



GUIA DE APOYO DOCENTE

PRODUCCIÓN VEGETAL Y ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES

TEMA 9.- ENSAYOS DE ESPECIES FORESTALES

(Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). Versión actualizada por el Grupo de GenSil para uso de los Estudiantes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela, 2001.

I.- Consideraciones Generales Sobre Ensayos de Especies (E. E.)

Los delineamientos que se presentan son aplicables tanto a especies nativas como exóticas. Conviene subrayar que la denominación Exótica o Introducida debe aplicarse a una especie cuando se cultiva fuera de su área natural de distribución. Esta definición lleva a considerar como exóticas, por razones fito-geográficas, especies políticamente indígenas: tal es el caso, por ejemplo, del saqui-saqui (*Bombacopsis quinata*) al llevarse desde la región Occidental a la Oriental de Venezuela.

1.1.- Necesidades de Ensayos de Especies. Los E. de E. constituyen el medio más confiable para la selección de las especies adecuadas a un fin y una localidad determinada. Los resultados de una localidad donde se desarrolla una especie, ya sea como nativa o como exótica, son válidos solamente para esa localidad, y su aplicación a otra localidad a menudo es de considerable riesgo. Las especies no siempre responden por igual, ya sea en desarrollo o producto final, en localidades diferentes; la analogía climática y ecológica de las localidades pueden resultar insuficientes para revelar la adaptabilidad y productividad de las especies a esas condiciones, y solo la experimentación sobre el terreno permite evaluar estos caracteres.

Un programa experimental de E. de E., adecuadamente planificado y ejecutado, proporciona buena información a bajos costos; si los resultados fueran negativos, las pérdidas serían insignificantes con relación a las que ocurrirían en una plantación a gran escala sin conocimientos previos, o con información extrapolada de sitios muy diferentes. La extrapolación de datos, a pesar de su gran riesgo, con frecuencia se ha utilizado como una forma de ganar tiempo, generalmente debido a presiones económicas o políticas, para iniciar plantaciones a gran escala en sitios sin experimentaciones previas. En estos casos, aún en sitios donde el desarrollo inicial es satisfactorio, se ha visto la necesidad de realizar investigaciones paralelas sobre E. de E., dadas las incógnitas que a largo plazo se deberán resolver, como es el caso de la variabilidad de la calidad del producto final en las coníferas.

1.2.- Razones para la Introducción de Nuevas Especies.

a.- Calidad del Producto Requerido por la Industria Forestal: Una de las razones que mueve a la introducción de especies exóticas es la de producir madera de calidad diferente a las maderas locales, debido a los cambios de las tendencias en las industrias forestales. Si bien, aún es deseada la producción de madera de alta calidad (preferentemente con especies locales), es más bien la gran demanda de ciertos tipos, por ejemplo, pulpa, la que impone el tipo de plantaciones forestales.

b.- Crecimiento Rápido y Producción Mayor: Generalmente la razón para preferir las exóticas a las especies indígenas es la necesidad de una mayor rapidez de crecimiento. Deben tomarse en consideración dos factores: a.- La capacidad de las especies para alcanzar grandes dimensiones, y b.- La rapidez de crecimiento que permite adaptar la producción forestal al ritmo de la producción industrial. Algunas especies al llevarse de un sitio a otro pueden ser capaces de producir el mismo volumen de madera en la mitad del tiempo requerido por otras, compitiendo muy favorablemente con las especies nativas adaptadas a un ritmo de crecimiento menor.

Además, si el incremento en volumen es grande desde los primeros años, los productos de aclareos permiten reducir los tiempos de amortización de inversiones, y por tanto, trazan programas de plantaciones de interés financiero efectivo. Por otra parte, la rapidez de crecimiento conduce a una intensificación en el uso de la tierra; éste es un objetivo al que deben propender los forestales, dadas las limitaciones de disponibilidad de tierra por las presiones de otros sectores de producción.

c.- Recuperación y Utilización de Terrenos Degradados: Otra razón para la introducción de ciertas exóticas es su relativa facilidad de desarrollo en suelos degradados por su mal uso. La importancia del ensayo y utilización de tales especies, está completamente justificada, dada la necesidad de reincorporar a la producción terrenos degradados, como es común en las laderas andinas.

d.- Resistencia a Plagas y Factores Ambientales Desfavorables: A menudo el incentivo principal de la introducción de nuevas especies, lo constituye la necesidad de resistir a plagas, enfermedades y otros factores desfavorables del ambiente. En la literatura forestal se mencionan muchos casos de difusión de ciertas especies resistentes a situaciones naturales particulares, tales como sequías, suelo, vientos fuertes, heladas, etc.

1.3.- Inclusión de las Especies Nativas en los Ensayos. Las especies nativas normalmente deben ser consideradas y probadas en los ensayos, no solo por el clásico o sentimental regionalismo, sino también por la conveniencia de establecer patrones de comparación válidos para el uso de exóticas.

A menudo el conocimiento limitado de las nativas sirve como pretexto para descartarlas y preferir las exóticas; sin embargo, la inclusión de especies nativas en los ensayos es un medio adecuado para avanzar en su conocimiento, especialmente en cuanto se refiere al crecimiento y facilidad de establecimiento. En virtud de que las especies nativas ya están adaptadas a las condiciones locales, los ensayos con estas especies deben principalmente enfocarse al comportamiento en plantación, probándose diversas condiciones silviculturales. Los cambios del ambiente normal de desarrollo, aún cuando leves, pueden producir efectos notorios en las especies, que si bien pueden hacerlas menos deseables, también pueden lograrse efectos muy positivos.

1.4.- "Aplicabilidad" de los Resultados. En las consideraciones sobre los E. de E. debe estar presente como principio esencial, la "aplicabilidad" de los resultados, esto es, la factibilidad de extensión a mayor escala, de los resultados logrados sobre pequeñas áreas experimentales. Por tanto, es preciso asegurarse en que medida tanto los suelos como el tratamiento empleado son representativos de aquellos que habrán de utilizarse en la ejecución del proyecto de plantación.

1.5.- Normalización de la Metodología. Es esencial comprender el gran valor que tiene esta actividad (diseño, métodos de evaluación, registro de datos, etc.), si se desea que los resultados de E. de E. de una región, sean fácilmente interpretables en otra. La aplicación de una metodología normalizada es una urgente necesidad, para la creación de fuentes de datos comparables.

Debe advertirse que, en el presente documento se sugieren los principios y procedimientos normalizados para los E. de E., especialmente con fines de producción. En general esta metodología también puede aplicarse en ensayos con otros fines, como por ejemplo, para protección, entendiéndose desde luego, que en estos casos un gran número de normas y procedimientos se podrán descartar o adaptar según el criterio del investigador.

