

Informe Final

Programa de mejoramiento genético y conservación de especies forestales de las zonas altas de Costa Rica (código: 5402 1401 4801)

Investigadores: Dr. Olman Murillo (investigador responsable)

Ing. Yorleny Badilla (FUNDECOR/FUNDATEC)

Ing. Emanuel Araya (FUNDATEC)

Ing. German Obando, M.Sc. (FUNDECOR)

I Fase

Fecha de inicio: Agosto 1998

Fecha de finalización: Diciembre 2001

II Fase

Fecha de inicio: Enero 2002

Fecha de finalización: Diciembre 2004

Mayo 2005

Introducción:

A continuación se presenta el informe final del proyecto de investigación "Programa de mejoramiento genético y conservación de especies forestales de las zonas altas de Costa Rica (código: 5402 1401 4801), desarrollado durante los años 1998 al 2001 (primera etapa) y continuado del 2002 al 2004 (segunda etapa). Este informe final consta entonces de dos reportes, uno para cada etapa de ejecución del proyecto. Se presenta la información de la manera más simplificada y organizada posible, de modo que le permita al lector darse una comprensión rápida del alcance de los objetivos, principales logros y productos, adecuaciones y publicaciones, de cada uno de los objetivos específicos del proyecto. La información en extenso para cada una de las actividades/logros realizadas, son también incluidas con el fin de ampliar o aclarar aspectos de interés. Se pretende con este formato facilitar la revisión y análisis del informe y sobretodo, darse una idea del grado de cumplimiento con los objetivos propuestos y de los productos logrados con la investigación, en cada uno de sus objetivos específicos.

Como punto de partida debemos recordar el objetivo general del Proyecto en su inicio:

Objetivo general:

"Desarrollar un programa de conservación y mejoramiento genético con las especies forestales de altura del país de mayor potencial en reforestación".

En relación con el objetivo general del proyecto es importante hacer la siguiente reflexión:

¿Porqué debería ser prioritaria la reforestación en las zonas altas del país?

Para el país las zonas altas (> 1000 m.s.n.m.) son vitales debido principalmente a las siguientes razones: **1)** constituyen la base principal del ciclo hidrológico y donde se captura y almacena casi la totalidad del agua potable del país; **2)** es donde se obtiene el agua que permite generar la mayor parte de la energía eléctrica que consumimos; **3)** según criterios científicos de capacidad de uso, las tierras altas deberían estar en su mayoría bajo cobertura boscosa; **4)** la pérdida de la cobertura boscosa nos pasa cada año la factura de las inundaciones, deslizamientos y otras emergencias; **5)** aumenta cada vez más su importancia en el equilibrio ambiental del Valle Central, donde vive casi la mitad de nuestra población (Murillo *et al.*, 2001). Paradójicamente, es donde se

ha avanzado menos en materia de reforestación y recuperación de bosques (menos de un 4,5% de lo reforestado en el país).

Hoy día se estima que se han plantado en estas zonas poco más de 8000 ha, principalmente con las especies ciprés (*Cupressus lusitanica*) y jaúl (*Alnus acuminata*), concentradas mayoritariamente en las tierras circundantes al Valle Central del país. Por lo general, en las zonas altas se encuentran condiciones ambientales severas para la producción comercial de madera (Murillo *et al.*, 2002). Conforme se asciende en altura nos encontramos con un aumento progresivo de la precipitación y simultáneamente, una disminución en el número de meses secos. Las provincias de humedad van desde la muy húmeda a la pluvial (desde los 2000 a más de 5000 mm anuales), donde las posibilidades de reforestación comercial son sumamente limitadas. La temperatura promedio disminuye también en alrededor de 1 °C cada 100 metros de altitud, la cual incide negativamente en la tasa de crecimiento de la mayoría de las especies (Badilla *et al.*, 2002). A pesar de que predominan los suelos andosoles, por origen o por contaminación, en la mayoría de los casos se presentan severos problemas de drenaje y compactación por sobrepastoreo. Sin embargo, para el país, es vital aumentar y mantener la cobertura forestal en la parte alta de las cuencas hidrográficas y en las zonas altas en general.

Para lograr cumplir con este objetivo general se plantearon 4 objetivos específicos. El documento a continuación contiene entonces, un análisis detallado de lo logrado en este proyecto de investigación, objetivo por objetivo. La información aparece entonces organizada en forma separada para cada uno de los objetivos específicos. Dada la afinidad y complementariedad entre los objetivos 1 y 3, se ha decidido presentar el análisis de estos dos de manera integrada.

El trabajo realizado ha sido muy intenso, desde la colección de semilla hasta el establecimiento de más de 125 ensayos de progenie, que abarcaron alrededor de 20 ha. La divulgación de los primeros resultados ha sido también muy extensa, incluyó la realización de 9 prácticas de especialidad y la publicación o divulgación de 61 trabajos en forma de artículos científicos y ponencias en congresos nacionales e internacionales, así como la publicación de 4 manuales, uno de ellos en dos ediciones (Murillo *et al.*, 2001; 2003).

Como podrá también observarse, en el primer objetivo específico se menciona "Elevar la productividad en reforestación con las especies". El tercer objetivo específico, en forma similar plantea "Ampliar la base de opciones de reforestación". Estos dos objetivos apuntan

claramente hacia el trabajo no solo de mejoramiento genético, sino también aspectos esenciales de silvicultura de plantaciones. A lo largo de estos 6 años de investigación se ha encontrado, que no basta con producir el mejor material genético posible, si no se sabe como plantar en forma correcta un árbol. No basta con saber plantar en forma correcta, si no se tienen las herramientas de supervisión y control de la calidad en la ejecución de dicha actividad. Por estas razones fue necesario que el proyecto desarrollara algunas actividades paralelas, con el fin de lograr aproximarse en mayor medida con los objetivos planteados. El mismo desarrollo del trabajo de investigación y la fuerte vinculación con el sector productivo, fueron los caminos que condujeron a este tipo de conclusiones. Podrá entonces el lector encontrar, que este informe final incluye dos grandes grupos de resultados y productos de la investigación a saber:

- 1) En relación con el desarrollo de temas de conservación y mejoramiento genético de las especies investigadas.
- 2) En relación con aspectos silviculturales, de control de calidad, de tecnología de propagación clonal, de alcance universal. Este tipo de información, por tanto, traslapa con el proyecto de investigación complementario titulado "Programa de conservación y mejoramiento genético de especies de las zona norte y caribe de Costa Rica", donde también fue necesario profundizar en el desarrollo de conocimiento en silvicultura con material mejorado.

Cuadro 1: Objetivo específico 1: Elevar la productividad en reforestación con las especies de mayor importancia (ciprés, jaúl y otras) en las zonas altas de la Cordillera Volcánica Central, así como de Cartago y los Santos. Objetivo específico 3: Ampliar la base de opciones de especies aptas para reforestación en estas zonas y fortalecer el desarrollo de las organizaciones involucradas Descripción del grado de cumplimiento, de los cambios y adecuaciones efectuadas, enumeración de los logros y productos obtenidos, y mención de las observaciones o recomendaciones.

Grado de cumplimiento	Cambios y/o adecuaciones Efectuadas	Logros y productos Obtenidos	Observaciones, recomendaciones
90%	<p>1) Consolidación de GENFORES (modelo de vinculación ITCR - Sector productivo); pero con mayor énfasis en las zonas bajas; 2) Realización de mapa de zonas semilleras de Costa Rica (SIG) e inventario del país de fuentes semilleras, viveros comerciales (oferta y demanda de material para reforestación, según zona semillera); 3) Aprobación e inicio de nuevo proyecto sobre marcadores genéticos, en alianza con la UCR, financiado por CRUSA; 4) Priorización en las especies nativas jaúl y tirrá 5) Eliminación de varias fincas y parcelas dentro de fincas por negligencia de dueños; 6) Consecución</p>	<p>1) Continuidad en el desarrollo de conocimientos en el manejo de invernaderos y de la tecnología de clonación de especies forestales. Se logra un avance significativo en un nuevo sistema de clonación basado en minijardines clonales en sistemas hidropónicos, manejados dentro de invernaderos. Este es el mayor logro tecnológico alcanzado en este proyecto, producto de todos estos 6 años de trabajo. Se puede ya hablar de la existencia de un paquete tecnológico muy avanzado en la materia, que involucra desde el diseño del invernadero hasta todos sus detalles de producción. Como parte de este gran avance, se elaboraron 2 ediciones del Manual de Reforestación Clonal y varias actividades de capacitación.</p> <p>2) El protocolo de clonación de tirrá (<i>Ulmus mexicana</i>) funciona con niveles muy altos de propagación (> 90% en 3 semanas). Se tiene una colección viva con más de 25 individuos en el vivero del ITCR en Cartago. El protocolo de ciprés debe mejorar el 40% alcanzado a la fecha.</p> <p>3) Se mantiene una colección de árboles plus de más de 50 individuos de jaúl (<i>Alnus acuminata</i>), más de 50 de ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i>), 20 de <i>Pinus patula</i> y 20 de <i>Eucalyptus globulus</i>.</p> <p>4) Se establece completamente un huerto semillero de jaúl (2.5 ha y > de 40 familias). Se deja marcado</p>	<p>1) Se considera un logro de un 90% porque el Programa de mejoramiento genético logra establecer ensayos de progenie, selecciona una buena cantidad de árboles plus y logra establecer 2 huertos semilleros (jaúl y ciprés), de un tamaño suficiente como para abastecer de semilla mejorada la totalidad de la demanda nacional con estas 2 especies, las más importantes de las zonas altas del país. Se logra desarrollar una metodología de control de calidad de viveros de ciprés, así como 4 manuales completos sobre los temas de clonación, control de calidad en el establec. de la plantación forestal, informativo sobre qué es mejoramiento genético forestal y el último, sobre calidad y valor en pie de la plantación forestal. Se refina considerablemente la tecnología de invernaderos y se logra desarrollar los minijardines clonales en sistemas hidropónicos, aunque no validados</p>

