo de agua, energía por ocho horas, jornales para seguimiento, revisión, fertilizaciones, riegos y lectura de datos por cuatro meses.	
7. Transporte de injertos a HS	\$7,516.00
Incluye gastos de vehículo Ranger 2005, combustible, peajes y alimentación de un técnico.	
8. Establecimiento de 100 injertos en HS	\$3,950.00
Incluye sueldo de dos personas de campo por cinco días, elaboración de cepas, insumos varios, remejo de injertos previo establecimiento.	
Total:	\$471,571.93

PDU/N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	OBS	E1	E2	E3	E4			
26	Yellow	2	23																														
27	Blue	Blue	4																														
28																																	
29																																	
30	Green	11	7																														
31					Yellow	2		1																									
32	Green	15																															
33	Green	4	2	1																													
34	Green	14	2	5																													
35	Green	15	3	1																													
36	Green	7	5																														
37	Green	7	6	7																													
38																																	
39	Blue	Blue	3																														
40																																	
41	Green	9																															
42	Green																																
43																																	
44																																	
45																																	
46																																	
47	Green	6																															
48	Green	22																															
49																																	
50	Green	5																															
51																																	
52	Blue	Blue	11	2																													

PDU/N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	OBS	E1	E2	E3	E4		
53	1			1	1	1	1	1																			7			1		
54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2			
55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	2	1	5		
56	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
57	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	8	2			
58	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	11	12			
59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	3			
61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
62																																
63																																
64	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	5				
65	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	3			
66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	6	1			
67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1				
68	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	4			
69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
71	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1				
72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1				
73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	7	5			
74	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	7	2	2		
75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9					
76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10				
77	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	14	1			
78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2					
79	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4				

PDU/N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	OBS	E1	E2	E3	E4			
80																																	
81																																	
82																																	
83																																	
84																																	
85																																	
86																																	
87																																	
88																																	
89																																	
90																																	

PDU: *Pinus douglasiana*

N: Número de injerto (números 1 al 25)

obs: Observaciones en campo (banco clonal)

E1: Injertos recién establecidos con hasta 1 m de altura y 1 kg de materia seca producida.

E2: Injertos con más de uno hasta 2 m de altura y 3 kg de materia seca producida.

E3: Injertos con dos a tres metros de altura y 5 kg de materia seca producida.

E4: Injertos con 3 m en adelante y más de 7 kg de materia seca producida.

Anexo 6

Etapas fenológicas de estróbilos femeninos de *Pinus douglasiana* Martínez

EFF₀: Apenas se inicia la diferenciación celular en yema de crecimiento, y se asoma el primordio con escamas protectoras color café claro; pueden salir desde una hasta ocho, según familia específica.



EFF₁: Se hace prominente el primordio en la yema de crecimiento, las escamas protectoras cambian de tamaño y presenta un color café claro combinado con verde amarillento en la base, y alcanza la altura de yema principal de rama. Dichas escamas están cerradas completamente.



EFF₂: Las brácteas laterales o escamas de protección comienzan a abrirse para mostrar el desarrollo del estróbilo femenino que se torna de una coloración rosa-violáceo opaca en punta, y cubierto en la base por algunas brácteas. Continúa su desarrollo por entre siete y diez días, hasta alcanzar 1 cm de longitud. En este momento se debe de aislar el estróbilo para polinizaciones controladas.



EFF₃: El estróbilo femenino se libera completamente de brácteas laterales de protección y el color rosa-violeta es más evidente; las escamas ovulíferas se abren carnosas y perpendiculares a su eje para ser receptoras al polen que las ha de fecundar. *POLINIZAR en esta etapa.*



EFF₄: Después de cinco a siete días de la receptividad femenina, el estróbilo femenino se empieza a cerrar al engrosarse las escamas ovulíferas, ya que están lignificando; el color rosa-violáceo cambia a un morado opaco intenso (casi tinto) o morado ligero, lo que varía según el tipo de familia.



EFF₅: El estróbilo cierra completamente sus escamas ovulíferas y se torna espiculado, con una coloración muy similar a la anterior al principio; cambia conforme madura a tonalidad verdosa de un cono inmaduro hasta secarse de color café claro cuando ya está maduro (1.5 a 2 años),



Anexo 7

Etapas fenológicas de estróbilos masculinos (microesporangios) de *Pinus douglasiana* Martínez

EMF₀: La yema de crecimiento empieza a diferenciarse en su parte basal, se ensancha y presenta unas bolitas con escamas de protección apenas aparentes, conforme se van desarrollando; el número de estos varía desde uno hasta más de 45. Día 0 hasta el día 10 o 15, en dependencia de la familia y su origen.



EMF₁: Las brácteas de protección color café claro abren para liberar el primordio masculino de color café-morado oscuro en el ápice y empieza su desarrollo (3 mm a 7 mm), Esta etapa dura del día 10 o 15 hasta día 20 o 23. En esta etapa las unidades estrobilares son agudas en el ápice.



EMF₂: El primordio se convierte en estróbilo masculino bien formado en proceso de maduración (de 5 mm a 18 mm), de color café oscuro a morado intenso. Al presionar la estructura masculina sale líquido transparente (agua). Del día 20, algunos hasta el día 27.



EMF₃: El estróbilo masculino en proceso de maduración sigue aumentando en tamaño, y al presionarlo se libera un líquido lechoso con algo todavía de agua. De 3 a 5 días después de la etapa anterior.



EMF₄: El estróbilo masculino se presenta más hinchado, y de color café-rojizo a morado. Al presionar se libera una masa amarillenta y pierde paulatinamente el agua hasta secar. En esta fase poco más del 50% del polen al secarse está viable, pero tiene alta humedad que, al perderse al fin de esta fase, inicia la liberación del polen.