1.6.- Fijación de Objetivos. La fijación de objetivos está en función de las metas trazadas, que pueden ser de Producción o de Protección, sin embargo, antes de poder considerar diversos factores relacionados con la selección de áreas, sitios y especies a probar, es necesario especificar en la forma más precisa posible los objetivos perseguidos, para lo cual se deben considerar los siguientes aspectos: a.- Tipo, Cantidad y Calidad de Productos u otros Beneficios Deseados; b.- Momento para el cual se necesita (especificación de tiempo); c.- Lineamientos de Política en varios Sentidos: Sustitución de importación; Generación de empleo; Incentivos fiscales o particulares y/o cooperativas; d.- Conservación de áreas: se requiere información sobre: Necesidades según la demanda actual; Necesidades según la demanda futura, esto en base a: d1- Proyección de crecimiento de la población; d2- Proyección del grado de incorporación de población al mercado, consumo de los productos o beneficios.

En muchos casos no habrá la información mínima deseable para cumplir con este aspecto. Por lo tanto habrá que hacer las estimaciones en la mejor forma posible en base a la información disponible. En todo caso los objetivos fijados inicialmente pueden sufrir modificaciones una vez que haya mayor información sobre rendimientos tangibles o intangibles provenientes de los programas en cuestión.

II.- Selección de Áreas.

2.1.- Estratificación. La estratificación del país, región y sitios locales es imprescindible en la selección de áreas para el establecimiento de plantaciones, de manera que cumplan con los objetivos fijados. Se consideran los niveles generales de estratificación político-geográficos (Nacional, Regional y Local). La designación de áreas más aptas (denominadas Áreas de Inversión Potencial Forestal "AIPF") para programas de establecimiento de plantaciones dentro del país o región permite concentrar los esfuerzos en estas áreas para garantizar la mayor efectividad de las inversiones, tanto de carácter experimental (ej. E. E.) como de carácter comercial. Barres (1965) describe un proceso usado en Colombia para seleccionar y asignar prioridades de las diversas RIP, lo cual permite planificar trabajos y asignar recursos. La designación de RIP depende de una zonificación nacional; en el caso ideal se procedería así:

2.1.1.- Estratificación a Nivel Local. La selección local de sitios dentro del AIP es imprescindible para el éxito del programa de plantaciones. La única excepción sería una "AIP" muy homogéneo, lo cual es difícil que ocurra. El hecho de que la reacción de una especie/procedencia, varíe con las condiciones del medio y hasta de vegetación (ejemplo, en el caso de plantaciones bajo cubierta) hace necesario la estratificación del "AIP" para darle sentido a los ensayos, y sobre todo para permitir la aplicación de los resultados.

La estratificación local para la selección de sitios representativos para los ensayos se hace con base en los mismos factores señalados anteriormente pero en forma más detallada. Los estratos podrían ser: Bosque (Ej. Caparo); Suelos (según diversas clasificaciones); Topografía, Geomorfología; Usos de la tierra (aparte de bosque, ej. rastrojo, potrero, etc); Economía, con base en la accesibilidad.

Especialmente en el caso de estratificación local sería inútil cualquier intento de fijar normas específicas debido a la variación de factores y condiciones que pueden presentarse en las AIP de diversas regiones. Los métodos pueden variar desde simple inspección en casos donde haya poca variación (preparación de mapas topográficos y geomorfológicos en base a fotointerpretación), hasta estudios intensivos sobre suelos y/o vegetación como en el caso de Caparo, en Barinas, Venezuela.

2.1.2.- Determinación de Zonas de Vocación Forestal:

2.1.2.1.- Información Ecológica y de Uso de la Tierra. Deberá disponerse de información más detallada sobre: clima, topografía, geología, suelos y vegetación. Una manera de efectuar esto sería a partir del sistema de clasificación de Holdridge, la cual, aunque ha sido criticada, es lo suficientemente sencilla para permitir la elaboración de mapas. Ya en varios países, entre ellos Venezuela, Colombia y Ecuador, hay trabajos y mapas elaborados con base en este sistema.

2.1.2.2.- Información Económica. Debe complementar la información ecológica para determinar el mejor uso según las necesidades del país o región. Se debe considerar la demanda de diversas materias primas según sus usos posibles, y los aspectos de producción, costo y rendimiento que determinan los usos alternativos de la tierra. Esto último incluye accesibilidad y costos de transporte, costo y disponibilidad de mano de obra, otros costos y productividad bajo diferentes condiciones.

2.1.2.3.- Información sobre Condiciones Sociales, Legales. En la mayoría de los casos faltará buena parte de la información necesaria de este tipo. Los análisis tendrán que hacerse en la mejor forma posible, en base a la información existente.

2.1.3.- Determinación de Bosques (o Áreas) Productores dentro de la Zona de Vocación Forestal. La designación de los bosques productores depende de consideraciones ecológicas y económicas en la misma manera ya señalada para la designación de zonas de vocación forestal. En este caso se ha reducido la gama de posibilidades a aquellos correspondientes a usos forestales. Aquí se consideran todos los factores señalados en los puntos 1.1 y 1.2, en función de productividad potencial.

2.1.4.- Designación (Selección) de las Áreas de Inversión Potencial "AIP". Dentro del área designada como bosque productor hay que seleccionar los sitios más propicios para las inversiones considerables correspondientes a los programas de plantación; concentrando de esta manera los esfuerzos en las mejores áreas y asegurando el mejor empleo de los recursos disponibles. Las AIP se seleccionan en base a los factores ecológicos y económicos señalados.

III.- Selección de Especies.

3.1.- Requisitos de las Especies Deseables. Usos. Para llegar a una decisión respecto a las especies que deben ensayarse, es necesario concretar los requisitos de las especies deseadas, según las características de los sitios de la región de que trate y de los objetivos de los E. de E., previamente definidos. Los requisitos biológico-económicos fundamentales que deben cumplir las especies deseables, son (10): a.- Que sean apropiadas al sitio y con capacidad de mantener su vigor vegetativo durante el turno previsto; b.- Que posean una tasa aceptable de crecimiento y rendimiento y c.- Que proporcionen materia prima apropiada a los objetivos definidos, los cuales deberán tener un cierto grado de flexibilidad para permitir adaptarse a posibles cambios de demanda.

Una vez definidos claramente los criterios para la selección de especies, se procede al análisis de la ecología y características silviculturales de las especies que pudieran utilizarse en los ensayos.

3.2.- Homología Ecológica entre la Región de Introducción y de Origen de la Especie. Cualesquiera que sean las razones para decidirse a ensayar una especie exótica, su selección precisa un estudio comparativo de los climas y demás condiciones ecológicas de la región de origen y de la región de introducción, que permita hacer previsiones generales sobre las posibilidades de éxito.