	<p>de nuevas fincas y restitución de ensayos;</p> <p>7) Preparación de 3 propuestas nuevas de proyectos de investigación (conservación genética; desarrollo y consolidación de GENFORES; Desarrollo del Prog de Mej Genético de GENFORES). Los últimos dos proyectos fueron aprobados e iniciados.</p>	<p>para el raleo un segundo huerto semillero de ciprés (3 ha, > 45 familias), ambos ubicados en finca La Reunión, Sta. Cruz de Turrialba. Estos huertos fueron ensayos de progenie establecidos y no continuados por el Prog. De mejoramiento Genético del CATIE y rescatados por nuestro proyecto de investigación. La semilla de jaúl ya está siendo utilizada por el Proyecto de la cuenca del Virilla (Comp. Nac. de Fuerza y Luz), que es el proyecto más importante en la actualidad en las zonas altas del país. Estos son los primeros huertos semilleros de estas 2 especies, su tamaño asegura el abastecimiento total de su demanda nacional, que son las especies más importantes en reforestación en las zonas altas.</p> <p>5) Continuó la consolidación de la vinculación Universidad-Empresa denominada GENFORES, que es un tipo de Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal. Hoy día involucra la participación activa de 11 organizaciones/empresas miembro distribuidas en todo el país.</p> <p>6) Se continuaron midiendo y manteniendo 6 fincas con ensayos de progenie de las especies jaúl, ciprés, pino patula, pino radiata, <i>Eucalyptus globulus</i> y tirrá. Los ensayos más antiguos alcanzaron ya los 5 años de edad y podrán ser convertidos en pequeños huertos semilleros en una próxima intervención. Se espera también lograr seleccionar los mejores individuos dentro de las mejores familias en los diferentes ensayos. Las especies ciprés y pino patula ya produjeron conos.</p> <p>7) Desarrollo de una metodología de control de calidad en viveros de ciprés (Sánchez y Murillo, 2004).</p> <p>8) Realización de 2 cursos cortos y manuales técnicos</p>	<p>con las especies de zonas altas.</p> <p>2) En las zonas altas no habían trabajos previos sistematizados que permitieran avanzar más rápidamente. En estos 3 años se establecieron nuevos ensayos, se continuó con la medición de todos los ensayos de progenie activos.</p> <p>3) Se mejoró y consolidó el modelo de vinculación ITCR - Sector Productivo, denominado GENFORES. Proceso que ha permitido una muy rápida transferencia de los logros de investigación, así como capturar mayores fondos de investigación a través de la FUNDATEC.</p> <p>4) La mayor parte de la actividad de investigación estuvo en desarrollar/ adecuar las técnicas de clonación a escala comercial y a desarrollar la tecnología de invernaderos con las especies de altura.</p> <p>5) Se deberá dar énfasis al desarrollo de minijardines clonales en sistemas hidropónicos y a la amplificación familiar con el material seleccionado para cada especie.</p> <p>6) Se deberá realizar raleos (50%) en los ensayos de progenie de mayor edad, de modo que puedan ser convertidos en pequeños huertos semilleros. En estos mismos ensayos, se deberá seleccionar los mejores individuos, dentro de las</p>
--	--	---	---

		<p>sobre clonación forestal, ITCR (San Carlos), julio 2003 y en CoopeSilencio, Quepos, octubre 2003.</p> <p>9) Participación como instructor invitado en Colombia, Seminario sobre silvicultura clonal, agosto 2004.</p> <p>10) Realización de 2 días de campo sobre clonación forestal basados en minijardines clonales en sistemas hidropónicos, desarrollados en Nandayure, Guanacaste (octubre y diciembre, 2004).</p> <p>11) Realización de 1 práctica de especialidad.</p> <p>12) Publicación de 16 ponencias en congresos nacionales e internacionales y eventos de capacitación, 5 artículos en revistas científicas, publicación de 4 manuales.</p> <p>13) Elaboración de una consultoría para el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) sobre desarrollo de fuentes semilleras mejoradas para la reforestación en el país. Además del censo de fuentes semilleras de material mejorado, se elaboró una primer versión de una Zonificación Semillera para todo el país.</p>	<p>mejores familias y proceder a coleccionar su semilla. Con este material, proceder a desarrollar la estrategia de amplificación familiar, con el fin de obtener clones de medios-hermanos.</p> <p>7) Establecer ensayos de progenie de 1 ha con las especies ciprés y pino patula, en el campus del ITCR en Cartago. Estos ensayos se convertirán a huertos semilleros y servirán también de futura área de práctica y capacitación.</p>
--	--	--	--

Debe aclararse que de los 4 objetivos específicos, el objetivo 1 y el 3 son los de mayor peso dentro de este proyecto de investigación, estimado en un 80% ó aún más. (1: Elevar la productividad en reforestación con las especies de mayor importancia (ciprés, jaúl y otras) en las zonas altas de la Cordillera Volcánica Central, así como de Cartago y los Santos. Objetivo específico 3: Ampliar la base de opciones de especies aptas para reforestación en estas zonas y fortalecer el desarrollo de las organizaciones involucradas). Por lo tanto, como podrá observarse, el mayor volumen de publicaciones y actividades realizadas tienen relación directa o indirecta con estos dos objetivos.

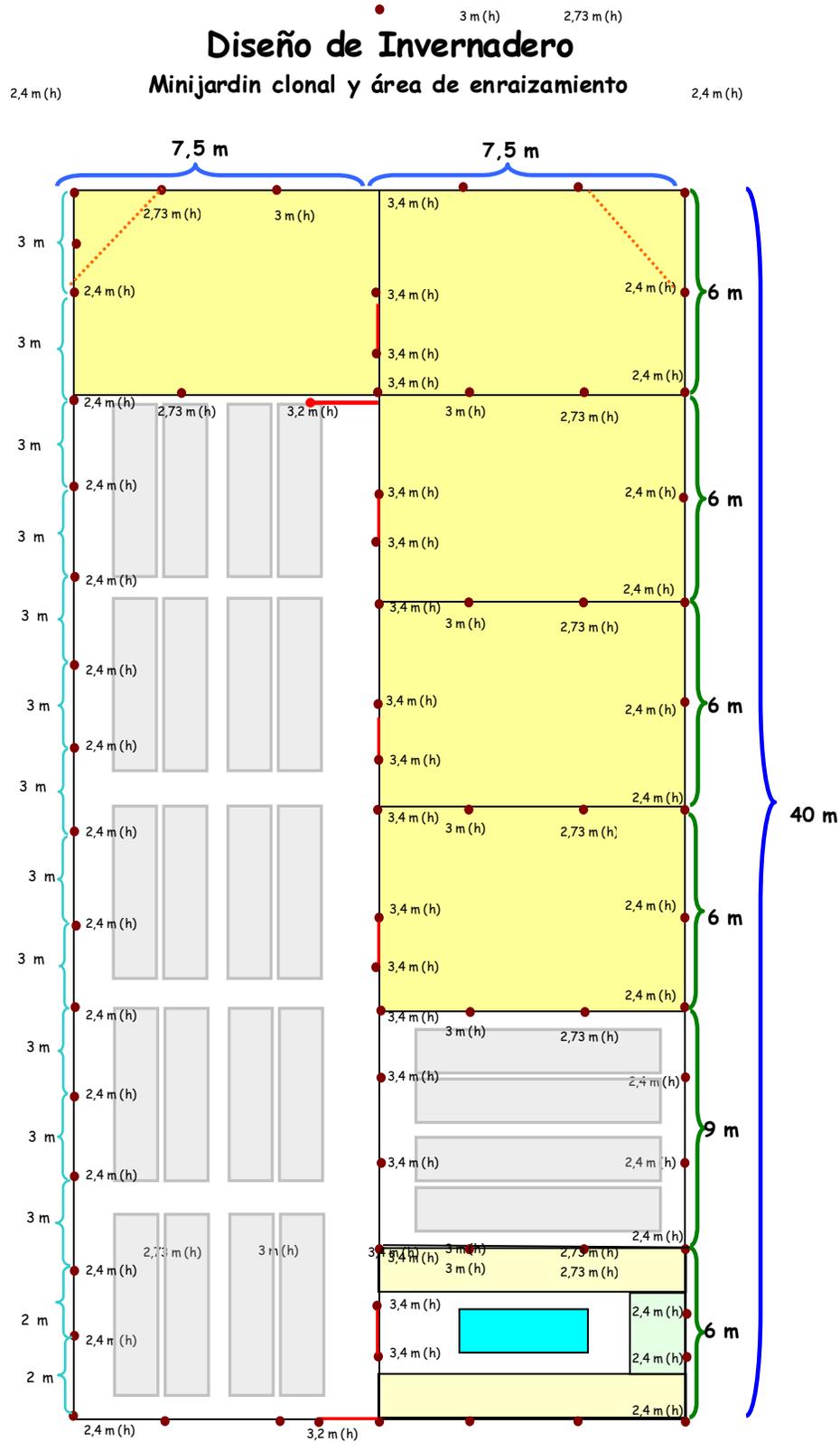
1) Desarrollo de un paquete tecnológico de clonación forestal

Este es quizá el mayor logro alcanzado en los 6 años de duración de este proyecto de investigación, junto con el proyecto paralelo para las especies de la zona norte y caribe del país. Con base en numerosas experiencias ocurridas en las sedes del ITCR en Cartago y San Carlos, así como con el trabajo realizado en las organizaciones miembro de GENFORES, se fue poco a poco perfeccionando todo un paquete tecnológico de clonación forestal. La mayor parte de esta información fue compilada en el Manual de Reforestación Clonal, editado ya en 2 oportunidades (Murillo *et al.*, 2001, 2003). Sin embargo, los cambios y mejoras han continuado ocurriendo en forma acelerada en el último año (Murillo & Badilla, 2003; Murillo *et al.*, 2004; Murillo, 2004a), tanto así que no ha sido aún posible elaborar una nueva edición del Manual con esta información. Para compensar los cambios tecnológicos ocurridos con los usuarios finales, se desarrollaron 2 días de campo en el 2004 (octubre y diciembre) en la empresa miembro de GENFORES Panamerican Woods, en Nandayure, Guanacaste. En estas actividades se logró la participación de casi todos los miembros de GENFORES, así como de otras personalidades clave del sector forestal costarricense. Los estudiantes de mejoramiento genético de nuestra Escuela, también tuvieron la oportunidad de visitar este programa avanzado. En breve, el paquete tecnológico desarrollado incluye:

- a) El diseño propio de un invernadero para propagación vegetativa de especies forestales, con todos sus detalles de dimensiones, flujo de producción, ventilación, uso de sombras y sectores de control total de temperatura y humedad, aislamiento de colecciones para prevención fitosanitaria, drenajes, y aspectos aún básicos de riego.
- b) El diseño de un sistema de minijardines clonales hidropónicos de tipo abierto, que son establecidos dentro del invernadero en condiciones totalmente controladas. Continúa mejorándose aspectos de manejo nutricional de las plantas madre (rametos), el uso de sombras de otros colores (control de

la longitud de onda), el uso de otros sustratos diferentes a la arena y carbón, así como otras adecuaciones según la especie. Este sistema continúa su proceso hasta llegar algún día a la producción orgánica clonal de plantas.

