

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
(CATIE)

Turrialba, Costa Rica

Departamento de Ciencias Forestales

LAS PARCELAS EXPERIMENTALES COMO BASE PARA LOS
PROGRAMAS DE REFORESTACION EN EL SALVADOR

Por: Hugo Zambrana R.

e

Iván H. Mojica

Noviembre 1975

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN

II. LA SELECCION DE ESPECIES

III. CARACTERISTICAS FISICO-CLIMATICAS DEL PAIS

IV. BOSQUE SECO TROPICAL (bs-T)

A - Características de la formación

B - Uso de la tierra

C - Uso de la tierra para fines silviculturales

D - Especies recomendadas

V. BOSQUE HUMEDO SUB-TROPICAL (bh-ST)

A - Características de la formación

B - Uso de la tierra

C - Uso de la tierra para fines silviculturales

D - Especies recomendadas

VI. PARCELAS EXPERIMENTALES

A - Clase de diseño a usar

B - Tamaño de las parcelas

C - Número de repeticiones

D - Etapas y duración de los ensayos

E - Análisis de los resultados

VII. RECOMENDACIONES

A - Ubicación de las parcelas de estudio

D - Recolección de datos

C - Variables a medir en las parcelas

VIII. BIBLIOGRAFIA

RESUMEN

Con el fin de seleccionar especies para ser plantadas en programas masivos de reforestación a nivel nacional, el Servicio Forestal y de Fauna de El Salvador ha puesto en marcha proyectos de experimentación con especies nativas y exóticas reconocidas como de rápido crecimiento.

Debido a la necesidad de los resultados de estos experimentos para impulsar los programas de reforestación y a la falta de métodos de análisis, se elaboró el presente trabajo sobre parcelas experimentales de introducción de especies forestales. Se espera que el trabajo sea una contribución a los programas de investigación y fomento forestal del país.

Se presentan aquí las características locales de las formaciones ecológicas bosque seco Tropical (bs-T) y bosque húmedo Sub-Tropical (bh-ST), según la clasificación ecológica de Holdridge, así como también, las características generales de estas mismas formaciones.

Se exponen diversas opiniones sobre el establecimiento de parcelas experimentales de introducción de especies, tales como: número de plantas por parcela, número de repeticiones, etapas de los ensayos, diseños recomendados y ejemplo para analizar un diseño típico.

Se adjunta una lista de especies con probabilidad de adaptación a ambas formaciones, lo cual se hizo teniendo en cuenta el ambiente nativo de las especies y las zonas de vida donde se piensa llevar a cabo los programas de reforestación.

I. INTRODUCCION

Es reconocido el potencial real que representan los bosques tropicales para contribuir al desarrollo económico de los países que lo poseen, principalmente cuando se trata de bosques húmedos y en condiciones naturales. Pero tal cosa es diferente cuando nos referimos a un bosque seco tropical que ha sido degradado por el hombre y donde la restauración de la vegetación es casi imposible. Lo antes expuesto es una de las características del territorio salvadoreño ya que su superficie boscosa alcanza un 2 por ciento del área total del país y consiste principalmente de bosques de pinos, manglares, bosques de galería y cultivos de café con árboles de sombra.

En 1960, Burgers (5) reportó que las necesidades de madera en el país eran satisfechas, en una mínima parte, con la producción proveniente de los pequeños remanentes de bosques de coníferas. La producción local de leña era suficiente para satisfacer la demanda nacional y provenía principalmente de los manglares y cafetales.

Según FAO (15), el total de las importaciones en productos forestales para 1972 - 1973 alcanzó un valor de US\$19,704,000, esto sin incluir la leña, cuya producción local se elevó a casi 3,000,000 de metros cúbicos (m^3) en ese mismo año y hubo una importación de US\$7,000 de ese mismo producto

Para el Salvador, el coeficiente de consumo ($m^3/1000$ personas) estimado para el año 1990 es de 74.0 de Sawnwood y 6.75 de Plywood (8). Esta prospectiva demanda por productos madereros, como consecuencia de un aumento de la población, ha motivado un programa de reforestación masivo del que se esperan altos rendimientos madereros que satisfagan parte de las necesidades del país, brindar mayor protección a los recursos del suelo y agua, así como también evitar la fuga de divisas.

Existe el consenso general de que las especies exóticas presentan crecimiento superior fuera de su lugar de origen, adaptándose bien a los nuevos sitios y rindiendo más que las especies nativas, las que actualmente presentan poco o ningún valor comercial. Sin embargo, cabe mencionar que algunas especies nativas tienen gran valor protector del suelo y del agua y pueden suministrar productos madereros bajo prácticas de manejo.

El establecimiento de bosquetes experimentales con especies tanto exóticas como nativas de rápido crecimiento ha sido común en los últimos años en América Latina. Según Burgers (5), los datos obtenidos en parcelas establecidas con especies nativas han mostrado crecimientos de 0.5 metros cúbicos (m^3)/Hectárea (Ha.)/Año, lo que es poco cuando se compara con crecimientos de 15.0 a 38 $m^3/ha/año$ obtenidos con algunas exóticas (18).

Basado en estas premisas, la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Ganadería, inició un programa experimental de reforestación con especies exóticas y nativas. Hasta la fecha, las especies foráneas utilizadas en el Salvador muestran un crecimiento muy superior a las nativas.

Debido a que muchos de estos programas experimentales carecen de registros, su valor es bastante limitado. Algunos de los últimos ensayos establecidos parecen tener registros aceptables; sin embargo, éstos consisten de pocos datos sobre un número reducido de especies y procedencias. Por tal motivo y teniendo en cuenta la diversificación de los productos madereros y las nuevas tecnologías, se hace necesario probar más especies para producción de madera en general, así como también, especies que puedan ser fuentes de otros productos tales como resinas, tanino o forraje.