De los datos climatológicos se pueden sacar deducciones entre climas comparables (homoclimas o analogías climáticas) en otras partes del mundo con la ayuda de clasificaciones climáticas, índices o resúmenes meteorológicos. Las zonas de latitud y altitud similar tendrán, probablemente, climas semejantes, pero existen modificaciones debidas a las distancias al océano, a la presencia de corrientes marinas cálidas o frías, a la situación con respecto a los distintos vientos dominantes, etc. En cuanto a la temperatura, la altitud y la latitud pueden compensarse, aunque hay afirmaciones de que no existe ninguna escala útil de equivalencia.

El diagrama para la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, presenta la correspondencia de las regiones latitudinales con los pisos altitudinales; sin embargo, sus equivalencias térmicas están basadas en los promedios anuales de bio-temperatura y no reflejan las diferencias estacionales de los factores climáticos asociados directamente con la latitud, como termo-periodo, fotoperiodo, calidad de luz solar y los extremos de temperatura.

La analogía climática de la región de introducción y el hábitat natural de la especie, es un primer paso para su selección, pero ésta debe complementarse con un análisis de los factores locales que pueden ser incluso más importantes, como por ejemplo, suelos, pendientes, factores bióticos, etc. Se deben destacar los factores climáticos extremos de las localidades y caracteres especiales del suelo, como por ejemplo, exceso de carbonatos, formación de capas arcillosas.

Es poco probable que se puedan obtener datos muy detallados sobre la región, y en todo caso ciertos fenómenos escapan a una apreciación precisa. La Plasticidad de la especie juega un papel fundamental, pues algunas presentan exigencias muy marcadas, y no se adaptan a condiciones, incluso, muy parecidas a las de su área natural. Otras especies por el contrario son capaces de vivir y vegetar en condiciones diferentes.

Un ejemplo de tales variaciones lo proporciona el género *Eucalyptus*: algunas de sus especies no van bien más que en un área o cuando las condiciones corresponden a las de esta rigurosamente, mientras que otras, incluso con su área natural muy limitada,

pueden adaptarse a condiciones ecológicas muy diferentes. También se puede citar al *Pinus radiata*, que de su área restringida en California, USA, ha sido llevado con éxito a regiones diferentes, sobre todo al hemisferio austral. Hay también especies, que no presentan interés en el país de origen a causa de su crecimiento lento limitado, y han manifestado un vigor vegetativo y una rapidez de crecimiento francamente notables, como exóticas. El problema de la elección de especies para introducir se hace más difícil cuando la región de introducción presenta condiciones ecológicas adversas. La resistencia a ciertos factores o la adaptación a hábitats difíciles, pueden ser entonces más importantes que la rapidez en crecimiento o calidad de la madera.

La resistencia a ciertos factores y la plasticidad son a veces caracteres de toda la especie; sobre todo en las de área natural muy restringida, (*Pinus radiata*). Sin embargo, estos caracteres están ligados muy a menudo a la existencia de razas geográficas y ecológicas. Los ensayos de introducción deben tener en cuenta por tanto estas dos posibilidades, la extensión del área de distribución natural, la amplitud de las variaciones climáticas dentro de estas áreas o las marcadas diferencias pedológicas, pueden dar una evaluación aproximada de las posibles razas o procedencias de especies.

"Como recomendación general, se señala que, aunque la concordancia de los factores climáticos y edáficos pueden usarse a fin de eliminar algunas especies obviamente desechables, es esencial cubrir un amplio campo, por lo menos durante la primera fase de los ensayos; cuando se tenga duda, es preferible dejar que una especie se elimine por si misma en los ensayos locales en lugar de eliminarlas en base a decisiones teóricas tomadas en el escritorio y sin ensayo alguno" (10).

3.3.- Experiencia del Comportamiento de Especies como Exóticas en Plantaciones. En muchas regiones de nuestros países, los casos de introducción de una especie completamente nueva son actualmente muy raros. La presencia de plantaciones forestales, aunque solo sean de tamaño reducido, o la de árboles en los parques constituye una gran ventaja, pues proporciona valiosas indicaciones preliminares y pueden constituir una fuente útil. Se debe utilizar al máximo cualquier tipo de información procedente de plantaciones realizadas en el área a plantar o en zonas adyacentes. Sin embargo, es necesario hacer un examen cuidadoso de todas estas antiguas introducciones. Al analizar el comportamiento de ciertas exóticas (alguno géneros como *Araucaria*, *Casuarina* y *Pinus*), debe tomarse en cuenta que el fallo temporal o definitivo puede deberse a la falta de micorrizas, hongos simbióticos o bacterias del suelo.

También debe considerarse que la mala adaptación de alguna especie puede estar relacionada con la procedencia; muchas veces las diferencias entre procedencias dentro de una especie son tan grandes que pueden actuar como especies independientes cuando crecen como exóticas; así, se debe tener cuidado de no rechazar especies perfectamente aprovechables, a causa de que se haya introducido una procedencia errónea.

El estudio de una especie como planta exótica dentro de una plantación, frecuentemente permite deducciones mejor fundamentadas que su estudio dentro de su distribución natural (por ejemplo, *P. radiata*); en tanto que, el cambio de bosque natural a las condiciones de la plantación, y a un medio ambiente distinto, pueden afectar considerablemente el vigor, la resistencia a las enfermedades y las propiedades de la madera. Un ejemplo evidente es el *P. caribaea*; en su hábitat natural produce madera de alta densidad, pero bajo ciertos ambientes "exóticos", especialmente en climas conducentes a un crecimiento continuo durante todo el año, forma madera débil y liviana; y aún más, en un mismo sitio presenta variaciones en la calidad de la madera, debido a las variaciones locales del suelo, condiciones silviculturales o factores genéticos.

La experiencia adquirida en otros países sobre el comportamiento como exóticas de las especies en cuestión, es cada vez mayor y más interesante, debiéndose utilizar al máximo las informaciones publicadas, con especial referencia de las regiones o países vecinos. Mediante la revisión sistemática de la literatura forestal, sobre el comportamiento de la especie como exótica, se debe hacer breves descripciones de las condiciones de algunos de los sitios donde se ha introducido la especie, destacando sus potencialidades y limitaciones. Se deben señalar los resultados de ensayos de procedencias y mejoramientos genéticos, así como también, las propiedades y características de utilización de la madera obtenida en plantaciones como exótica. Estas notas deben tomarse por regiones o países.