- c) Diseño y distribución en el invernadero de camas de enraizamiento (minitúneles) con sus dimensiones, materiales y riego.
- d) Desarrollo de recipientes (bandejas, pellets, cajones, etc.), sustratos de enraizamiento (arena, geles, en sistema aéreo) y de protocolos de prevención fitosanitaria.
- e) Diseño y manejo de los jardines y minijardines clonales.
- f) Preparación de las estaquillas para su posterior enraizamiento.
- g) Desarrollo de un sistema de aclimatación y control de calidad de estaquillas.



Con este paquete tecnológico se ha logrado alcanzar un nivel de producción clonal promedio de 80 plantas útiles/m² de minijardín clonal/cada 10 días. Esto implica una tasa de enraizamiento de la

estaquilla de un 90%, que ocurre entre 10 y 15 días, con una aceptación de un 94% en el control de calidad. El sistema permite además, mantener la producción aún durante la época seca.

2) Establecimiento de huertos semilleros de jaúl y ciprés y aumento de la colección de árboles plus

La mejor fuente semillera que debe aspirar el sistema de reforestación es hacia el huerto semillero (fuente certificada o seleccionada A, Oficina Nac. de Semillas). Después de un esfuerzo de nuestro proyecto se logró rescatar parte de los ensayos de progenie establecidos por el Prog. De mejoramiento genético forestal del CATIE, desde inicios de los años 90 en finca La Reunión, Santa Cruz de Turrialba. Estos ensayos fueron abandonados hace ya más de 8 años y la información precisa de la progenie de cada árbol plus no fue posible de determinar en el campo. Sin embargo, estos ensayos fueron establecidos con semilla de más de 40 árboles plus y semilleros (en el caso de jaúl), que implica una base genética suficiente. Se realizaron las evaluaciones, se marcaron los mejores 15-20 árboles (plus) y se procedió a eliminar la mayor parte de los individuos en pie (80% de intensidad de raleo), con el fin de mejorar su calidad fenotípica.

En el caso del jaúl, por no estar completamente aislado el huerto semillero de rodales naturales, se cataloga esta fuente semillera como Seleccionada A. Sus 2,5 ha y cantidad de individuos en pie, son suficientes como para abastecer de semilla de muy buena calidad a la totalidad de la demanda para esta especie en el país. Esta fuente ya ha sido recolectada por el Programa de Recuperación de la cuenca del Virilla, que es el proyecto actual de mayor importancia en las zonas altas del país.

En el caso del ciprés, se cataloga como huerto semillero comprobado o certificado. Sus 3 ha y cantidad de árboles en pie, son suficientes como para abastecer toda la demanda nacional de esta especie. El raleo ya fue marcado pero aún no efectuado.

En ambos casos, si se desea aumentar la ganancia genética, se recomienda recolectar semilla únicamente de los 15-20 árboles plus marcados en el terreno. Con estos dos huertos semilleros se logra alcanzar un muy buen nivel en mejoramiento genético para estas dos especies, las más importantes en la actualidad en las zonas altas del país.

Con estas nuevas selecciones, para el jaúl se sobrepasa ya de 50 los árboles plus seleccionados. De igual manera se logra alcanzar los 50 árboles plus de ciprés debidamente seleccionados.

3) Desarrollo y consolidación de GENFORES: su impacto en el programa de mejoramiento genético de especies de zonas altas

Como se ha mencionado en numerosas oportunidades, el desarrollo científico-tecnológico se magnifica en la medida en que se logre establecer una verdadera vinculación Academia - Sector Productivo. Desde un inicio del proyecto se buscó crear las condiciones para que naciera un modelo de vinculación forestal similar al ya existente en otros países (Chile y Brasil en América Latina), denominados cooperativas de mejoramiento genético. La experiencia de vinculación desarrollada en Costa Rica con GENFORES ha sido ampliamente divulgada a nivel nacional e internacional (Murillo *et al.*, 2003a; Murillo *et al.*, 2003b; Gutiérrez *et al.*, 2003; Murillo *et al.*, 2004). A la fecha GENFORES logra aglutinar a 11 organizaciones miembro y avanza aceleradamente en sus programas de mejoramiento genético y silvicultura clonal.

Cuadro 2 Organizaciones miembro de GENFORES, región geográfica de influencia y especies de interés

Organización	Región geográfica de influencia	Especies forestales que desarrollan
ITCR, Escuela de Ing. Forestal	Zonas altas y zona norte	Jaúl, ciprés, pino patula, tirrá, pilón, cebo, teca.
Fundación para el Des. de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR)	Area de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC)	Jaúl, ciprés, pino patula, tirrá (<i>Ulmus mexicana</i>), pilón, cebo (<i>Vochysia guatemalensis</i>), teca.
Centro Agrícola Cantonal de Hojanca (CACH)	Península de Nicoya, Guanacaste	Teca y melina
Corporación Coopeagri R.L.	Pérez Zeledón, Buenos Aires, Coto Brus, Osa, Golfito, Corredores (Zona sur)	Melina, amarillón (<i>Terminalia amazonia</i>), pino caribaea y cedro.
ECODirecta	Los Chiles y San Carlos (Zona norte)	Teca, <i>Acacia mangium</i> , especies nativas
EXPOMADERAS	Los Chiles, San Carlos, Upala (Zona norte)	Teca
Ganadera BASA S.A:	San Carlos y Parrita	Teca y <i>Acacia mangium</i>
Plywood Costarricense S.A.	Zona norte, Guanacaste, parte del caribe y zona sur	Melina, cebo y gallinazo
Panamerican Woods	Nandayure, Guanacaste	Teca
BARCA S.A.	Pacífico central y sur	Teca, especies nativas (pilón, cocobolo, amarillón, otros).
EARTH (en proceso de ingreso)	Guácimo, Limón (caribe)	Melina, amarillón, pilón, cebo, almendro
Compañía Nacional de Fuerza y Luz (en proceso de ingreso)	Cuenca del río Virilla, zonas altas y medias del Valle Central	Jaúl, ciprés, pino, eucalipto y otras nativas (tirrá, cedro, etc)

En forma global, el programa de teca alcanza cerca de 350 árboles plus, el de melina se acerca a los 200 árboles. Las especies nativas en forma colectiva, reúnen más de 300 árboles plus, donde sobresale el jaúl (> de 50) y el amarillón (40). El programa para especies de zonas altas es aún sumamente débil, debido a la inexistencia de programas importantes de reforestación en estas zonas. La Compañía Nacional de Fuerza y Luz ha manifestado en los últimos 3 años, su interés en adherirse a GENFORES, sin poderlo lograr debido a trabas legales internas. Esta organización es importante debido a que son los que desarrollan el Programa de reforestación más importante del país en las zonas altas. A pesar de que aún no son miembros activos, formales, se colabora ampliamente con ellos y se han logrado avances significativos en el Programa de jaúl y ciprés.

Debido a la importancia del tema de GENOFRES y su modelo de vinculación, se formuló una iniciativa de investigación ante la VIE, con el objetivo de alcanzar metas de consolidación y mayor dinamismo. Esta iniciativa fue aprobada y financiada hasta el 2006 por parte de la VIE (desde julio del 2003 hasta junio del 2006). Finalmente, se presentó un nuevo proyecto de investigación ante la VIE, denominado **"Desarrollo del programa de mejoramiento genético forestal de GENFORES"**, aprobado para el periodo enero del 2005 hasta diciembre del 2007. Cuyo objetivo principal es continuidad y consolidación del mismo modelo de vinculación. Por lo tanto, se estima que este objetivo fue ampliamente cumplido y aún más, asegurada su continuidad en el mediano plazo a través de nuevas iniciativas y proyectos de investigación.

4) Continuidad en la evaluación de especies de altura mediante ensayos de progenie

El Programa ha logrado continuar midiendo y evaluando el 60% de los ensayos de comprobación /progenie de las zonas altas. Los ensayos que se han perdido o sustituido se debe principalmente a que se ha vendido la propiedad a terceros, o a que los dueños han permitido el ingreso de ganado, causando severos daños. Los ensayos que se catalogan aún como activos son los que aparecen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Sitios establecidos con ensayos de evaluación y progenie de especies de altura por cada zona de vida, en las zonas altas de Costa Rica

Zona de Vida	N° Bloques	Finca
Bmh-MB	2	Cascajal, Coronado
	1	Poás, Alajuela
	1	Roble, Sta. Bárbara, Heredia
	1	San Jerónimo, Moravia
Bp - MB	1	San Isidro, Heredia
Bp- P	3	Cariblanco, Heredia
	1	Colonia Virgen del Socorro, Heredia
Bp- M	2	División, Pérez Zeledón
Total	12	8 sitios

Bmh-MB: Bosque muy húmedo Montano Bajo; Bp-MB: Bosque pluvial Montano Bajo; Bp-p : Bosque pluvial premontano; Bp-M : Bosque pluvial Montano.

El conjunto de ensayos de progenie establecidos superó los 125 en 5 zonas de vida, 3 provincias de humedad y desde los 1000 metros hasta los 2650m de altitud con 9 especies forestales: 20 familias de pino radiata (en 14 ensayos o repeticiones), 20 familias de pino patula (18 ensayos), 20 familias de jaúl (14 ensayos), 30 familias de ciprés (12 ensayos), 20 familias de *Eucalyptus globulus* (15 ensayos), 38 familias de lloró (12 ensayos), 20 familias de roble (15 ensayos), 30 familias de cedro dulce (14 ensayos) y 20 familias de turrá (12 ensayos). En la actualidad permanece un 60% de los ensayos, distribuidos en 4 zonas de vida, 12 bloques.