EMF₅: En esta etapa los estróbilos continúan perdiendo humedad; comienzan los que se encuentren expuestos al sol directo. Al secarse se alargan para liberar el polen contenido. Después de 5 a 7 días de liberado el polen el estróbilo se seca y se deforma dejando los residuos de escamas polínicas completamente abiertas, rígidas o torcidas, de un color dorado.



Anexo 8

Costo de injertos de *Pinus douglasiana* Martínez establecidos en huerto semillero asexual (HSA) y banco clonal (BC) según la edad a partir del año 2001 y hasta 2017

ORIGEN DE MATERIAL	INJERTOS	COSTOS (\$)		COSTO FINAL (\$) DE INJERTOS DESPUÉS DE ESTABLECIMIENTO Y SU EDAD																		
		ELAB	MINTO. EN ESTAB VIVERO	TOTAL POR INJERTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
ÁRBOLES SUPERIORES SELECCIONADOS EN CAMPO	2001	4000	600	400	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2002	4000	600	400	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2003	4000	600	400	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2004	4000	600	400	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2005	4700	200	100	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2006	4700	200	100	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2007	4700	200	100	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2008	4700	200	100	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2009	4700	200	100	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2010	4700	200	100	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2011	4700	200	100	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2012	4700	200	100	5000	5450	5900	6350	6800	7820	8993	10342	11893	13677	15729	18088	20801	23922	27510	31636	36382	41839
	2013	350	80	70	500	950	1400	1850	2300	2645	3042	3498	4023	4626	5320	6118	7036	8091	9305	10701	12306	14151
	2014	350	80	70	500	950	1400	1850	2300	2645	3042	3498	4023	4626	5320	6118	7036	8091	9305	10701	12306	14151
	2015	350	80	70	500	950	1400	1850	2300	2645	3042	3498	4023	4626	5320	6118	7036	8091	9305	10701	12306	14151
	2016	350	80	70	500	950	1400	1850	2300	2645	3042	3498	4023	4626	5320	6118	7036	8091	9305	10701	12306	14151
	2017	350	80	70	500	950	1400	1850	2300	2645	3042	3498	4023	4626	5320	6118	7036	8091	9305	10701	12306	14151

ELAB: Costo de elaboración; MINTO. EN VIVERO: Costo de mantenimiento en vivero; ESTAB: Costo de establecimiento en HSA o BC

Los costos de elaboración de los injertos por temporada varían de acuerdo con el origen del material injertado. Si se recolectó de árboles seleccionados con ayuda de un escalador de árboles, se requieren los costos de traslado, envíos, recorridos en cerro, vehículo, recogida del material en central de transporte, contratación de injertadores, compra de insumos de injertación, manejo y preparación de naves o áreas de injertado, cuidados y manejo posinjertado durante cinco meses más después del proceso, traslado de injertos prendidos al huerto semillero y banco clonal para su establecimiento. Si el material injertado procede del mismo huerto semillero o banco clonal, los costos se reducen drásticamente en el valor inicial del injerto prendido.

Nota: Al valor normal del injerto inicial establecido se aumentará su costo en \$450.00 por cada año que se mantenga vivo sin producir todavía conillos antes de los cinco años iniciales. Si se da el caso de que produzca antes de esa edad, se podrá aumentar la cantidad a \$500.00 hasta \$750.00 cuando alcance la producción de veinte conos por temporada. El costo calculado en la tabla es con el valor mínimo de los \$450.00 anuales; pero, a partir de los cinco años en promedio, se estima que el costo del injerto deberá aumentar en un 15%, debido a la producción activa de conos. Dependiendo del origen del injerto, el costo final variará según la edad.

*Manejo de un Huerto Semillero y Banco Clonal
de Pinus douglasiana Martínez en Jalisco*
se terminó de imprimir en junio de 2020
en los talleres de Ediciones de la Noche
Madero #687, Zona Centro
Guadalajara, Jalisco, México.

El tiraje fue de 500 ejemplares.

www.edicionesdelanoche.com

INJERTADORES-PERSONAL DE VIVERO



Rafael García Reyes Rocío Pedroza Marín Sonia Saldivar Álvarez Luis A. García Torres

ESCALADORES DE ÁRBOLES DE CAMPO



Evaristo Núñez Peña Rafael Villalvazo Núñez Sergio Pedroza Marin

MANEJO DEL HUERTO SEMILLERO Y BANCO CLONAL-PERSONAL DE CAMPO



José Villalvazo Núñez Isidro Tejada Pérez Alvaro Tejada Hernández Celso de la Lima Murgia



Eduardo López Villalvazo Heliodoro Fermin Villalvazo José Trinidad Hernández

La finalidad de este libro es aportar al conocimiento y experiencia que se tienen en materia de mejoramiento genético forestal de la especie *Pinus douglasiana* Martínez, tan sólo en lo que se refiere al establecimiento y la atención cultural de un huerto semillero y un banco clonal de esta especie en Jalisco, así como los resultados generales de los ensayos establecidos en diferentes regiones de Jalisco.

El presente texto incluye actividades, metodologías, adecuaciones, experiencia y resultados específicos relativos al tratamiento de la especie, mismos que han funcionado de la mejor manera posible durante los últimos años.



FIPRODEFO

Fideicomiso para la Administración del Programa
de Desarrollo Forestal del Estado de Jalisco



**FONDO EDITORIAL
UNIVERSITARIO**

ISBN 978-84-18080-84-5



9 788418 080845