3.4.- Características Silvícolas de las Especies en Plantaciones. Con base en la literatura forestal disponible, y en cuanto sea posible, se debe hacer revisión de la información referente a los aspectos que se señalan a continuación:

3.4.1.- Descripción de las Especies en su Hábitat Natural: Nomenclatura botánica; descripción general del árbol; distribución general de la especie; clima en toda su distribución natural; geología y suelos; variaciones entre procedencias; variaciones de la forma en bosques naturales.

3.4.2.- Silvicultura: ciclo de vida y desarrollo (a.- fisiología: sequía y el sistema radical; forma del tallo; efecto de la temperatura en el crecimiento, rapidez; b.- hábitos de floración y fructificación: edad de producción de semillas; calidad de la semilla y viabilidad; c.- la plántula: características de las raíces; resistencia a la sequía; insolación y heladas y facilidad de establecimiento).

Métodos de manejo y establecimiento de plantaciones; crecimiento y rendimiento obtenido en plantaciones; plagas y enfermedades; métodos eficaces en la previsión y combate; conclusiones y recomendaciones.

3.5.- Características Económicas de las Especies. Utilización. Utilización y valor de la madera en el mercado del lugar de origen y variación de la calidad de la madera según diversos factores (genéticos, suelos, densidad de vuelo, etc.) en el lugar de origen.

IV.- Metodología de los Ensayos de Especies.

En la ejecución de los E. de E. se deben considerar diferentes niveles de acción, en los cuales se contemplan las bases para decidir si se trabaja con especies, procedencias o árboles individuales dentro de una especie o procedencia; estos niveles son: a.- Nivel Global: hace referencia a los E. de E. propiamente dichos. b.- Nivel Local: referido a los ensayos de procedencias, es decir, probar diferentes fuentes de semillas de una determinada especie, en este caso se contempla el término fuente de semilla como procedencia o sitio donde la especie presenta cierto grado de adaptación biológica. c.- Nivel Individual: Hace referencia a los ensayos de progenie, evaluando el individuo en función de su descendencia.

Los niveles global y local son de mayor interés en el campo de la silvicultura, mientras que el nivel individual lo es en el campo de la genética y/o mejora genética forestal. La ejecución de cada uno de estos niveles, bien sea en forma individual o realizando combinaciones entre ellos será punto de discusión posterior, ya que se deben tomar en consideración diferentes factores de tipo biológico, económico y de tiempo, ya que en el área forestal, como se sabe, los turnos, bien para el aprovechamiento o para la obtención de resultados, son bastante prolongados.

4.1.- Fases Operativas de los E. de E.: Uno de los factores más importantes para organizar los ensayos en un procedimiento ordenado, es la separación de éstos en fases progresivas. Según la guía de la FAO (10), que reúne una serie de conceptos de varios autores, se establecen tres fases principales de ensayos: Eliminación, Prueba y Comprobación. A estas fases se estima conveniente agregar una cuarta fase, la Fase o Plantación Piloto.

En general, se trata de un proceso de eliminación progresiva, que se inicia con un número elevado de especies y procedencias y concluye con la selección de las más adecuadas, según las condiciones económicas (tipo de uso) y ecológicas (Ambientales).

4.1.1.- Consideración sobre las Especies-Procedencias. Una decisión que hay que tomar es la de que si se han de combinar los ensayos de procedencias con los E. de E., o realizarlos en forma separada. Se podría pensar en ensayar primero las especies y luego ensayar las procedencias de las mejores especies para reducir la gama total de variación. Pero la selección de especies, no puede hacerse sin incluir diversas procedencias de las especies, especialmente aquellas que presentan una distribución natural que abarca diferentes zonas ecológicas.

En tales casos la inclusión de una sola procedencia (la especie sin considerar procedencia) podría eliminar esa especie debido a la inclusión de una procedencia no adaptada a las condiciones del sitio de estudio. Es evidente que es más conveniente la inclusión de diversas procedencias en los E. de E., especialmente en la fase de eliminación. Cada procedencia se considera como una especie, es decir, como un "tratamiento" para efectos de ensayo y evaluación (Análisis de la Varianza).

De ser muchas las especies y procedencias quedarían varias alternativas: a.- Incluir todas en ensayos en bloques completos, advirtiéndose la desventaja de que éstos serían demasiado grandes y podrían abarcar mucha variación ambiental; b.- Incluir todas en ensayo en bloques incompletos y c.- Incluir las diferentes especies-procedencias en diversos ensayos independientes con determinadas especies "patrón", que se incluirían en cada ensayo como "cross reference", para poder compararlas en su desarrollo.

También se podrían separar ensayos (simultáneos) de procedencia con aquellas especies en las cuales hay varias procedencias, usando las especies patrón en cada ensayo para permitir comparación entre ensayos.

Los diferentes factores a considerar para tomar la decisión acerca de la forma del ensayo en relación con especies procedencia son: a.- Número de especies a incluir en cada fase (número real según plantas producidas en vivero y no el "número teórico aspirado"); b.- Cuando la amplitud ecológica (latitud, altitud, clima, suelo, etc.) de cada especie en su distribución natural es reducida se pueden utilizar pocas o una sola procedencia; cuando es muy amplia se debe incluir mayor número de procedencias y c.- Posibilidad real de obtener semillas de diversas procedencias con la correspondiente garantía de exactitud del a misma.

Estas tres consideraciones determinarán el número de especies-procedencias a incluir en ensayos en cada fase, principalmente en la fase de eliminación. En base al número total habrá que decidir entre las alternativas señaladas.

4.1.2.- Separación de Coníferas y Latifoliadas en los Ensayos. Un aspecto a considerar en el establecimiento de E. de E. es la conveniencia de combinar o separar las especies en varios ensayos de acuerdo a las siguientes categorías: a.- Latifoliadas (sin eucaliptos); b.- Coníferas y c.- Eucaliptos.

Las formas de crecimiento, las cuales varían entre los tres grupos, pueden determinar que sea más conveniente su separación en diferentes ensayos. En Caparo y Surinam, por ejemplo, se han separado totalmente los ensayos de latifoliadas y los de coníferas.

La decisión depende de los siguientes factores: a.- Número real de especies disponibles (plantas en vivero listas para ensayos). Lógicamente, si solo se cuenta con tres o cuatro especies procedencias de pinos o de eucaliptos, no se justifica separar los ensayos

y b.- Tipo de Producto: si los objetivos de producción son los mismos para los diferentes grupos de especies, tal vez sea conveniente arreglarlos en un solo ensayo; o por lo menos incluir especies "patrón" en diversos ensayos (por ejemplo, una o dos coníferas en ensayos de latifoliadas) para permitir la comparación entre ellas.