En próximas mediciones se podrá ya a proceder a marcar un raleo, para convertirlos en pequeños huerto semilleros. En el caso del ciprés y el pino patula, se pudo observar la presencia de conos. Otra de las actividades que pueden realizarse en las próximas visitas es a proceder a seleccionar a los mejores individuos de las mejores familias. Este material, dependiendo de la especie, se podrá talar o coleccionar su semilla, para continuar con el trabajo de mejoramiento genético y clonación.

Importante de señalar es que la continuidad de estos ensayos se encuentra asegurada con el trabajo que se realiza actualmente en el proyecto nuevo de investigación "Desarrollo del programa de mejoramiento genético forestal de GENFORES", debidamente inscrito ante la VIE, con un financiamiento hasta diciembre del 2007.

5. Elaboración de una consultoría para el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO, MINAE) del 2003 al 2004 y primer versión de una Zonificación Semillera para el país:

A pesar de que el trabajo tuvo un carácter nacional, incluyó también y directamente, todas las pequeñas fuentes semilleras establecidas a la fecha por este proyecto de investigación. Por lo tanto, se decide incluir en este informe, como uno de los productos concretos del proyecto, no contemplado en los objetivos iniciales.

El trabajo consistió en identificar, registrar y revisar el estado actual de todas las posibles fuentes semilleras de material mejorado existentes en el país. Se realizó además un censo de los viveros comerciales más importantes del país y se logró establecer una aproximación sobre la oferta y demanda de material mejorado para la reforestación en Costa Rica. El trabajo incluyó recomendaciones específicas para el desarrollo o mejoramiento de estas fuentes semilleras.

Paralelo a este trabajo, se logró realizar una primera versión de Zonificación Semillera o también denominado como Zonas de Mejoramiento, utilizando software propio de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los criterios de zonificación empleados fueron: Piso altitudinal y provincias de humedad (tomados del trabajo de Herrera y Gómez), combinado con meses secos continuos (< 50 mm/mes). Se excluyeron aquellas unidades muy pequeñas o ubicadas en zonas de conocida imposibilidad de establecer plantaciones (sitios marginales como aquellos bajo regímenes pluviales) o por ubicarse dentro de áreas protegidas. El mapa existente en su primera versión fue incluido en la última edición del Atlas Digital de Costa Rica (Ortiz, Escuela de Ing. Forestal del ITCR), de reciente publicación.

6. Publicaciones científicas, elaboración de manuales técnicos y presentación de ponencias en eventos, relacionados con el cumplimiento de los objetivos específico 1 y 3:

Tal y como se explicó anteriormente, estos dos objetivos son los de mayor relevancia y peso dentro de este proyecto de investigación. Por tal razón, podrá observarse, la cantidad de publicaciones, ponencias y demás tipo de documentos elaborados, en relación directa o indirecta con estos dos objetivos específicos del proyecto.

1. Badilla, Y.; Murillo, O. & Obando, G. 2002. Efecto de la zona de vida y la altitud en la mortalidad y adaptabilidad al primer año de especies forestales en la Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* **26(1)**: 7-15.
2. Murillo, O.; Badilla, Y. & Obando, G. 2002. Posibilidades de reforestación con especies nativas en las zonas altas de Costa Rica. En: Seminario Nacional sobre Especies Nativas. 3-5 de abril, 2002. Universidad Nacional, INISEFOR. Heredia, Costa Rica..
3. Murillo, O.; Badilla, Y. & Obando, G. 2002. Estrategia de mejoramiento genético de *Eucalyptus globulus* en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* **15(4)**: 33-40

4. Chiari, R.; Monge, A.; Murillo, O. & Quirós, S. 2003. Variación del rendimiento en aserrío según la posición de la troza en el árbol, en plantaciones de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) Cartago, Costa Rica. Kurú
5. Badilla, Y.; Murillo, O.; Azofeifa, M. & Obando, G. 2003. Avances en Reforestación Clonal en Costa Rica. En: IV Congreso Forestal Centroamericano. Panamá, Panamá. Febrero 2003.
6. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Azofeifa, M. 2003. Creación de GENFORES, una Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal en Costa Rica. En: IV Congreso Forestal Centroamericano. Panamá, Panamá. Febrero 2003.
7. Murillo, O. 2002. Aplicaciones de la Biotecnología en el Manejo y Conservación de Recursos Forestales. En: Biotecnología y educación en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara, San Carlos, Alajuela. Costa Rica.
8. Murillo, O.; Meza, A. & Cabrera, J.M. 2003. ¿Cuánto vale una plantación en pie?. En: I Jornadas de Reforestación en Costa Rica. 19-20 de Junio del 2003. San José, Costa Rica.
9. Murillo, J. 2003. QFORES -Aplicación telemática utilizando agendas personales "Handheld" o PDAs, para el registro de información de campo, creación de bases de datos y su análisis: aplicaciones en la evaluación de calidad de plantaciones forestales. En: I Jornadas de reforestación. 19-20 de junio del 2003. San José, Costa Rica.
10. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Azofeifa, M. 2003. Creación de GENFORES, una cooperativa de mejoramiento genético forestal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
11. Badilla, Y.; Murillo, O.; Azofeifa, M. & Obando, G. 2003. Avances en Reforestación Clonal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
12. Murillo, J. & Murillo, O. 2003. Dendrosoft software para el inventario forestal, determinación de la calidad y del avalúo de plantaciones forestales, utilizando la tecnología móvil de Agendas Personales "PDAs". En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
13. Murillo, O. 2003. Estado del desarrollo de la evaluación y control de calidad de plantaciones forestales en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
14. Murillo, O.; Meza, A. & Cabrera, J. M. 2003. Metodología para la determinación del valor real en pie y valor de mercado en pie de la plantación forestal. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
15. Gutiérrez, B., Quintero, P., Nieto, V. & Murillo, O. 2003. Enfoques cooperativos para el mejoramiento genético y la conservación de recursos genéticos forestales en Chile, Colombia y Costa Rica. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* **12(3)**: 111 - 122.
16. Araya, E.; Murillo, O. & Rocha, O. 2003. Mejoramiento genético forestal asistido por marcadores genéticos. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
17. Murillo, O. & Badilla, Y. 2003. Propagación vegetativa de la teca en Costa Rica. En: Simposio sobre la teca. 26-28 noviembre del 2003. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
18. Murillo, O. Manejo *ex situ* de poblaciones de conservación genética forestal. 2004. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de base y reproducción". Antigua, Guatemala, 21 al 25 de junio. Agencia Española de Cooperación Internacional.

19. Murillo, Olman. 2004. Hacia el cultivo de madera en Costa Rica. En: Congreso Suelos Forestales. Octubre. 11-13. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia. 19 p.
20. Murillo, Olman. 2004. Componente Genético como base del éxito de la plantación. Conceptos genéticos aplicables a la silvicultura clonal. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.
21. Murillo, Olman. 2004. Propagación vegetativa y jardines clonales en latifoliadas, concepto y desarrollo. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.
22. Murillo, Olman. 2004. Principios de silvicultura clonal. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.
23. Murillo, Olman, Obando, German, Badilla, Yorlenny and Araya, Emanuel. 2004. GENFORES, a Costa Rican tree improvement and gene conservation cooperative. En: IUFRO Meeting. Forest Genetics and Genomics. 1 - 5 de noviembre. Charleston, South Carolina, USA.
24. Murillo, Olman, Meza, Alejandro y Cabrera, Jose Manuel. 2004. Estimación del valor real y del valor de mercado en pie de la plantación forestal. *Agronomía Costarricense* **28(1)**: 47-55.
25. Murillo, O. 2004. Selecting populations for gene conservation purposes in forestry: a study case with *Alnus acuminata* in Costa Rica and Panama. Aceptado. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* **14(1)**: 27-35
26. Sánchez, Silvia y Murillo, Olman. 2004. Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: estudio de caso con ciprés (*Cupressus lusitanica*). *Agronomía Costarricense* **28(2)**: 95-106.
27. Murillo, O.; Rojas, J. L. & Badilla, Y. 2003. 2da edición. **Reforestación Clonal**. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 36 p.
28. Murillo, O.; Badilla, Y. & Gallegos, A. 2003. **Calidad en el Establecimiento de Plantaciones Forestales**. Manual. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 36 p.
29. Murillo, Olman y Badilla, Yorlenny. 2004. **Calidad y valoración de plantaciones forestales**. Manual. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 51 p.
30. Murillo, O. & Badilla, Y. 2005. **¿Qué es mejoramiento genético forestal?**. Manual. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 14 p.

Cuadro 4: Objetivo específico 2: Desarrollar un programa de conservación genética de las poblaciones de especies nativas de mayor importancia de las zonas altas de Costa Rica, con el fin de sustentar actividades de producción forestal a largo plazo. Descripción del grado de cumplimiento, de los cambios y adecuaciones efectuadas, enumeración de los logros y productos obtenidos, y mención de las observaciones o recomendaciones.