Este trabajo presenta una serie de sugerencias que pueden ser consideradas en futuros programas de ensayos con especies forestales, así como también en la toma de datos y análisis de resultados. Esto se puede aplicar tanto a las investigaciones que se propongan así como a las que actualmente se realizan.

Los objetivos del presente trabajo son:

1. Proponer sugerencias para el establecimiento de parcelas experimentales en la introducción de especies forestales.
2. Sentar bases para normalizar la toma de datos, diseño estadístico, tamaño de parcelas, número de repeticiones y análisis de resultados.
3. Seleccionar un número de especies con características deseables y con mayor probabilidad de tener un comportamiento aceptable dentro de las formaciones* bosque seco tropical (bs-T) y bosque húmedo sub-tropical (bh-ST) según la clasificación de Holdridge (22).

II. LA SELECCION DE ESPECIES

Existen una serie de factores usualmente de tipo ecológico que deben ser considerados en la introducción de especies forestales.

Wright (38) y Boyce (3) enfatizan sobre el comportamiento y características de las especies exóticas en su ambiente natural. El conocimiento de las características de una especie en su área de distribución natural constituyen la mejor guía para conocer las posibilidades de adaptabilidad en su nuevo ambiente. Existe una correlación ambiente nativo - ambiente extranjero en relación a calidad de madera y crecimiento. Algunos de los otros factores a considerarse son:

* Formación vegetal según Holdridge (22) es el conjunto de plantas que imprimen una fisonomía particular al paisaje, como resultado de una acumulación de diversas especies pertenecientes a una forma biológica dominante.

a. La importancia económica como especie indígena. La importancia potencial de una especie como exótica no guarda relación estrecha con la importancia económica que puede tener en su ambiente natural; la introducción de especies forestales que se destinan al abastecimiento de madera, debe satisfacer los requisitos económicos.

Wright (38), Kaushik y Qureshi, citados por Ventorim (36), consideran que la introducción de especies debe cumplir con el fin económico tan pronto como sea posible, es decir, el crecimiento debe ser lo suficientemente rápido para producir materia prima de buena calidad en tiempo corto, en bases económicas razonables. Además de esto, Mok (27) señala que la introducción de especies maderables exóticas debe satisfacer las exigencias locales.

b. Extensión del área natural. Según Wright (38), no existe relación estrecha entre el tamaño del ambiente natural o de una especie y sus posibilidades de empleo con éxito como exótica.

c. Similitud de climas entre las regiones de origen y las de utilización. Thornthwaite (34) manifiesta que las especies pueden adaptarse en condiciones de homoclima o climas homólogos. Wright (38) señala que tal vez los factores más importantes para limitar el éxito de los intercambios de árboles entre diversas regiones son la temperatura y precipitación.

La temperatura influye tanto en el balance hídrico como en el crecimiento directamente. Boyce (3) opina que la cantidad de precipitación y la distribución de la misma durante el año son factores que pueden limitar el crecimiento de una especie. Desafortunadamente, la escasez de datos climáticos y sobre balances hídricos ha causado serias dificultades en este tipo de información.

Sahni (31) pone de presente que muchos programas de introducción de especies son elaborados en base a analogías climáticas entre los lugares de prueba y el lugar de origen de las especies. Morales (28), en base a la metodología de Holdridge (20) donde se involucra principalmente parámetros climáticos, estableció una zonificación ecológica de especies forestales en Perú. Salazar (32), empleando la metodología de Burgos (6), y usando los parámetros agroclimáticos, hizo el mismo trabajo para Honduras. Golfari (17), usando la metodología propuesta por Thornthwaite (34), desarrolló una clasificación de sitio para reforestar con coníferas algunas áreas del Brasil; esta clasificación se hizo estableciendo un balance hídrico entre precipitación anual y evapotranspiración.

Ventorim (36), basado en que el sistema de Holdridge se usa en América Latina para clasificación de zonas de vida, recomienda el uso de éste como primera aproximación para la selección de especies maderables. Sin embargo, todos estos trabajos adolecen en considerar los cam-

bios y deterioros de los ambientes una vez que la masa boscosa original ha sido eliminada para fines agropecuarios, urbanísticos o industriales. Un suelo empobrecido u agotado en la región cafetalera puede presentar condiciones desfavorables para adaptabilidad de especies, lo que no sucedría en un suelo recién talado y dedicado para tal cultivo. Es posible que las condiciones de empobrecimiento, afloración del suelo mineral, la pérdida de la capacidad de almacenaje de agua en el suelo y el aumento de calor sensible en estos sitios ocasionen cambios de condiciones ambientales no considerados por la simple toma de los datos de temperatura y precipitación. Así por ejemplo, es posible que especies del bosque seco-tropical (bs-T) del sistema de Holdridge, puedan adaptarse bastante bien a suelos degradados de la formación bosque húmedo - premontano del mismo sistema. Vale la pena considerar que la capacidad de los árboles para desarrollarse en condiciones diferentes de aquellas que prevalecen en su ambiente natural varía según la especie. En cuanto a esto, Wright (38) establece que no existen características morfológicas o fisiológicas generales que permitan identificar las especies plásticas sin una previa experimentación efectiva. Esta característica también es conocida como plasticidad de una especie.