4.1.3.- Fase de Eliminación:

a.- Objetivo: eliminar las especies y procedencias menos adaptadas al medio ambiente, y reducir a proporciones manejables el número de especies destinadas a comprobaciones más críticas. La adaptabilidad se aprecia en base al grado de prendimiento y crecimiento inicial en altura.

b.- Características: se ensaya un gran número de especies "Posibles" a un costo reducido por cada una de éstas; por tanto la parcela-unidad (número de árboles) de cada especie y procedencia debe ser la más pequeña posible.

c.- Especies a Incluirse en la Fase de Eliminación: con base en las consideraciones sobre la selección de especies para ensayos, presentadas en el Capítulo 3 de este documento, se pueden distinguir dos niveles de selección de especies para la fase de eliminación: especies principales y adicionales.

Especies Principales: aquellas especies que cumplen en el mayor grado posible con los requerimientos en cuanto al tipo de producto deseado y la afinidad ecológica. Especies Adicionales: Otras especies que no cumplen necesariamente con los requisitos señalados; pero que se incluyen en los ensayos por alguna de las razones siguientes:

c1.- Proporcionar flexibilidad a la finalidad del programa de ensayos, como prevención de los posibles cambios de objetivos en alguna etapa de desarrollo futuro. Con este fin se puede incluir en los ensayos, algunas especies que cumplan con el requisito de la afinidad ecológica, pero que producen otros productos diferentes a los especificados en los objetivos; por ejemplo, la inclusión de especies de pinos en el Proyecto Forestal de Caparo, Barinas, Venezuela, el cual tiene como objetivo principal producir madera fina y semi-fina.

c2.- Tomar en cuenta las posibilidades de Tolerancia y Plasticidad ocultas que puedan tener algunas especies. Por esta razón se pueden ensayar especies que no pertenecen a la misma Zona de Vida del área en cuestión, pero que podrían revelar el potencial oculto de adaptabilidad o plasticidad en las nuevas condiciones. El *Pinus radiata* es un excelente ejemplo de ello.

Es conveniente tener en cuenta que la inclusión de especies con reducida probabilidad de éxito, es precisamente la ventaja de la fase de eliminación, ya que como se señaló, la característica de esta fase es la de ensayar un gran número de especies y procedencias a un costo mínimo por especie. Claro está, que las especies principales deben tener prioridad sobre las adicionales.

d.- Inclusión de especies correspondientes a Fases Superiores, en Caso de Ensayos Simultáneos: Cuando se inician los ensayos con diversas fases simultáneas, se debe incluir en la fase de eliminación algunas, o preferiblemente todas las especies que se encuentran en las fases de prueba, comprobación y piloto, y especialmente las de escala comercial. Esto con la finalidad de utilizarlas como "testigo" en las comparaciones de las nuevas especies y procedencias de la fase de eliminación con aquellas en fases más avanzadas. En general, en todas las fases, siempre se debe estar comparando las especies del ensayo con las de la plantación comercial, a fin de decidir sobre su posible reemplazo.

4.1.4.- Fase de Prueba:

a.- Objetivo: probar un número relativamente restringido de las especies más "Promisorias", seleccionadas normalmente con base en el comportamiento en la fase de eliminación. Se busca especialmente la información sobre su comportamiento en masas forestales y la adaptabilidad a los sitios, durante un período más prolongado; aquí se da mayor énfasis a los datos relativos al crecimiento diametral y forma.

b.- Características: se ensaya un número menor de especies con un número mayor de árboles/especie y/o procedencia; las características de la parcela deben ser tales, que proporcionen adecuadamente la información requerida y, por otra parte, permitan las replicaciones estadísticas y cobertura razonable de los sitios más interesantes.

4.1.5.- Fase de Comprobación:

a.- Objetivos: confirmar en las condiciones normales de una plantación los resultados pocas especies "Probables" que han demostrado ser claramente superiores en las fases anteriores. Algunas especies incluidas en la fase de comprobación, no necesariamente deben haber sido ensayadas en cada una de las dos fases anteriores; así en caso de la secuencia simultánea, algunas especies pueden pasarse directamente desde la fase de eliminación. Se busca información sobre el rendimiento y las características tecnológicas de la madera, así como también mayor seguridad de la adaptación de las especies a las condiciones ambientales.

b.- Características: se ensaya un número reducido de las especies de mayor interés, en parcelas con mayor superficie por especie. En general, se recomienda de una a tres especies probables por cada tipo de producto requerido. La extensión de las parcelas debe permitir el establecimiento adecuado de parcelas permanentes de aclareo y rendimiento, para sus evaluaciones durante un período mucho más prolongado.

4.1.6.- Fase Piloto o Plantación Piloto:

a.- Objetivos: someter las mejores especies, según las fases anteriores, a la prueba final como etapa previa a la plantación, teniendo como objetivo, proporcionar principalmente información económica: costos y rendimientos, bajo diferentes condiciones de calidad de sitio y tratamientos silviculturales; en lo que respecta a estos últimos, principalmente el régimen de espesura (espaciamiento inicial, grado de desarrollo de los árboles, aclareo y poda). Otro propósito útil de las plantaciones piloto es capacitar el personal de campo necesario para la realización de un proyecto importante de plantación.

b.- Características: son plantaciones modestas, de 10 a 15 ha anuales (hasta llegar al orden de 20, 100 ó más ha), con cada una de las especies consideradas. La duración de la evaluación es semejante a la de la fase de comprobación.

4.1.7.- Secuencia de Aplicación las Fases de Ensayos: Se reconoce que la práctica de E. de E. muchas veces no se puede aplicar, invariablemente, a todas las especies, la secuencia progresiva normal de las cuatro fases señaladas, pues a menudo es tan urgente la necesidad de encontrar especies apropiadas a los fines previstos, que es deseable y aún inevitable alguna reducción o alteración de la secuencia del esquema ideal presentado. Se indican tres alternativas generales:

4.1.7.1.- Secuencia Progresiva Normal (Completa): se inicia con la fase de eliminación y se avanza ordenadamente hacia las fases posteriores hasta llegar a la plantación piloto; solamente cuando se tienen los resultados de una fase, se pasa a la fase inmediata superior. De esta manera, la duración de la secuencia completa, es bastante prolongada, y aún puede alargarse más si se agregan algunas replicaciones en el tiempo de las primeras fases. Esta secuencia completa puede ser necesaria cuando se trate de especies totalmente nuevas en el área de introducción.

4.1.7.2.- Secuencia Progresiva Abreviada: de acuerdo con las circunstancias, es permitido omitir una o más fases, por ejemplo, la evidencia de éxito de plantaciones existentes en sitios vecinos comparables, puede ser suficiente para entrar directamente a las fases superiores de los ensayos. Otras veces, la omisión de una o más fases se debe a la urgente necesidad de encontrar especies apropiadas para las áreas en consideración; por ejemplo, en el Proyecto Forestal de Caparo, Venezuela, se ha reducido la secuencia a dos fases de ensayo, y la fase piloto.