Grado de cumplimiento	Cambios y/o adecuaciones efectuadas	Logros y productos obtenidos	Observaciones, recomendaciones
80 %	<p>1) Se seleccionaron 20 árboles plus adicionales de jaúl en el ensayo de progenie convertido a huerto semillero, situado en finca La Reunión, Santa Cruz, de Turrialba.</p> <p>2) Se seleccionaron 20 árboles plus adicionales de ciprés, dentro del ensayo de progenie que será convertido a huerto semillero, situado en finca La Reunión, Santa Cruz, de Turrialba.</p> <p>3) Se establecieron 2 huertos semilleros nuevos, de jaúl y ciprés, como nuevas fuentes semilleras de estas dos especies.</p>	<p>1) El proyecto de restauración de la cuenca del Virilla (Compañía Nac. de Fuerza y Luz), inició la recolección de semilla de los nuevos árboles plus seleccionados y del Huerto Semillero en general (Sta. Cruz de Turrialba).</p> <p>2) Se germinó de nuevo una colección de 20 árboles plus de cada especie <i>Pinus patula</i>, <i>Cupressus lusitanica</i> y <i>Eucalyptus globulus</i>, con el fin de establecer nuevos ensayos de progenie y pequeños bancos de germoplasma vegetativos, estrategia conocida como amplificación familiar.</p> <p>3) Se establecieron 2 nuevos huertos semilleros (jaúl y ciprés), con lo que se suman a las unidades de conservación establecidas en la primera fase del proyecto.</p> <p>4) Se propone un nuevo método para elegir la(s) población(es) idoneas para ser declaradas como unidades de conservación genética. El método fue ya debidamente publicado en la revista forestal española (Murillo, 2004).</p> <p>5) Publicación o divulgación de 20 trabajos relacionados al tema.</p>	<p>Se considera un logro de un 80% en este objetivo, dado que en esta fase no se aumentó significativamente la cantidad de nuevas fuentes semilleras o unidades de conservación genética. Sin embargo, deber recordarse, que durante la primera fase del proyecto, la gran cantidad de áreas de conservación y ensayos genéticos, sobrepasó ampliamente los objetivos y metas planteadas para esa fase.</p>

1. Recolección de semilla de árboles y huertos semilleros

El Programa ha logrado continuar colectando semilla del mayor número posible de árboles semilleros de la especie jaúl. Dado que se logró establecer el nuevo huerto semillero de jaúl (Sta. Cruz de Turrialba), el Programa de Restauración de la cuenca del río Virilla (Comp. Nac. de Fuerza y Luz) inició sus colectas de semilla de esta nueva fuente semillera. Parte de las colectas se mantiene separada por árbol, con el fin de continuar estableciendo nuevas fuentes semilleras o unidades de conservación genética.

2. Amplificación familiar como parte de una estrategia de ampliación de la base genética del Programa.

Como parte de la estrategia de mejoramiento genético con las especies del Programa, se dio inicio a la amplificación familiar de aquellas especies que presentan alta dificultad para ser propagadas vegetativamente en forma masiva. Aquí se ubican casi todas las especies importantes de las zonas altas, excepto el tirrá (*Ulmus mexicana*). La amplificación familiar puede también verse como una actividad de ampliación de la base genética de un Programa y por tanto, cumplir objetivos de conservación genética. Este trabajo consiste en propagar al menos 8-10 plántulas vigorosas y de buen porte dentro de cada una de las mejores familias por especie. Esto implica que si se tienen 20 familias en cada especie, se tendrá entonces unos 150-200 clones por especie, como base comercial de reforestación. Este trabajo se retomó recientemente con las especies *Pino patula*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus globulus* y jaúl, con 20 árboles plus en cada caso. Los árboles de jaúl están siendo propagados en los viveros de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, en Coronado, San José.

3. Establecimiento de 2 nuevos huertos semilleros de jaúl y ciprés.

Debe recordarse que estas dos especies son actualmente las de mayor importancia en reforestación para las zonas altas del país. En ambos casos, los huertos semilleros se originaron a partir de antiguos ensayos de progenie establecidos por el Prog. De mejoramiento genético del CATIE, a inicios de los años 90. Ambos ensayos están localizados en finca La Reunión, Santa Cruz de Turrialba. En ambos ensayos se plantó semilla proveniente de aproximadamente 45 árboles plus (y árboles semilleros también en el caso del jaúl), procedentes de distintas regiones geográficas del país, en una superficie estimada de 2,5 ha (jaúl) y 3 ha de ciprés. Estos ensayos se descontinuaron hace aproximadamente 8 años y a través del dueño de la propiedad, se logró retomarlos y aprovechar al máximo el material existente. Se procedió a

marcar y eliminar aproximadamente un 75-80% de los individuos en pie. En cada caso quedaron en pie no menos de 200 individuos.

Dada la amplia base genética inicial, estas dos fuentes semilleras son de gran valor desde el punto de vista de conservación genética. Una vez realizado estos raleos, se logró mejorar sustancialmente su calidad, la entrada de luz y disminuir el riesgo de plagas, dado al alto estrés en que se encontraban por la falta de manejo. Se espera entonces, que estos dos huertos semilleros cumplan su rol, no solo como proveedores de semilla mejorada, sino también como pequeñas unidades de conservación ex situ para estas dos importantes especies.

4. Nuevas propuestas de investigación y seguimiento del trabajo iniciado.

Una nueva propuesta específicamente sobre el tema de conservación de recursos genéticos forestales fue elaborada. Se participó también, activamente, en los dos últimos talleres iberoamericanos sobre formación de capacitadores en conservación de recursos genéticos forestales, auspiciado por la Cooperación Española. Estos eventos fueron celebrados en Cartagena de Indias, Colombia (2003) y en Antigua, Guatemala (2004), donde se participó con varios resultados de investigación.

Como resultado de estos esfuerzos, se elaboró una propuesta de investigación que se está enviando a la VIE y a la búsqueda de recursos externos. Esta propuesta buscará desarrollar toda una estrategia sostenible de conservación de especies amenazadas o de alto valor comercial. Sin embargo, esta propuesta no continuará en una primer etapa, con las especies de las zonas altas del país, sino la prioridad será la zona norte.

Pero el trabajo con las especies de las zonas altas si continuará a través de la nuevo proyecto de investigación que versa sobre el "Desarrollo del programa de mejoramiento genético de GENFORES". En este proyecto si se contemplan acciones de seguimiento, en particular al establecimiento de nuevos ensayos de progenie y de evaluación de material seleccionado, que serán también, pequeñas unidades de conservación ex situ.

5. Publicaciones relacionadas con el cumplimiento del objetivo específico 2: Desarrollar un programa de conservación genética de las poblaciones de especies nativas de mayor importancia de las zonas altas de Costa Rica, con el fin de sustentar actividades de producción forestal a largo plazo.

1. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Sánchez, S. 2001. Perspectivas de la reforestación en las zonas altas de Costa Rica. *Biocenosis* (UNED) **15 (1-2)**: 66-71.
2. Murillo, O.; Badilla, Y. & Obando, G. 2002. Posibilidades de reforestación con especies nativas en las zonas altas de Costa Rica. En: Seminario Nacional sobre Especies Nativas. 35 de abril, 2002. Universidad Nacional, INISEFOR. Heredia, Costa Rica..
3. Murillo, O.; Badilla, Y. & Obando, G. . 2002. Estrategia de mejoramiento genético de *Eucalyptus globulus* en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*.
4. Badilla, Y.; Murillo, O. & Obando, G. 2002. Efecto de la zona de vida y la altitud en la mortalidad y adaptabilidad al primer año de especies forestales en la Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*.
5. Badilla, Y.; Murillo, O.; Azofeifa, M. & Obando, G. 2003. Avances en Reforestación Clonal en Costa Rica. En: IV Congreso Forestal Centroamericano. Panamá, Panamá. Febrero 2003.
6. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Azofeifa, M. 2003. Creación de GENFORES, una Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal en Costa Rica. En: IV Congreso Forestal Centroamericano. Panamá, Panamá. Febrero 2003.
7. Murillo, O. 2002. Aplicaciones de la Biotecnología en el Manejo y Conservación de Recursos Forestales. En: Biotecnología y educación en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara, San Carlos, Alajuela. Costa Rica.
8. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Azofeifa, M. 2003. Creación de GENFORES, una cooperativa de mejoramiento genético forestal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
9. Badilla, Y.; Murillo, O.; Azofeifa, M. & Obando, G. 2003. Avances en Reforestación Clonal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
10. Araya, E.; Murillo, O. & Rocha, O. 2003. Mejoramiento Genético Forestal Asistido Por Marcadores Genéticos. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de Setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
11. Gutiérrez, B., Quintero, P., Nieto, V. & Murillo, O. 2003. Enfoques cooperativos para el mejoramiento genético y la conservación de recursos genéticos forestales en Chile, Colombia y Costa Rica. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* **12(3)**: 111 - 122.
12. Murillo, O. 2003. Cooperativa de mejoramiento genético GENFORES. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de base y reproducción". Cartagena, Colombia, 21 al 25 de febrero. Agencia Española de Cooperación Internacional.
13. Badilla, Yorlenny & Murillo, O. 2003. Jardines clonales como unidades de conservación *ex situ*. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de base y reproducción". Cartagena, Colombia, 21 al 25 de febrero. Agencia Española de Cooperación Internacional.
14. Murillo, O. 2003. Conservación de recursos genéticos como un Servicio Ambiental en Costa Rica. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de

base y reproducción". Cartagena, Colombia, 21 al 25 de febrero. Agencia Española de Cooperación Internacional.

15. Murillo, Olman. 2004. Manejo ex situ de poblaciones de conservación genética forestal. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de base y reproducción". Antigua, Guatemala, 21 al 25 de junio. Agencia Española de Cooperación Internacional.

16. Badilla, Yorlenny & Murillo, Olman. 2004. La Conservación de Recursos Genéticos y el Mejoramiento Genético: El Caso de GenFores, Costa Rica. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de base y reproducción". Antigua, Guatemala, 21 al 25 de junio. Agencia Española de Cooperación Internacional.

17. Murillo, Olman. 2004. Componente Genético como base del éxito de la plantación. Conceptos genéticos aplicables a la silvicultura clonal. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.

18. Murillo, Olman. 2004. Propagación vegetativa y jardines clonales en latifoliadas, concepto y desarrollo. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.

19. Murillo, Olman, Obando, German, Badilla, Yorlenny and Araya, Emanuel. 2004. GENFORES, a Costa Rican tree improvement and gene conservation cooperative. En: IUFRO Meeting. Forest Genetics and Genomics. 1 - 5 de noviembre. Charleston, South Carolina, USA.

20. Murillo, O. 2004. Selecting populations for gene conservation purposes in forestry: a study case with *Alnus acuminata* in Costa Rica and Panama. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. **14(1)**: 27-35.

Cuadro 5: Objetivo específico 4: Determinar la variabilidad genética de las poblaciones de las especies incluidas en el Programa
 Descripción del grado de cumplimiento, de los cambios y adecuaciones efectuadas, enumeración de los logros y productos obtenidos, y mención de las observaciones o recomendaciones.