d. Importancia del género. Wright (38) expresa que los monotipos muchas veces están libres de plagas, ya que no tienen parientes cercanos desde los cuales puedan propagarse fácilmente plagas y enfermedades porque éstos se limitan a grupos pequeños de especies afines; sin embargo, no se garantiza que una especie que sea excepcionalmente rústica, tenga buena forma o buena calidad de madera.

e. Posibilidades como especie parental en la hibridación. Wright (38) recomienda la introducción de especies que puedan utilizarse como progenitores de híbridos.

f. Disponibilidad de semillas. Un punto importante en los programas de introducción de especies es la disponibilidad de semillas de buena calidad. En esto está conforme Champion y Brasnett (10), quienes sostienen que la falta de semillas ha impedido la continuación de programas con especies consideradas como aptas.

g. Variabilidad genética intraespecífica. Casi toda especie cuyo ambiente es extenso posee una variedad genética suficiente para que los resultados obtenidos con un solo biotipo en un país extranjero no ofrezca indicios muy aproximados de las posibilidades de la especie en ese país. Basados en esto, Soares (33), Burley (7) y Wright (38) sostienen que las pruebas de procedencia son recomendables.

III. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PAIS

A. Localización

La superficie del territorio salvadoreño es de 20,000 kilómetros cuadrados (km²) aproximadamente y está ubicada entre los paralelos 13° 10' y 14° 28' de Latitud Norte y entre los meridianos 87° 04' y 90° 05' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. Limita al norte y este con la República de Honduras, al oeste con la República de Guatemala y al sur con el Océano Pacífico. Según Martínez (25) la longitud promedio es de 208 km, paralelos a la Costa del Pacífico.

B. Topografía

En general la topografía es muy quebrada, con varios accidentes a corta distancia, y se destacan entre ellos la planicie costera y dos cordilleras. La cadena costera de formación volcánica reciente, y al norte se localiza la montaña fronteriza que forma parte de la Sierra Madre Centroamericana. Entre ambas cordilleras se encuentra la Meseta Central y valles interiores.

C. Geología

Las formaciones geológicas más antiguas del período terciario y cretáceo está constituido generalmente por material consolidado de baja permeabilidad. Se presentan además, formaciones geológicas del período cuaternario que ocupan un 45% del territorio.

D. Suelos

Son de origen volcánico y aluvial. En general, la planicie costera tiene suelos aluviales con predominio del grupo regosol. En la cadena costera se localizan suelos forestales regosoles, formados por cenizas volcánicas recientes.

E. Clima

Según Martínez (25), el país está situado en la parte exterior del cinturón climático de los trópicos y su clima se caracteriza por tener condiciones de térmicas más o menos iguales durante todo el año, siendo las temperaturas promedios de 19.1°C a 30.6°C.

La precipitación atmosférica media anual es de 1800 milímetros (mm), presentando grandes oscilaciones a través del año, con una estación lluviosa de mayo a octubre y una seca de noviembre a abril. En esta estación ocurren los "nortes" (alisios) que transportan masas de aire fresco del Artico a los trópicos. Según el sistema de la clasificación ecológica de Holdridge (22) existen en el país cuatro zonas de vida o formaciones vegetales. El área ocupada por cada

formación y el porcentaje referente al área total del país se presenta en el cuadro 1. Según este cuadro, un 82.0 por ciento del área se encuentra en las formaciones bosque seco tropical y bosque húmedo sub-tropical. O sea las regiones ganaderas y cafetaleras respectivamente. La figura 1 o sea el mapa de El Salvador, presenta la distribución de las dos zonas de vida previamente descritas y que son el interés de este trabajo.

Cuadro 1. Area que ocupan las formaciones vegetales en El Salvador*

El Salvador	Area km ²	Por ciento del área total %
Bosque muy húmedo montano bajo	280	1.30
Bosque seco sub-tropical	740	3.44
Bosque húmedo sub-tropical	5.740	26.90
Bosque seco tropical	11.813	55.20
Asociación de terrenos inundables	2.820	13.16
	TOTAL 21.393	100.00

* Datos tomados del mapa ecológico de El Salvador preparado por L.R. Holdridge (22).