4.1.7.3.- Secuencia Simultánea con Diversas Fases: muchas veces, dada la premura de lograr información, es perfectamente factible conducir simultáneamente todas o algunas fases en una sola área de experimentación. Se estima que en la práctica, en la mayoría de los casos, se empleará una forma de secuencia simultánea abreviada. Se trata de un proceso de aproximaciones sucesivas, mediante revisiones constantes, para incorporar los nuevos adelantos en materia de información sobre las especies y procedencias de investigación.

Debido a los períodos demasiado largos de la secuencia no simultánea (completa y aún abreviada), en muchos casos, no es posible esperar sus resultados y se debe correr el riesgo de iniciar plantaciones comerciales con el fin de superar algún déficit existente o previsible en cierto tipo de materia prima. En estos casos de avances ("saltos") directos a las plantaciones comerciales, es necesario incluir un programa paralelo de ensayos, lógicamente de secuencia simultánea con diversas fases, para hacer las correcciones convenientes en la medida que se obtenga la información de cada una de ellas. Al iniciar un programa de ensayos o plantaciones de especies autóctonas, hay que prever el avance (salto) directo de ciertas especies más prometedoras y con mayor cantidad de información disponible, a las fases más avanzadas. Tales avances pueden iniciarse muchas veces con base en las apreciaciones preliminares, antes de la conclusión de las fases iniciales; presentándose al poco tiempo, una secuencia simultánea con pocas fases.

4.2.- Establecimiento de Ensayos:

4.2.1.- Método Estadístico: Debe considerarse como elemento básico el control de la variabilidad de los sitios de ensayos, no solo en cuanto a hacer los bloques homogéneos (bloqueo o control local) que comprendan las diferentes especies-procedencias, sino también muestrear adecuadamente dichos sitios. Es importante el considerar el factor "AZAR" al momento de desarrollar el diseño, ya que su ausencia puede originar limitaciones al realizar los análisis estadísticos.

4.2.1.1.- Diseño Experimental: dos diseños son perfectamente usados en la práctica: Bloques Completos y Bloques Incompletos. El primero es altamente eficiente para un bajo número de lotes, además de ser sencillo en cuanto a implantación en el campo y al análisis estadístico. El segundo, si bien es más complicado en su interpretación, es más eficiente con números altos de lotes experimentales y en terrenos de alta variabilidad (por ejemplo, en terrenos montañosos).

4.2.1.2.- Replicaciones: debe considerarse la replicación de los ensayos a niveles intralocal, interlocal y en el tiempo. Con ello se garantiza un muestreo más adecuado del área de ensayo, y un control sobre factores cíclicos o variables del ambiente (ejemplo, plagas, climas).

4.2.2.- Mantenimiento de los E. de E.: Al respecto existen dos criterios: a.- El mantenimiento deberá ser el mínimo necesario, particularmente durante los dos primeros años. Tratamientos de "lujo" desvirtúan los resultados que deberán aplicarse a nivel comercial. b.- En la fase de eliminación debe más bien exagerarse, para dar la máxima posibilidad de establecimiento. Hay especies muy productivas que requieren limpieza intensiva en el primer año, como es el caso de *Eucalyptus spp.*

V.- Evaluación de los E.E. Normas generales.

La evaluación de los E. de E., en cualquier fase, se logran mediante una serie de mediciones e inspecciones bien planificadas y ejecutadas. Al realiza la evaluación, se debe hacer una descripción detallada de las mismas, las cuales pueden variar en un programa de ensayos, según la fase, el tipo de parcela y los recursos disponibles del mensurador. Sin embargo, hay ciertas normas generales que deben observarse desde el inicio hasta el fin de los ensayos, y son las siguientes:

5.1.- Periodicidad de las Mediciones e Inspecciones: Se aconseja, como mínimo, una medición anual en los primeros tres o cuatro años de establecido el ensayo; después de este tiempo, se pueden realizar cada dos años en especies de rápido crecimiento y más de cinco con especies de turno medio o largo. Las inspecciones deben ser anuales y continuas por el tiempo de duración de los ensayos.

5.2.- Épocas de las Mediciones: Las mediciones en cada caso, deben realizarse en la misma época del año, preferiblemente durante la estación seca.

5.3.- Precaución en las Evaluaciones de Ciertas Especies de Crecimiento Inicial Lento: En los ensayos, especialmente en la fase de eliminación, se debe tener la precaución de no abandonar ninguna especie que haya demostrado una sobrevivencia razonable (sin considerar el ritmo de crecimiento), hasta el final de los cinco años. Esto es para dar oportunidad a especies de arranque inicial lento; como es el caso de algunos pinos, que tienen en su estado juvenil una particular inhibición del crecimiento en altura, permaneciendo en "estado herbáceo o cespitoso" por varios años, y luego comenzar un rápido crecimiento longitudinal.

5.4.- Descripción Detallada de los Procedimientos de las Mediciones y Evaluaciones: Se hace énfasis en la conveniencia de adoptar procedimientos normalizados, no solo para un país, sino para grandes regiones e incluso mundialmente. Sin tal normalización, sería imposible hacer comparaciones fiables en diferentes lugares. Se debe definir exactamente cuáles árboles y que parámetros se medirán, especificando las unidades de medición; y se debe determinar el método que se usará para evaluar y clasificar los caracteres de importancia del fuste y ramificación, relacionados con la calidad de la madera. Finalmente, conviene recordar que la evaluación de los ensayos debe basarse tanto en aspectos cuantitativos como cualitativos de la madera. Por lo general, se toma principalmente la información cuantitativa del crecimiento y producción, sin considerarse debidamente la calidad de la madera.

VI.- Programación de los Trabajos de Medición e Inspección.

La información requerida por fase de ensayo se presenta en el Cuadro 1 antes mencionados, siempre tratando de conseguir en lo posible, la adaptabilidad inicial en la fase de eliminación; el comportamiento preliminar en masa en la fase de prueba; el rendimiento y las características tecnológicas de la madera en la fase de comprobación y los problemas de establecimiento a gran escala (costos, preparación del terreno, etc.) en la fase piloto.

Otras características importantes que deben evaluarse en todas las fases son: la fenología del crecimiento y de la floración, y productividad de semillas, lo cual puede requerir una observación intensiva durante varios años. En todas las etapas debe registrarse la reacción a factores ambientales y bióticos desfavorables; cuando se observan daños bióticos se impone la necesidad de identificar al agente causal.