Grado de cumplimiento	Cambios y/o adecuaciones efectuadas	Logros y productos obtenidos	Observaciones, recomendaciones
70 %	1) Consecución de amplio financiamiento para el desarrollo de esta área (CRUSA) 2) Consecución de equipo, capacitación de personal, desarrollo de técnicas de trabajo en nuestras condiciones.	1) Fortalecimiento y equipamiento del laboratorio de biología molecular en el CIB, compartido con biólogos. 3) Se ha entrenado a estudiantes de Ing. Forestal e Ing. Biotecnología en el uso de la técnica de isoenzimas y otros marcadores genéticos. Se ha cooperado con profesores de biología en la interpretación de análisis de datos de electroforesis. Se incorporó una práctica de electroforesis y marcadores genéticos en el curso optativo de Mejoramiento Genético Forestal. 4) Se consiguió un amplio financiamiento para esta área (US \$ 200 000 para 3 años), que ha permitido la capacitación de personal, compra de equipo y reactivos. 5) Se han mejorado protocolos de isoenzimas y se han adaptado protocolos de AFLP's a varias especies del proyecto. 6) Se publicaron 2 trabajos relacionados con este objetivo.	1) Se considera un cumplimiento de un 70% debido a que se tuvo muchas dificultades al inicio con el establecimiento del laboratorio de genética molecular en el CIB. Sin embargo, una vez que inició el proyecto financiado por CRUSA (febrero del 2003), las condiciones mejoraron radicalmente. Debe recordarse que este tipo de proyectos requieren de una inversión inicial muy alta, que puede lograrse únicamente a través de un buen financiamiento, como en este caso con CRUSA. 2) En este tipo de proyectos, los resultados adquieren un plazo un tanto más largo, debido principalmente a que el primer paso es adaptar el protocolo de laboratorio para la especie de interés. En forma simultánea se busca la capacitación del personal técnico; y hasta después de estas etapas, es que verdaderamente se inicia con el trabajo de laboratorio, en una rutina de análisis de poblaciones de mejoramiento. En estos momentos, el proyecto se encuentra en la fase de análisis de rutina de las poblaciones de mejoramiento y conservación, de cada uno de los miembros de GENFORES. Por lo tanto, los resultados de estos análisis serán publicados posiblemente, en la segunda mitad de este mismo año y en los años siguientes. Esto explica en parte, la baja producción en relación con los restantes objetivos específicos descritos.

1). Establecimiento, equipamiento y funcionamiento a largo plazo del laboratorio de biología molecular en el CIB, compartido con biólogos.

A partir de febrero del 2003, se logra la aprobación del proyecto de marcadores genéticos forestales, con la Fundación CRUSA, por un monto de US \$ 200 000, a utilizarse en 3 años. Este proyecto suplanta entonces todas las acciones realizadas con anterioridad para este objetivo específico. Debe recordarse las grandes dificultades y limitaciones que se tuvo al inicio del proyecto, para poder realizar un trabajo satisfactorio en el laboratorio de genética molecular. Este tipo de proyectos requiere de aproximadamente \$ 5000/año en reactivos, asumiendo que se cuenta ya con el equipo correcto. Como era de esperar al iniciar con un Laboratorio, el primer año de trabajo fue básicamente para adecuar equipo, amueblar, equipar, y entrenar a estudiantes de práctica y al Ingeniero Emanuel Araya como asistente del Programa. Las unidades de electroforesis fueron diseñadas de menor tamaño a las convencionales y construidas en el país, lo cual contribuyó a disminuir los costos de la fase de capacitación en el trabajo con isoenzimas.

La continuidad de trabajo con este objetivo no está sin embargo, asegurada, dado lo caro de la actividad. Se espera continuar logrando fondos de financiamiento para que el este laboratorio continúe produciendo información científica, continúe desarrollando herramientas y aplicaciones en beneficio de los programas de conservación y mejoramiento genético.

2) Entrenamiento de estudiantes de las carreras de Ing. Forestal y de Biotecnología en la técnica de electroforesis, AFLP's y otros marcadores.

Con el desarrollo y puesta en práctica del Laboratorio de Biología Molecular, se ha tenido una intensa participación en el adiestramiento y capacitación de docentes y estudiantes, de las carreras de Ingeniería Forestal y de Biotecnología, en el uso e interpretación de isoenzimas, AFLP's y otros marcadores genéticos. Se puede considerar que en este sentido, el aporte de este laboratorio ha sido muy significativo y permite hoy día el desarrollo de trabajos de investigación en el campo de la genética de poblaciones. Un laboratorio sobre el uso de marcadores en mejoramiento genético forestal, se ha incluido ya como rutina dentro del curso de Mejoramiento Genético Forestal, que se imparte en forma optativa una vez al año..

3) Publicaciones relacionadas con el cumplimiento del objetivo específico 4: Determinar la variabilidad genética de las poblaciones de las especies incluidas en el Programa.

1. Araya, E.; Murillo, O. & Rocha, O. 2003. Mejoramiento genético forestal asistido por marcadores genéticos. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.

2. Murillo, O. 2004. Selecting populations for gene conservation purposes in forestry: a study case with *Alnus acuminata* in Costa Rica and Panama. Aceptado. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. **14(1)**: 27-35.

Reflexiones y consideraciones finales sobre los 6 años de investigación en conservación y mejoramiento genético de especies de las zonas altas del país.

Uno de los problemas que arrastra aún nuestro ITCR es la manera objetiva de cómo evaluar los proyectos de investigación, los investigadores y los centros de investigación. Hace casi 4 años, tuve la oportunidad de participar como miembro de una comisión institucional sobre este asunto, que lamentablemente fue finalmente orientada más hacia aspectos administrativos que académicos, que es como se realiza hoy día la evaluación de los proyectos e investigadores. Si se desea analizar que tan exitoso ha sido un determinado proyecto de investigación, considero que de manera ideal es conveniente revisar: a) la profundidad, b) calidad, c) cantidad, d) originalidad, e) creatividad y f) rigurosidad de los siguientes criterios:

1. Productos de la investigación.
2. Vinculación, transferencia, utilización del conocimiento generado.
3. Posibilidad de continuidad de la investigación en esa área temática.
4. Divulgación formal de los conocimientos generados.

Esta es una matriz de información, que el mismo investigador podría elaborar, como parte de su informe parcial o final de investigación. Pero desde luego, para alcanzar este ideal de evaluación, es necesario que el proyecto desde su inicio, sea concebido en esta dirección, y que el investigador sepa desde que formula su propuesta, como serán los criterios de evaluación con que será revisado.

A manera de ejercicio, me he permitido entonces tratar de resumir estos 6 años en una matriz de información como la que acabo de sugerir, a fin de que sirva como un aporte más al mejoramiento del quehacer investigativo en nuestra Institución, y por supuesto, facilitarle la difícil labor a las personas que se designen como revisores.

Principales Productos de la Investigación	¿En qué grado se logra que los conocimientos sean utilizados por la población meta?: vinculación, transferencia, capacitación, utilización de los conocimientos	Posibilidad de continuidad de	Divulgación formal de los conocimientos
<p>1. Establecimiento, mantenimiento y medición de 20 ha de ensayos de progenie con 9 especies en 5 zonas de vida, que alcanzan algunos 5 años de edad.</p> <p>2. Desarrollo de un paquete tecnológico de clonación de especies forestales, basado en minijardines clonales hidropónicos, que incluye: diseño de invernaderos, túneles de producción, silvicultura de jardines clonales, integrados en un Manual editado 2 veces.</p> <p>3. Establecimiento de huertos semilleros de jaúl y ciprés, suficientes para abastecer 100% demanda nacional.</p> <p>4. Zonificación semillera del país.</p> <p>5. Desarrollo de metodología de control de calidad de plantas en vivero.</p>	<p>1. Se desarrollaron 4 cursos/capacitaciones, 2 días de campo en el sector forestal costarricense.</p> <p>2. Se desarrollaron 9 prácticas de especialidad de Ing. Forestal y Biotecnología del ITCR.</p> <p>3. Creación y consolidación de GENFORES, hoy día con 11 miembros activos. Este es un modelo de vinculación Academia - Sector Productivo, que alcanza ya los 4 años de funcionamiento. Garantiza la vinculación y utilización de toda la tecnología producida.</p> <p>4. Publicación de 4 manuales técnicos, uno con dos ediciones.</p> <p>5. Publicación de artículos científicos y ponencias en congresos y otros.</p> <p>6. Inclusión de nuevos laboratorios en los cursos de mejoramiento genético y evaluación de plantaciones forestales.</p> <p>7. Desarrollo de protocolos de enraizamiento y clonación de ciprés, jaúl y tirrá.</p>	<p>1. Muy altas debido a que se ha logrado financiar 2 nuevos proyectos de investigación (CRUSA con US \$ 200 000 para 3 años, sobre desarrollo de marcadores genéticos) y Programa de mejoramiento genético de GENFORES (3 años con fondos VIE y de los 11 miembros de GENFORES).</p> <p>2. Existe una nueva propuesta de proyecto sobre el tema de conservación de recursos genéticos, que se espera logre conseguir financiamiento externo.</p>	<p>1. Publicación formal de 4 manuales técnicos (uno de ellos editado 2 veces).</p> <p>2. Publicación de 18 artículos científicos.</p> <p>3. Publicación de 43 notas técnicas y ponencias en congresos nacionales e internacionales.</p> <p>4. Reportajes y publicaciones en medios informativos, periódicos nacionales:</p> <p>a. Clonación de bosques. Portada del suplemento VIVA de La Nación, 14 octubre del 2002.</p> <p>b. Mejoramiento genético y Reforestación clonal. Publicado en el boletín del Colegio de Ing. Agrónomos "Germinar", del mes de setiembre del 2002.</p>

	<p>9. Desarrollo de una metodología de control de calidad en viveros forestales</p> <p>10. Invitado como profesor/investigador a dictar cursos sobre forestación clonal y sobre evaluación de la calidad de plantaciones en la Universidad de Guadalajara, México. (julio 2002).</p> <p>11. Invitado como investigador/instructor a participar en simposio sobre desarrollo forestal clonal. Bogotá, Colombia, agosto 2004.</p>		<p>c. <i>Genética Forestal</i>. Suplemento de FUNDATEC, domingo octubre, 2002.</p> <p>d. ¡Cultivemos la madera!. Transferencia de tecnología. ITCR/FUNDATEC, No. 53, año 11, abril/mayo 2002.</p> <p>e. Bosques Clonados. Al Día. 21 julio, 2003. pág 2.</p>
--	---	--	--