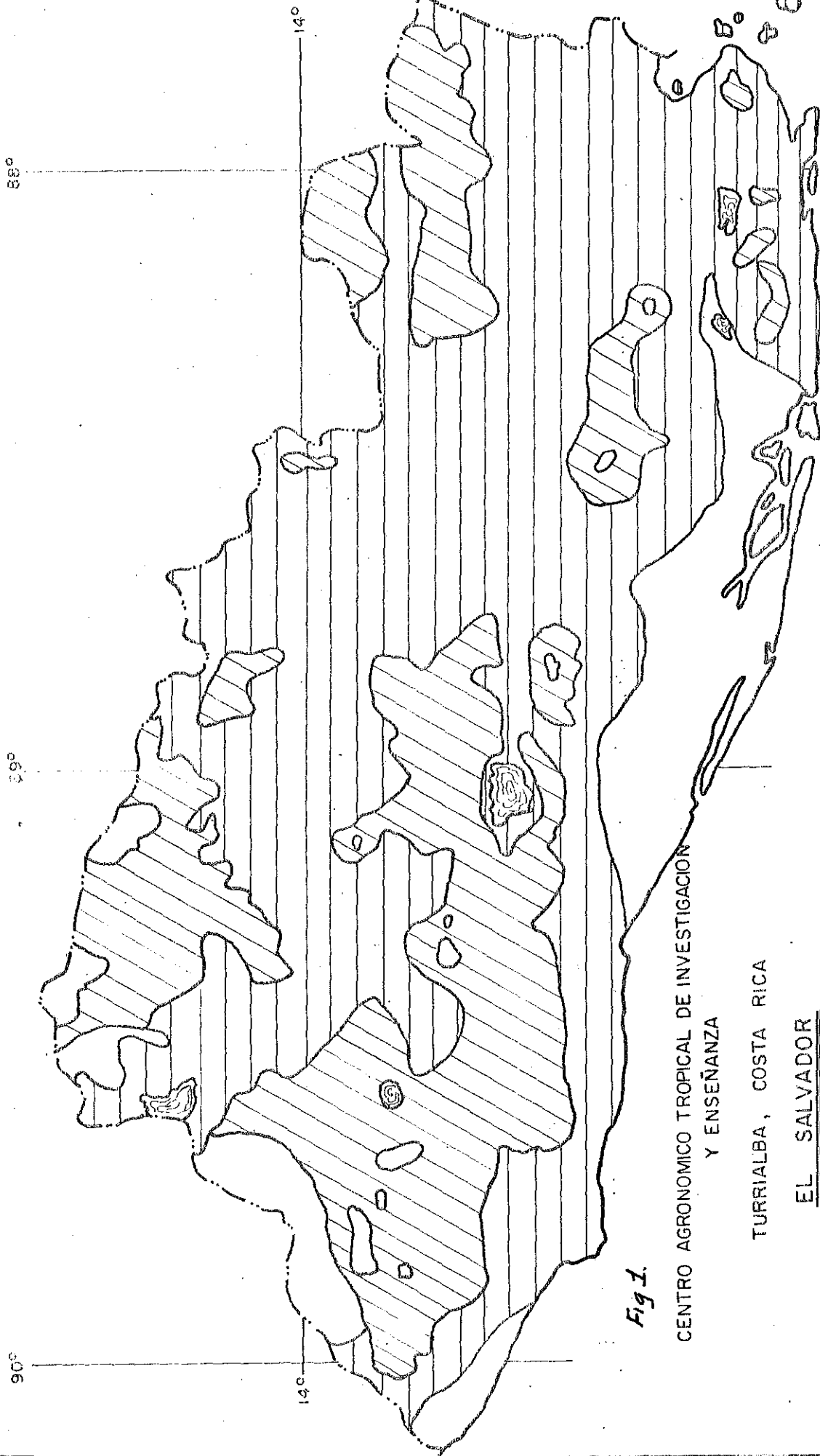




Fig 1.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION
Y ENSEÑANZA
TURRIALBA, COSTA RICA
EL SALVADOR

SIMBOLOGIA

-  Bosque Seco Tropical
-  Bosque Húmedo Subtropical

Dibujó: Emilio Ortiz C. Aprobó: I. H. Mojica

Escala 1:1.000.000 Fecha: Diciembre 1975

Mapa mostrando las zonas de vida Bosque Seco Tropical (BS-T) y Bosque Húmedo Subtropical (Bh-ST). Tomado del mapa ecológico de El Salvador preparado por Holdridge. San José, Costa Rica, 1953

IV. BOSQUE SECO TROPICAL (bs-T).

A. Características generales de la formación

Como expuesto en el Mapa 1, la formación bosque seco tropical abarca 11.813 km² o sea un 55.2 por ciento del área del territorio del país. Según el sistema de Holdridge, esta formación recibe entre 1000 y 2000 mm de precipitación anual con una biotemperatura media anual superior de los 24°C. La relación de Evapotranspiración oscila entre 1.0 y 2.0; es decir, la Evapotranspiración potencial media anual es un poco mayor del doble de la precipitación. Datos de precipitación de estaciones ubicadas dentro de esta zona arrojan valores medio anual de lluvia entre los 1300 y 2000 mm (13). La distribución anual de esta no es uniforme; la estación lluviosa va de mayo a octubre y la estación seca de noviembre a abril.

Valores de velocidad de viento son usualmente entre 1.0 y 2.0 metros/segundo (m/s); sin embargo, se reportan valores máximos absolutos de 30.0 m/s.

Henderson (19) ha elaborado localmente mapas que contienen isolíneas de Evapotranspiración potencial, balance y déficit hídrico. Desafortunadamente no se poseen datos de almacenamiento de agua de los suelos; de tal manera que asumir cualquier valor no trae mucho beneficio. A pesar de esto, un criterio sobre el balance hídrico de esta formación en El Salvador, puede ser obtenido de la figura 2, que consiste en la distribución mensual de las lluvias de la estación climática de Izalco y valores estimados de Evapotranspiración Potencial según el sistema de Holdridge. En esta figura puede observarse la excesividad y deficiencia hídrica representada por los meses de exceso de agua que van de mayo a octubre y los meses de déficit van de noviembre a mediados de abril. Según este gráfico, de mayo a octubre hay un exceso de 200 mm y un déficit de 160 mm, entre diciembre y abril.

Según Hunter (23), los niveles altitudinales de la formación bosque seco tropical del sistema Holdridge van desde 0.00 a 700 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Esto coincide bastante bien con la sabana tropical caliente de la clasificación de Köppen y cuyos límites altitudinales y térmicos son 0 - 800 m.s.n.m. y 22°C-28°C respectivamente.

Según Tosi (35), esta formación está constituida típicamente por tierras bajas de la región tropical. En los meses en que la vegetación se pone en descanso los restos orgánicos se acumulan sin descomponerse y no hay formación de ácidos o hidrólisis. Debido a la pronunciada evapotranspiración, el agua se mueve de abajo hacia arriba por lo que las bases y coloides no descienden a niveles inferiores y es posible que suban de nuevo, reduciendo al mínimo el efecto del lavado interior.