6.1.- Actividades y Procedimiento de Mediciones-Inspecciones según Fase de Ensayo

6.1.1.- Actividades Generales: a.- Las evaluaciones de los E. de E. en cualquier fase, deben hacerse observando la Normas Generales de la Metodología de las mediciones de las características de importancia de los árboles, que se indican en el presente trabajo. b.- Las parcelas deben ser inspeccionadas por un oficial responsable tan frecuentemente como sea necesario para asegurar su correcto funcionamiento. Esta puede ser una tarea que requiere mucho tiempo, especialmente durante los primeros años. c.- Inmediatamente después de realizada la plantación debe hacerse una medición inicial de la altura de todos los árboles en las parcelas de evaluación, con el fin de hacer los ajustes necesarios de la variación para las evaluaciones futuras (Covarianza). d.- Debe anotarse la mortalidad cada vez que se realicen los trabajos de reposición de plantas. e.- Al efectuarse mediciones generales debe registrarse también el vigor, la sobrevivencia, los daños, plagas o enfermedades y la vegetación del sotobosque. f.- Con el fin de asegurar el máximo grado de uniformidad para la evaluación visual, es aconsejable que en lo posible todos los ensayos sean medidos e inspeccionados por el mismo oficial o grupo de trabajo.

6.1.2.- Caracteres Importantes en las Evaluaciones: a.- edad; b.- sobrevivencia; c.- alturas y diámetros (a diferentes alturas del árbol); d.- espesor de la corteza; e.- densidad del dosel; f.- Propiedades del fuste (forma, rectitud, anomalías, poda natural); g.- características de ramificación (diámetro de ramas, ángulo de ramas, número verticilos y ramas por verticilo) y h.- propiedades de la madera (peso específico, longitud de las fibras, tipo de grano, defectos estructurales y bolsas de resinas).

VII.- Registro de la Información sobre los E.E.

Siendo probable que las conclusiones sobre el comportamiento de las especies, no las obtengan las mismas personas que realizan la plantación, es imperativo mantener un registro permanente y exacto de la información sobre los ensayos. Gran parte del valor de los ensayos puede perderse si no se dispone de registros accesibles que indiquen: origen del material, tratamientos aplicados, historia subsiguiente y mediciones anteriores sobre el crecimiento.

Las deducciones pueden ser equivocadas, si por ejemplo, ciertos fracasos se atribuyen a defectos inherentes a las especies, cuando obedecen a una incorrecta ubicación, a un tratamiento inadecuado, o a un ataque de patógenos. Debe asignarse a una localidad o grupo de parcelas el correspondiente número y archivo. El trabajo de anotar los datos se simplificará mediante el uso de una serie de formularios normalizados. La aceptación de un formato común en toda América Tropical facilitará considerablemente el intercambio entre los países.

Debe tenerse gran cuidado de que los registros no se pierda no sean accidentalmente destruidos. Al respecto, es recomendable llevar registros en duplicado y aún en triplicado, guardando cada copia en una oficina diferente. Las necesidades básicas para el registro de datos han sido debidamente resumidos y presentados en la Guía de la FAO; a continuación se transcriben de esta última la siguiente lista:

Registros Generales: a.- Mapas de situación y de las parcelas; b.- Descripción general; c.- Historia general subsiguiente y d.- Resúmenes sobre mediciones.

Registros Específicos: Para cada parcela: a.- Plano de la parcela; b.- Formulario descriptivo e histórico; c.- Historia posterior y d.- Mediciones generales y de campo.

VIII.- Métodos Numéricos para la Evaluación de E.E.

La aplicación de ciertos métodos numéricos, permite sentar una base, incluso probabilística, sobre el comportamiento de especies procedencias en los ensayos, lo que es importante ya que establece un elemento de referencia para otros sitios y otros experimentadores.

El análisis de la varianza (ANAVAR) más común es en conexión con el diseño de bloques, que, a través del control ambiental (bloques), permite detectar diferencias entre lotes de ensayo. Una vez que se establecen diferencias entre los lotes, se puede aplicar métodos numéricos de discriminación de medias, primero para caracteres individuales y luego para grupos de caracteres.

Entre esos métodos se pueden señalar: Pruebas de discriminación de medias (Duncan, Tukey, RMS, Dunet, etc); Prueba de Rangos Promedios (PRP) y el Índice de Valor Fenotípico (IVF). Aplicado a caracteres individuales y a grupos de caracteres, los métodos permiten agrupar los diferentes lotes de especies - procedencias en orden de prioridad para efectos de uso.

8.1.- Prueba de Discriminación de Medias de Duncan: Esta prueba *a posteriori* compara las medias usando diferentes valores críticos (valores de rango significativos) de acuerdo a los niveles de probabilidad usados y de acuerdo al número de medias involucradas en la comparación. El resultado es la formación de grupos de especies procedencias, los cuales se enumeran consecutivamente del mejor al peor. Posteriormente, se promedian los números de los grupos de todos los caracteres de cada especie procedencia, siendo el orden resultante el orden de prioridad de uso de los diferentes lotes.

Su gran ventaja es la base probabilística con que trabaja; su desventaja es la complejidad de cálculos, aunque esto no es un problema, en vista de la facilidad de cálculos que ofrece la computación.

8.2.- Prueba de Rangos Promedios (PRP): Consiste en ordenar los lotes en cada carácter, según su valor real, de mejor a peor y asignarles un valor de rango (posición), promediando luego, en cada lote, los valores de los diferentes caracteres. El orden resultante es igualmente, el de prioridad de la especie procedencia. Es un método bastante sencillo, pero no toma en consideración directa las magnitudes de las diferencias entre los valores de cada carácter, ya que la diferencia de rangos consecutivos siempre es la unidad.

8.3.- Índice de Valor Fenotípico (IVF): Este método toma en cuenta la magnitud de las diferencias entre los valores del carácter para los diferentes lotes. En cada carácter, el lote con el mejor valor, recibe un peso de 100 % y los demás se valoran proporcionalmente a él. Esto constituye el valor fenotípico del lote en ese carácter. Luego se promedian los pesos de todos los caracteres, ordenando los lotes de acuerdo a la magnitud del promedio, siendo ese el orden de prioridad de uso.

Mientras más se acerque el promedio a 100, más estable será el lote en su comportamiento en los diferentes caracteres evaluados, pues ello indicará que la especie procedencia estuvo casi siempre entre los primeros o mejores valores.