Trabajos científicos publicados en la I etapa del proyecto (1999 - 2001)

1. Murillo, O. 1998. Variación en parámetros de germinación de una población natural de *Alnus acuminata* de Guatemala e implicaciones para los lotes de semilla mezclada. *Boletín de Semillas y Mejoramiento Genético Forestal*. (CATIE, Costa Rica) **19**: 4-8.
2. Badilla, Y.; Murillo, O.; Hidalgo, N.; Sánchez, S. & Obando, G. 1999. Programa de Mejoramiento y Conservación Genética de Especies Forestales de Altura de Costa Rica. *Kurú* N° **27**:12-27.
3. Badilla, Y.; Murillo, O.; Hidalgo, N.; Sánchez, S. & Obando, G. 1999. Programa de Mejoramiento y Conservación Genética de Especies Forestales. En: IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. 19-23 de julio, 1999. San José, Costa Rica.
4. Badilla, Y., & Murillo, O. 1999. Efecto del aislamiento en la calidad de la semilla de jaúl (*Alnus acuminata*). En: II Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. 18-22 de octubre, 1999. Santo Domingo, República Dominicana. 141-144 p.
5. Badilla, Y.; Murillo, O.; Hidalgo, N.; Sánchez, S. & Obando, G. 1999. Programa de Mejoramiento y Conservación Genética de Especies Forestales de altura de Costa Rica. En: II Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. 18-22 de octubre, 1999. Santo Domingo, República Dominicana. 91-96 p.
6. Olivas, P. & Murillo, O. 1999. Efecto de la ubicación del fruto sobre las características de la semilla de *Cupressus lusitánica*. En: II Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. 18-22 de octubre, 1999. Santo Domingo, República Dominicana. 151-155 p.
7. Sánchez, S. & Murillo, O. 1999. Ensayos de propagación vegetativa en ciprés (*Cupressus lusitánica*, Mill). En: IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. 19-23 de julio, 1999. San José, Costa Rica.
8. Murillo, O.; Sánchez, S.; Obando, G.; & Badilla, Y. 2000. Programa de Mejoramiento y Conservación Genética de Especies Forestales de Altura de Costa Rica. En: I Congreso de Investigación CONIVIVES. 14-16 marzo, 2000. San José, Costa Rica.
9. Sánchez, S. & Murillo, O. 2000. Potencial de reforestación clonal con ciprés. *Rev. Forestal Centroamericana*. N° **32**: 30-33.
10. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Sánchez, S. 2000. Perspectivas de la reforestación en las zonas altas de Costa Rica. En: IV Congreso Forestal Centroamericano. 15-17 de noviembre, 2000. Montelimar, Managua, Nicaragua.
11. Murillo, O.; Badilla, Y. & Obando, G. 2001. Estrategia de introducción y mejoramiento genético de *Eucalyptus globulus* en Costa Rica. En: Simposio Internacional IUFRO sobre *Eucalyptus globulus*. 15 de setiembre, 2001. Valdivia, Chile.
12. Flores, M.; Ramírez, E. & Murillo, O. 2001. Posibilidades de detección temprana de individuos defectuosos en *Cupressus lusitánica* como complemento de mejoramiento genético. En: III Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. 8-12 de octubre, 2001. Mérida, Venezuela.
13. Murillo, O.; Rojas, J. L. & Badilla, Y. 2001. Reforestación Clonal. Taller de Publicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 32 p.
14. Murillo, O.; Badilla, Y.; & Obando, G. 2001. ¿Semillas versus propagación vegetativa: hacia dónde vamos? En: III Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. 8-12 de octubre, 2001. Mérida, Venezuela.

15. Murillo, O.; Badilla, Y.; & Obando, G. 2001. Estrategia de mejoramiento genético para el Programa de Conservación y Mejoramiento Genético de Especies Forestales del ITCR/FUNDECOR, Costa Rica. En: III Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. 8-12 de octubre, 2001. Mérida, Venezuela.
16. Murillo, O. 2001. Genotype by environment interaction and genetic gain analysis on unbalanced data of *Pinus oocarpa* provenances. *Agronomía Costarricense* **25(1)**: 21-32.
17. Badilla, Y.; Murillo, O. & Obando, G. Efecto de la zona de vida y la altitud en la mortalidad y adaptabilidad al primer año de especies forestales en la Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* **26(1)**: 7-15.
18. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Sánchez, S.. **En prensa**. Perspectivas de la reforestación en las zonas altas de Costa Rica. *Biocenosis* (UNED)
19. Murillo, O.; Badilla, Y. & Obando, G. En prensa. Estrategia de mejoramiento genético de *Eucalyptus globulus* en Costa Rica. Tecnología en Marcha.
20. Murillo, O. & Rocha, O. 1999. Gene flow and geographic variation in natural populations of *Alnus acuminata* ssp *arguta* (Fagales:Betulaceae) in Costa Rica and Panama. *Rev. Biol. Trop.*, **47(4)**: 739-7532.
21. Finkeldey, R. & Murillo, O. 1999. Contributions of subpopulations to total gene diversity. *Theoretical and Applied Genetics* **98**: 664-668.
22. Murillo, O. 1999. Relación entre el grado de heterocigocidad y características de las semillas en *Alnus acuminata*. En: II Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. 18-22 de octubre. Santo Domingo, República Dominicana. 105-108 p.
23. Murillo, O. & Finkeldey, R. 2000. Genetic diversity in natural populations of *Alnus acuminata* spp *arguta* (Schlectendal) Furlow in Costa Rica and Panama. *Forest Genetics* **7 (2)**: 121-132.
24. Murillo, O.; Quirós, S. & Badilla, Y. 1999. Variación en parámetros de germinación después de dos años de almacenamiento de *Alnus acuminata*. En: II Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. 18-22 de octubre, 1999. Santo Domingo, República Dominicana. 211-214 p.
25. Murillo, O.; Rodríguez, L.; Badilla, Y. & Obando, G. 2000. Aportes del ITCR a la conservación de recursos genéticos forestales. *Kurú* N° 28 : 4-5.
26. Murillo, O., Badilla, Yorlenny, & Obando, German. 2001. ¿Semillas versus propagación vegetativa: hacia dónde vamos?. *Revista Forestal Latinoamericana* **16 (30)**: 67-77.
27. Flores, Marcela, Ramírez, Evelyn, Orozco, Antonio & Murillo, Olman. 2001. Posibilidades de detección temprana de individuos defectuosos en *Cupressus lusitanica* como complemento de mejoramiento genético. *Revista Forestal Latinoamericana* **16 (30)**: 101-113.
28. Murillo, Olman, Obando, German, Badilla, Yorlenny & Araya, Emanuel. 2001. Estrategia de mejoramiento genético para el Programa de Conservación y Mejoramiento Genético de especies forestales del ITCR/FUNDECOR, Costa Rica. *Revista Forestal Latinoamericana* **16 (30)**: 273-285.
29. Murillo, O.; Rojas, J. L. & Badilla, Y. 2001. **Reforestación Clonal**. 1era edición. Taller de Publicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 32 p.

Prácticas de especialidad

1. Badilla, Y. 1998. Planificación e inicio de un programa de especies forestales de altura para el Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central. Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. 45 p
2. Sánchez, S. 1999. Ensayos de propagación vegetativa en ciprés (*Cupressus lusitanica*, Mill.). Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. 105 p.
3. Araya, E. 2000. Propagación in vitro del jaúl (*Alnus acuminata*). Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Biología. Ing. En Biotecnología. Cartago, Costa Rica. p.
4. Quirós, X. 2001. Variación natural en cuatro especies de roble, *Quercus* spp. en la Cordillera de Talamanca. Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. 53 p.
5. Del Valle, A. 2001. Inicio de un programa de conservación y mejoramiento genético de jaúl (*Alnus acuminata* spp arguta) en Costa Rica. Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. 56 p.
6. Rodríguez, I. 2001. Estudio de la variabilidad genética en poblaciones naturales de cedro dulce (*Cedrela tonduzii*). Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología. Programa de Ing. Biotecnología. Cartago, Costa Rica. p.
7. Badilla, R. 2001. Propagación vegetativa de tirrá *Ulmus mexicana* (Liebm) Planch con fines de reforestación clonal. Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. 74 p.
8. Castillo, Pablo. 2002. Propagación vegetativa del tirrá (*Ulmus mexicana*). Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. 56 p.
9. Maldonado, J. & Arias, E. 2002. Posibilidades de selección temprana en *Pinus patula*, *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. 2001. Práctica de especialidad. B.Sc. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ing. Forestal. Cartago, Costa Rica. 56 p.

Trabajos científicos publicados en la II etapa del proyecto (2002-2004)

1. Murillo, O.; Badilla, Y. & Obando, G. 2002. Posibilidades de reforestación con especies nativas en las zonas altas de Costa Rica. En: Seminario Nacional sobre Especies Nativas. 3-5 de abril, 2002. Universidad Nacional, INISEFOR. Heredia, Costa Rica.
2. Murillo, O.; Badilla, Y. & Obando, G. 2002. Estrategia de mejoramiento genético de *Eucalyptus globulus* en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* **15(4)**: 33-40.
3. Chiari, R.; Monge, A.; Murillo, O. & Quirós, S. 2003. Variación del rendimiento en aserrío según la posición de la troza en el árbol, en plantaciones de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) Cartago, Costa Rica. Kurú.
4. Badilla, Y.; Murillo, O.; Azofeifa, M. & Obando, G. 2003. Avances en Reforestación Clonal en Costa Rica. En: IV Congreso Forestal Centroamericano. Panamá, Panamá. Febrero 2003.

5. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Azofeifa, M. 2003. Creación de GENFORES, una Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal en Costa Rica. En: IV Congreso Forestal Centroamericano. Panamá, Panamá. Febrero 2003.
6. Murillo, O. 2002. Aplicaciones de la Biotecnología en el Manejo y Conservación de Recursos Forestales. En: .Biotecnología y educación en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Santa Clara, San Carlos, Alajuela. Costa Rica.
7. Murillo, O.; Meza, A. & Cabrera, J.M. 2003. ¿Cuánto vale una plantación en pie?. En: I Jornadas de Reforestación en Costa Rica. 19-20 de Junio del 2003. San José, Costa Rica.
8. Murillo, J. 2003. QFORES -Aplicación telemática utilizando agendas personales "Handheld" o PDAs, para el registro de información de campo, creación de bases de datos y su análisis: aplicaciones en la evaluación de calidad de plantaciones forestales. En: I Jornadas de reforestación. 19-20 de junio del 2003. San José, Costa Rica.
9. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Azofeifa, M. 2003. Creación de GENFORES, una cooperativa de mejoramiento genético forestal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
10. Badilla, Y.; Murillo, O.; Azofeifa, M. & Obando, G. 2003. Avances en Reforestación Clonal en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
11. Murillo, J. & Murillo, O. 2003. Dendrosoft software para el inventario forestal, determinación de la calidad y del avalúo de plantaciones forestales, utilizando la tecnología móvil de Agendas Personales "PDAs". En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
12. Murillo, O. 2003. Estado del desarrollo de la evaluación y control de calidad de plantaciones forestales en Costa Rica. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
13. Murillo, O.; Meza, A. & Cabrera, J. M. 2003. Metodología para la determinación del valor real en pie y valor de mercado en pie de la plantación forestal. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
14. Gutiérrez, B., Quintero, P., Nieto, V. & Murillo, O. 2003. Enfoques cooperativos para el mejoramiento genético y la conservación de recursos genéticos forestales en Chile, Colombia y Costa Rica. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* **12(3)**: 111 - 122.
15. Araya, E.; Murillo, O. & Rocha, O. 2003. Mejoramiento genético forestal asistido por marcadores genéticos. En: V Congreso Forestal Nacional. 17-19 de setiembre del 2003. San José, Costa Rica.
16. Murillo, Olman. Manejo *ex situ* de poblaciones de conservación genética forestal. 2004. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de base y reproducción". Antigua, Guatemala, 21 al 25 de junio. Agencia Española de Cooperación Internacional.
17. Murillo, Olman. 2004. Hacia el cultivo de madera en Costa Rica. En: Congreso Suelos Forestales. Octubre. 11-13. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia. 19 p.
18. Murillo, Olman. 2004. Componente Genético como base del éxito de la plantación. Conceptos genéticos aplicables a la silvicultura clonal. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.

19. Murillo, Olman. 2004. Propagación vegetativa y jardines clonales en latifoliadas, concepto y desarrollo. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.
20. Murillo, Olman. 2004. Principios de silvicultura clonal. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.
21. Murillo, Olman, Obando, German, Badilla, Yorlenny and Araya, Emanuel. 2004. GENFORES, a Costa Rican tree improvement and gene conservation cooperative. En: IUFRO Meeting. Forest Genetics and Genomics. 1 - 5 de noviembre. Charleston, South Carolina, USA.
22. Murillo, Olman, Meza, Alejandro y Cabrera, Jose Manuel. 2004. Estimación del valor real y del valor de mercado en pie de la plantación forestal. *Agronomía Costarricense* **28(1)**: 47-55.
23. Sánchez, Silvia y Murillo, Olman. 2004. Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: estudio de caso con ciprés (*Cupressus lusitanica*). *Agronomía Costarricense* **28(2)**: 95-106.
24. Murillo, O.; Rojas, J. L. & Badilla, Y. 2003. 2da edición. Reforestación Clonal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 36 p.
25. Murillo, O.; Badilla, Y. & Gallegos, A. 2003. Calidad en el Establecimiento de Plantaciones Forestales. Manual. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 36 p.
26. Murillo, Olman y Badilla, Yorlenny. 2004. Calidad y valoración de plantaciones forestales. Manual. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 51 p.
27. Murillo, O. & Badilla, Y. 2005. ¿Qué es mejoramiento genético forestal?. Manual. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 14 p.
28. Murillo, O.; Obando, G.; Badilla, Y. & Sánchez, S. 2001. Perspectivas de la reforestación en las zonas altas de Costa Rica. *Biocenosis* (UNED) **15 (1-2)**: 66-71.
29. Badilla, Y.; Murillo, O. & Obando, G. 2002. Efecto de la zona de vida y la altitud en la mortalidad y adaptabilidad al primer año de especies forestales en la Cordillera Volcánica Central, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* **26(1)**: 7-15.
30. Murillo, O. 2003. Cooperativa de mejoramiento genético GENFORES. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de base y reproducción". Cartagena, Colombia, 21 al 25 de febrero. Agencia Española de Cooperación Internacional.
31. Badilla, Yorlenny & Murillo, Olman. 2003. Jardines clonales como unidades de conservación *ex situ*. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de base y reproducción". Cartagena, Colombia, 21 al 25 de febrero. Agencia Española de Cooperación Internacional.
32. Murillo, O. 2003. Conservación de recursos genéticos como un Servicio Ambiental en Costa Rica. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de

base y reproducción". Cartagena, Colombia, 21 al 25 de febrero. Agencia Española de Cooperación Internacional.

33. Badilla, Yorlenny & Murillo, Olman. 2004. La Conservación de Recursos Genéticos y el Mejoramiento Genético: El Caso de GenFores, Costa Rica. En: Curso de formación de formadores sobre "Gestión y conservación de recursos genéticos forestales: Materiales de base y reproducción". Antigua, Guatemala, 21 al 25 de junio. Agencia Española de Cooperación Internacional.

34. Murillo, Olman. 2004. Componente Genético como base del éxito de la plantación. Conceptos genéticos aplicables a la silvicultura clonal. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.

35. Murillo, Olman. 2004. Propagación vegetativa y jardines clonales en latifoliadas, concepto y desarrollo. En: Seminario Actualización en Propagación vegetativa y silvicultura clonal. 30 agosto al 1 de setiembre. Bogotá, Colombia.

36. Murillo, Olman, Obando, German, Badilla, Yorlenny and Araya, Emanuel. 2004. GENFORES, a Costa Rican tree improvement and gene conservation cooperative. En: IUFRO Meeting. Forest Genetics and Genomics. 1 - 5 de noviembre. Charleston, South Carolina, USA.

37. Murillo, O. 2005. Selecting populations for gene conservation purposes in forestry: a study case with *Alnus acuminata* in Costa Rica and Panama. Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. **14(1)**: 27-35.

38. Murillo, O. 2005. Hacia el cultivo de madera en Costa Rica y la desmitificación del debate entre especies exóticas y nativas. *Ambientico* **139**:

Calidad en el establecimiento *de plantaciones forestales*



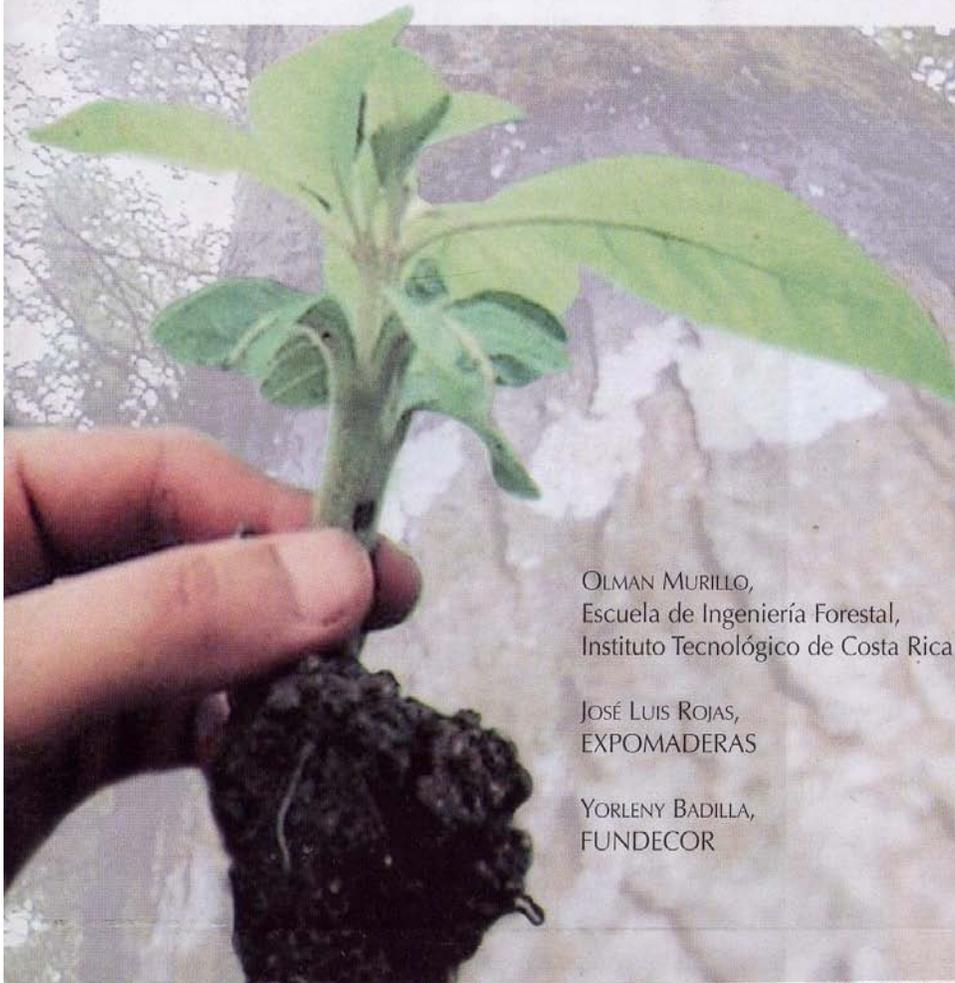
OLMAN MURILLO GAMBOA
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Forestal

AGUSTÍN GALLEGOS RODRÍGUEZ
Universidad Autónoma
de Guadalajara, México

YORLENY BADILLA VALVERDE
FUNDECOR

Setiembre 2003

Reforestación Clonal



OLMAN MURILLO,
Escuela de Ingeniería Forestal,
Instituto Tecnológico de Costa Rica

JOSÉ LUIS ROJAS,
EXPOMADERAS

YORLENY BADILLA,
FUNDECOR

Calidad y valoración de plantaciones forestales



¿Qué es mejoramiento genético forestal?

Olman Murillo
Escuela de Ingeniería Forestal
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Yorleny Badilla
FUNDATEC/ITCR