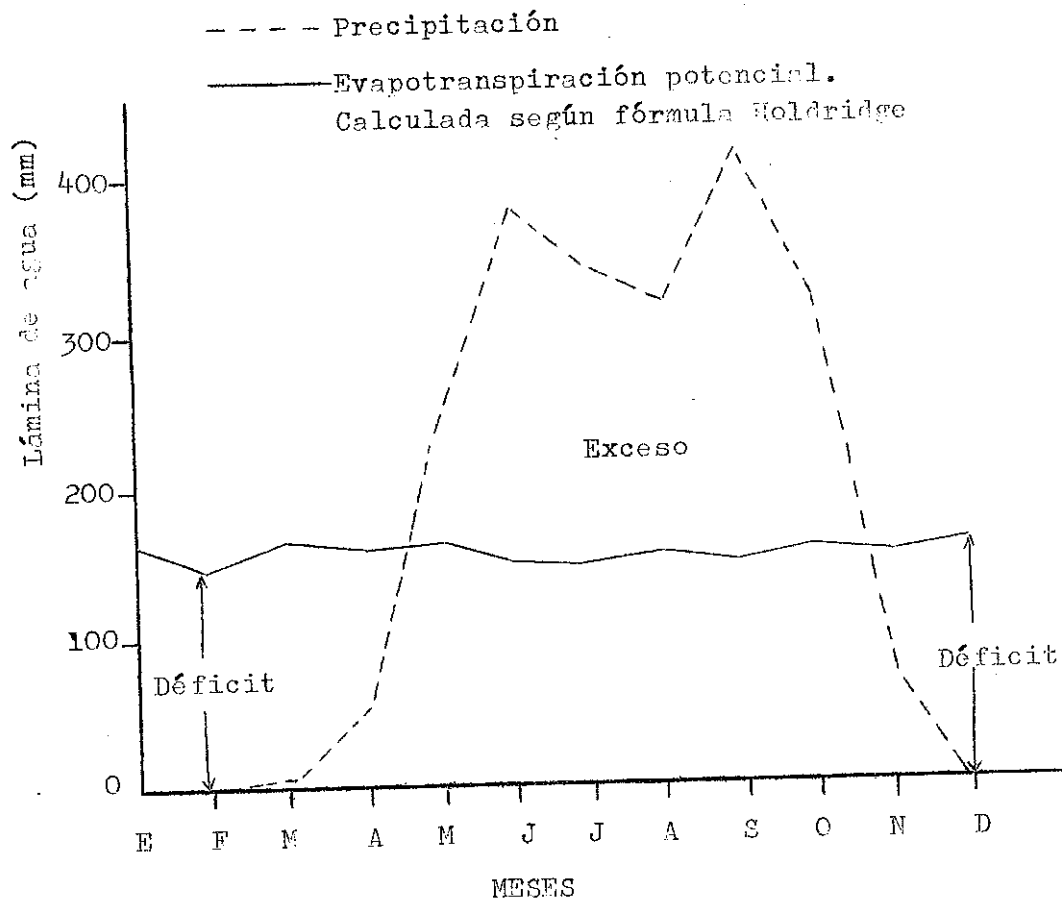


Fig. 2. Balance hídrico mensual para una estación típica de la formación bosque seco Tropical. Datos de la Estación Climática de Izalco

En lugares de pendiente suave hasta moderadamente accidentada, donde el drenaje es bueno pero no excesivo, pueden formarse suelos de fertilidad y potencialidad alta, con textura mediana, normalmente francos y permeables. Por lo general los suelos son ligeramente alcalinos o neutros. Los mejores suelos son los aluviales recientes no inundables, los cuales se consideran aptos para cultivos como maíz, caña de azúcar, frutales, cucurbitáceas, etc.

Hunter (23) menciona que grandes áreas de América Latina están en esta formación ejemplo de éstos son: parte de la Cuenca del Amazonas, los bosques bajos del Perú, de Bolivia y Colombia, la Costa Pacífica del Istmo Centroamericano y Cuba.

Se piensa que por la larga sequía, estas áreas son dudosamente aptas para explotación ganadera, pero según Alba, citado por Hunter (23), esta es una de las mejores zonas de vida para tal fin.

Tosi (35) agrega que por lo general esta formación posee alto potencial de desarrollo económico y social. Aunque las quemas y el exceso de pastoreo en esta formación ha originado los llamados llanos, sabanas o chaparros con producción de pasto de mala calidad, aquí pueden crecer gran cantidad de plantas tropicales, siempre que se favorezca el desarrollo de suelos relativamente productivos y permanentemente laborables.

1. Fisiografía

En general, la formación posee cerros de altura moderada, disecionados que van desde planicies aluviales con dos por ciento de pendiente, ondulados, hasta muy accidentados. Por lo general las pendientes más fuertes se presentan en laderas y quebradas (25).

2. Geología

Según Martínez (25), la formación más antigua es del período terciario y cretáceo y consiste de material consolidado en estado avanzado de meteorización. Además, existen también otras formaciones geológicas volcánicas y sedimentarias del cuaternario que ocupan un más del 50 por ciento del territorio y gran parte de esta formación.

Según el levantamiento general de suelos (14), las capas inferiores están compuestas de rocas basálticas, andesíticas y riolita; la roca madre está compuesta de toba, lodo o conglomerados volcánicos.

3. Suelos

a - Regosoles aluviales. Estos suelos son de origen volcánico y aluvial y según la clasificación de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (14), la planicie costera tiene suelos aluviales con predominio del grupo regosol. Estos mismos también se encuentran cerca de los ríos y contienen además de material sedimentado, cenizas volcánicas recientes que fueron depositados cubriendo litosoles y latosoles arcillo-rojizos primitivos.