Características de los E.E. A Campo Abierto

Aspectos	Fases de Ensayo			Plantación Piloto
	Eliminación	Prueba	Comprobación	
Diseño experimental	bloques completos o incompletos	bloques completos o incompletos	ubicación al azar Parc. de observación y semiopinática de PPCR	Bloques completos o parcelas divididas para los tratamientos
Tamaño de la parcela	100 m ² ó 25 árboles	196 m ² ó 49-121 árboles	0,3-1,0 ha	> 10 ha
Forma de la parcela	lineal a cuadrada	Cuadrada	Rectangular	Variable
Espaciamiento inicial	2m x 2m	2m x 2m - 3m x 3m	variable según requerimiento de spp.	variable según requerimiento de spp.
Replicación espacial	4	4	2 - 4	-
Replicación en tiempo	2 - 3	1 - 2	1 - 2	-
No. de lotes	20 - 50	8 - 12	3 - 6	1 - 3
Caracteres principales de evaluación	Sobrevivencia, Crecimiento en Altura	Sobrevivencia, Crecimiento: Altura-dap Forma, Hab. Ramificación, Propiedades de la Madera	Crecimiento dap, Rendimiento m ³ /ha, Forma, Propiedades Tecnológicas de la Madera	Costos, Rendimiento, Desarrollo, según Calidad de Sitio y Régimen de Espesura
Período de evaluación	3 - 5 años	hasta 1/3 del turno comercial posible	de 1/2 al turno comercial posible	hasta el turno comercial posible

Características de los E.E. Bajo Cubierta

Aspectos	Fases de Ensayo			Plantación Piloto
	Eliminación	Prueba	Comprobación	
Diseño experimental	bloques completos o incompletos	Bloques Completos o Incompletos al Azar	Ubicación al azar parcelas observación y semi-opinática de PPCR	Bloques completos o parcelas divididas para los tratamientos
Tamaño de parcela	7,5m ó 15 árboles	50-100m ó 100-200 árboles	0,7-1,0 ha	> 10 ha
Forma de la parcela	Lineal	Lineal	rectangular	Variable
Espaciamiento inicial	7-10m entre líneas 1,5m dentro de línea	7-10m entre líneas 2-2,5m dentro de línea	7-10m entre líneas 2-2,5m dentro de línea	7-10m entre líneas 2-2,5m dentro de línea
Replicación espacial	>10	>10	2 - 4	-
Replicación en tiempo	2 - 3	1 - 2	1 - 2	-
No. de lotes	10-20	5-10	3 - 6	1 - 3
Caracteres principales de evaluación	Sobrevivencia, Crecimiento en Altura	Sobrevivencia, Crecimiento en Altura y dap, Forma, Hábitos Ramificación, Propiedades de la Madera	Crecimiento Diametral, Rendimiento m ³ /ha, Forma, Propiedades Tecnológicas de la Madera	Costos, Rendimiento, Desarrollo, según Calidad de Sitio y Régimen de Espesura
Período de evaluación	hasta 7 años o separación de maleza	hasta 1/3 del turno comercial posible	hasta turno comercial posible	Hasta el turno comercial posible

Fuente: Metodología de Ensayos de Especies. Forestales, IICA, Zona Andina, 1975.

APOYO BIBLIOGRÁFICO

- Barres, H. 1965. Tree species adaptability trials in the lowland humid tropics of Central America. Turrialba, Costa Rica, Inter-American. Institute of Agricultural Sciences of the OAS.
- Burley, J. 1974. Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales. Montes No. 163: 29-34.
- Champion, H. y N. Brasnett. 1959. Elección de especies arbóreas para plantación. FAO. Roma. C. F. 13.
- Cooling, E.N. 1962. Procedures for the trial of exotic species in Northern Rhodesia. Government Print. Lusaka.
- Edwards, M. and R. Howell. 1962. Planning an experimental programme for species trials. 8th-Brit. Comm. For. Conf., East Africa. (Govt. Printer, Entebbe. Uganda.
- FAO. 1969. Guía para ensayo de especies tropicales en América Tropical, (Borrador). Dirección de Montes e Industrias Forestales.
- Golfari, L. 1963. Exigencias climáticas de las coníferas tropicales y subtropicales. Unasyuva, 17(1) 33-42.
- Harris, J.M. 1970. Mejoramiento genético para elevar la calidad de la madera. Unasyuva, 24(2-3): 32-36.
- Higgins, H.G. 1971. Ventajas y desventajas de las latifoliadas. Chile, OEA Universidad de Concepción: Seminario sobre pulpas semiquímicas.
- Leuchars, D. 1962. The planning and practice of trials of exotic species. 8th-Brit. Comm. For. Conf., East Africa (Govt. Printer, Entebbe, Uganda.
- MacKay, E. 1964. Dasometría: teoría y técnica de las mediciones forestales. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes. Madrid, España.
- Morandini, R. 1967. Planning of species and provenance trials. World Symposium on man-made forestland their industrial importance, (FO/MMF: 67), Canberra.
- Morandini, R. 1964. Genética y mejora de las especies exóticas forestales. Unasyuva, 18 (2-3):51-60.
- Ogaya, N. y L. Vincent. 1973. Ensayos de Especies. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida.
- Quijada R., M. 1992. Glosario de Términos de Genética, Fitogenética y Afines, con Especial Énfasis en la Mejora de Árboles. Universidad de los Andes, Consejo de Publicaciones, Mérida, Venezuela.
- Quijada R., M. 1994. Curso de Diseño Experimental. Dirección de Investigación Forestal, Servicio Forestal Venezolano, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, CREBIFOR, Bum Bum, Barinas, Venezuela, 84 p.
- Quijada, M., V. Garay y L. Valera. 1998. Ensayos de progenies de saqui-saqui (*Bombacopsis quinata* Jacq. Dugand) a los 15 años de edad establecido en la Unidad experimental de la Reserva Forestal Caparo, Barinas, Venezuela. Rev. For. Ven. 42(2).
- Rosero, P. 1973. Metodología sobre ensayo de especies forestales. Y Reunión del Grupo de trabajo sobre introducción de especies forestales. IICA y Ministerio de Agricultura y Ganadería (IICA, Serie: Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones No. 25. Quito.
- Silva, R. 1971. Metodología para la investigación en parcelas permanentes de clareo y rendimiento en plantaciones forestales. Instituto Forestal Latino-Americano, Boletín No. 38: 59-89. Mérida. Venezuela.
- Silva, R. 1973. Evaluación de las plantaciones experimentales forestales de la Región de Los Andes Venezolanos. Instituto Forestal Latino-Americano. Mérida. Venezuela.
- Voorhoeve, A. y J. Schulz. 1968. La necesidad de parcelas permanentes de clareo y rendimiento en plantaciones forestales. Instituto Forestal Latino-Americano. Boletín No. 27-28: 3-17. Mérida. Venezuela.
- Wright, J. 1963. Introducción de exóticas. Unasyuva. 17(1).
- Zobel, B. 1973. Coníferas en la Zona Andina Norte. I Reunión del grupo de trabajo sobre introducción de especies forestales (IICA, serie: informes, cursos y reuniones No. 25). Quito.
- Zobel, B. and J. Talbert. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, N.Y., USA.