El drenaje es de malo a excesivo y en muchos casos los suelos tienen baja capacidad de retención de humedad. El color varía entre café oscuro a negro y la textura es franco arcillosa o franco arenosa.

En su mayoría estos suelos son bastante fértiles, están cubiertos por cultivos agrícolas en sistemas intensivos desde hace varios años. Estos cultivos generalmente son: caña de azúcar, maíz, algodón, frijol, arroz.

b - Grumosoles. Son suelos arcillosos, pesados, de color gris oscuro o negro, plásticos o pegajosos, de permeabilidad lenta que se encuentran en las planicies. En la estación lluviosa son muy húmedos y cohesivos y en la estación seca son áridos, agrietados y difíciles de

trabajar (14). Según Martínez (25), este grupo se encuentra usualmente en valles internos y en la Meseta Central.

c - Litosoles. Suelos superficiales, pedregosos y poco desarrollados sobre rocas duras que se encuentran principalmente en pendientes accidentadas. Estos suelos también se pueden apreciar en las áreas erosionadas que fueron cubiertos por cenizas volcánicas.

Usualmente las áreas donde se encuentran estos suelos son de difícil laboreo.

d - Latosoles arcillo-rojizos. Son suelos complejos, pedregosos, fuertemente diseccionados y moderadamente profundos con permeabilidad y fertilidad de moderada a baja. Se clasifican como de baja utilidad, en muchos casos no es posible el uso de maquinaria agrícola. El drenaje puede variar de bueno a malo. Son tierras bastante secas fuera de la época lluviosa. Forman parte de los grupos de suelos zonales* que antes de ser alterados tenían gran profundidad y horizonte superficial franco (14).

B. Uso de la tierra

A excepción de las planicies aluviales, el resto de las áreas de esta formación están bajo actividades agropecuarias con bajo rendimiento. A excepción de algunas áreas bajo riego; la agricultura en esta formación parece ser un negocio marginal.

Son áreas con recursos físicos limitados y con métodos intensivos de producción pueden traer pérdidas en lugar de beneficios. Sin embargo, estas áreas pueden ser aprovechadas para la explotación forestal o ganadera de carácter extensivo.

Las áreas con ganadería extensiva, tienen pasto y vegetación arbustiva natural en todo tipo de pendiente.

La cobertura vegetal de la formación consiste principalmente de pastos. Sin embargo, a los lados de los ríos y quebradas se encuentran pequeños parches con bosque natural.

Los pastos mayormente distribuidos en la formación son el Jara-gua (Hypparrhenia rufa), el Parí (Panicum purpurescens) y Guinea (Panicum maximum).

* Suelo zonal: según Holdridge es aquel desarrollado en una asociación donde los factores ambientales son normales para la zona de vida (20).

La vegetación arbórea está generalmente formada por especies compuestas macro y micro foliadas que usualmente son caducifolias. La altura de los árboles usualmente no excede los 15 metros y abundan copas redondeadas, semiplanas y extendidas en relación a su altura. El epifitismo es reducido; sin embargo, existen algunas trepadoras y lianas. Las palmas son escasas.

Antes de ser cortados, estos bosques fueron lo más productivos en maderas preciosas. La mayoría de las especies con valor comercial desaparecieron en El Salvador antes de 1940. Pero Burgers (5) manifiesta que antes de esa fecha existieron maderas como:

Caoba (Swietenia humilis)
Cortez (Tabebuia pentaphylla)
Pochote (Bombacopsis quinata)
Cenícero (Pithecollobium saman)
Guanacaste (Enterolobium cyclocarpum)
Primavera (Cybistax donnell-smithii)

C. Uso de la tierra para fines silviculturales

Como ya se mencionó, la vegetación original, principalmente en las áreas planas, fue talada a principios de este siglo, cuando comenzaron los cultivos comerciales de añil, luego algodón y caña de azúcar. Esas áreas por lo general se han mantenido en producción agrícola desde que se taló el bosque, pero las áreas con pendientes pronunciadas que fueron taladas para cultivos, luego pasaron a uso en ganadería extensiva, que en su mayoría es como se encuentran hasta la fecha.

Por el grado de deterioro y por las características de la precipitación, se piensa que posiblemente estas áreas tienen un rendimiento mayor en actividades silviculturales, y por tal motivo se presentan algunos criterios.

Holdridge (21) da un valor de 45 al Índice de Complejidad* de esta formación. Este índice está determinado por el número de árboles, diámetro promedio, altura de árboles dominantes. Este valor podría usarse como indicador para apreciar que en condiciones naturales, esta formación tiene una productividad inferior a otras formaciones como el bosque húmedo o muy húmedo tropical y por lo tanto no podrá esperarse una productividad tan alta como en estas últimas. Las características del lugar, principalmente el balance hídrico y la fisonomía de la vege-

* El Índice de Complejidad es una estimación de la productividad potencial de un ecosistema y éste dado por la fórmula $Ic = 10^{-3} hbds$ (20).

tación, independientemente de los factores que han provocado ésta, le dan una característica de sabana.

Según McCombe y Jackson (26), el aspecto de los árboles, su lento crecimiento y la poca utilidad puede dar una imagen totalmente errónea de la productividad potencial de muchas de estas áreas y de hecho de su productividad actual si se planta con especies exóticas. Ahora cuesta entender que muchas maderas valiosas se explotaron de esta zona, cuando su índice de productividad es tan bajo. Parece que la cantidad y distribución de la lluvia es un factor limitante.

Mok (27) menciona que es fácil destruir la vegetación forestal en climas secos ya que pasan largos períodos sin humedad que hace muy lenta la evolución hacia una vegetación forestal.

Budowski (4) y Hunter (23) mencionan que en estas zonas con lluvia de tipo monzónico se ha impedido el reestablecimiento natural del bosque por las quemadas, con el fin de producir pasto al final de la estación seca.

Verduzco (37) manifiesta que la regeneración natural se ve impedida por la carencia de semilla, lo que hace que pasen períodos largos para reestablecer la vegetación. Pensando en esto, Budowski (4) sugiere que cuando existen árboles proveedores de semilla, lo mejor es proteger el área y esperar el proceso natural de sucesión, más que todo cuando lo que necesita es protección.

Respecto al estado de deterioro, Verduzco (37) expresa que la eliminación de la cubierta vegetal y el uso de los suelos para el pastoreo aumenta la compactación y disminuye la infiltración y por lo tanto, el escurrimiento superficial aumenta.

Este mismo autor menciona que existe una relación directa entre perturbación o permeabilidad con tendencia descendente. A mayor cantidad de incendios, pastoreo, cortas irracionales y agricultura, menos agua pasa a través del suelo. También, Budowski (4) menciona que las áreas planas sometidas a este mismo proceso tienen problemas de drenaje debido a la compactación.

McCombe y Jackson (26) habla de las propiedades físicas de los suelos de sabana como factores de crecimiento. Para producir árboles útiles con clima de sabana, con temporada de sequía aguda y larga, se requiere suelo que absorba y almacene grandes cantidades de agua disponible durante la temporada de lluvia y que permita la penetración y función de las raíces en las capas más profundas. Para determinar el grado en que los suelos reúnen estas condiciones es necesario conocer las propiedades físicas del suelo y su capacidad de almacenamiento de agua. La distribución de la humedad durante el año da una imagen clara del balance hídrico de la zona.

te que parte de estas deficiencias ya han sido superadas.

También, la mayoría de las especies forestales nativas tienen poco valor comercial o un crecimiento lento o sufren de plagas como el cedreo (Cedrela sp.) o el varillo (Callophyllum brasiliense).

Basado en las condiciones antes expuestas, se podría concluir que la reforestación en la zona tropical de El Salvador es bastante difícil. La larga temporada seca de 6 meses, con fuertes vientos secos del norte produce pérdidas elevadas en plantaciones jóvenes. Además, los bejucos y otras malezas ahogan los árboles recién plantados en la época lluviosa.

D. Especies recomendadas para el bosque seco tropical (bs-T)

<u>Acacia arabica</u>	<u>E. confertiflora</u>
<u>Acacia catechu</u>	<u>E. descorticans</u>
<u>Albizzia falcata</u>	<u>E. gomphocephala</u>
<u>Albizzia lebbek</u> Miq.	<u>E. grandis</u>
<u>Anthocephalus chinensis</u>	<u>E. maculata</u>
<u>Bombacopsis quinata</u>	<u>E. melanoxyton</u>
<u>Cassia siamea</u>	<u>E. microtheca</u>
<u>Casuarina cunninghamiana</u> Miq.	<u>E. paniculata</u>
<u>Casuarina equisetifolia</u>	<u>E. pruinosa</u>
<u>Casuarina glauca</u>	<u>E. saligna</u>
<u>Casuarina stricta</u>	<u>E. tereticornis</u>
<u>Cordia alliodora</u>	<u>Gmelina arborea</u>
<u>Enterolobium cyclocarpum</u>	<u>Pinus caribaea</u> var. <u>bahamensis</u>
<u>Eucalyptus alba</u>	<u>Pinus caribaea</u> var. <u>cubensis</u>
<u>E. brassi</u>	<u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u>
<u>E. brownii</u>	<u>Pinus tropicalis</u>

V. BOSQUE HUMEDO SUBTROPICAL (bh-ST)

A. Características generales de la formación

Según Holdridge (20), las áreas de esta formación reciben entre 1000 y 2000 mm de precipitación media anual; la temperatura media durante el año oscila entre 18 y 24°C, y la relación de evapotranspiración potencial está entre 1.0 y 0.5.

Registros meteorológicos de estaciones localizadas en esta formación muestran valores anuales que van entre los 1500 y 2000 mm (13) y al igual que la zona de vida ya descrita, la distribución de la lluvia es estacional siendo la época lluviosa de mayo a octubre y la seca de noviembre a abril. La velocidad media del viento es entre 1.5 - 3.0 m/s, pero se han registrado valores mayores de 30 m/s.

En términos generales el balance hídrico de la formación se puede considerar favorable; ésto se debe a que llueve aproximadamente la misma cantidad que se evapora. Estas características hacen de esta formación una de las mejores zonas de vida para el hombre y muchas actividades agropecuarias.

La figura 3 presenta la distribución mensual de la lluvia y las pérdidas potenciales de evapotranspiración. Esta formación, como la anterior, presenta excesos de agua de mayo a octubre y déficit de noviembre a abril. Sin embargo, las pérdidas por evapotranspiración son menores. Puede notarse en la figura que existe un déficit de humedad de 100 mm en los meses de diciembre a marzo y un exceso de 200 mm para los meses de junio a octubre.

Debido al estado avanzado de deterioro en que se encuentran algunos suelos, resulta un poco difícil establecer la vegetación arbórea original. Sin embargo, es posible el establecimiento de parcelas experimentales con especies nativas y exóticas. Las áreas que presentan afloramientos rocosos deberían dejarse a la regeneración natural.

Por la precipitación y la altura a que se encuentra la formación, el establecimiento de vegetación es necesario tanto para producir madera (donde sea posible), como para proteger el suelo del proceso erosivo y avenidas en las partes inferiores que en muchos casos son áreas de vivienda o valles agrícolas.

Según Tosi (35), el clima puede considerarse favorable para establecer plantaciones forestales en los suelos fértiles, profundos y de pendiente de moderada a alta. Además Denis (11, 12) recomienda el establecimiento de bosques maderables con fines de producción. Pero Hunter (23) expresa que la silvicultura en esta formación no es recomendada ya que son pocas las especies que se encuentran aquí, siendo

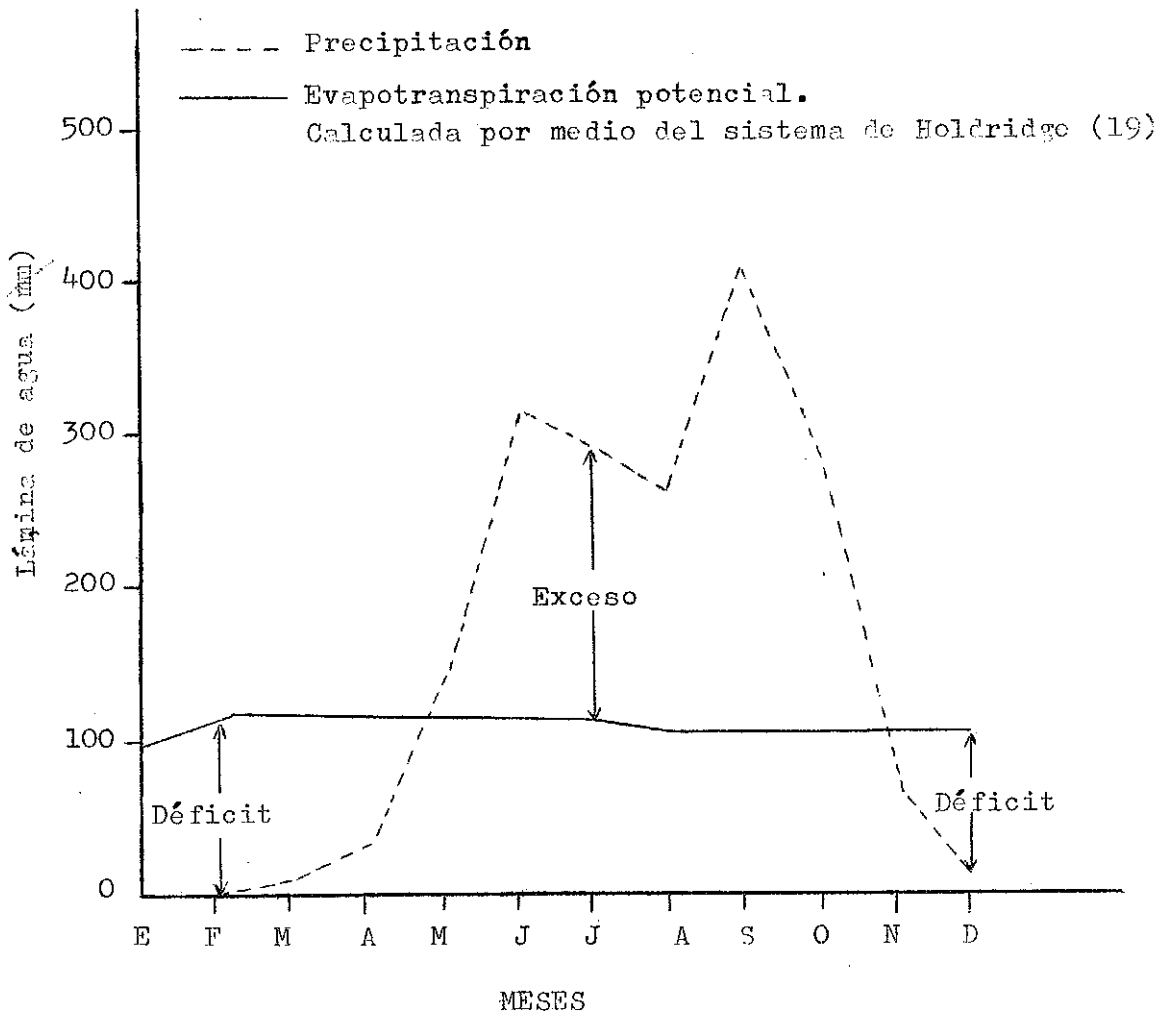


Fig. 3. Balance hídrico para una estación típica de la formación bosque húmedo Sub-Tropical. Datos tomados de la Estación Climática de Santiago de María.

el ciprés (Cupressus lusitanica) una de ellas. Además suministra una lista de especies que pueden ensayarse dentro de esta formación.

En términos climáticos, esta zona de vida tiene condiciones especialmente favorables para establecimiento de comunidades humanas, razón por la cual existe una concentración dentro de esta formación.

El pino ocote (Pinus oocarpa), que es una especie que se encontraba desde la parte media de la formación, ha desaparecido por el aprovechamiento de los pinares. El crecimiento de esta especie en los suelos pobres al norte es bastante lento. Es posible que en sitios más fértiles este pino pueda alcanzar mayor desarrollo.

1. Fisiografía

En esta formación se encuentran áreas montañosas accidentadas, fuertemente diseccionadas por drenajes naturales que han formado pequeños valles intermedios. Las pendientes son variables, pero usualmente son mayores del 30 por ciento.

2. Geología

En general, el material geológico de esta formación es semejante al encontrado en el bosque seco Tropical, ya mencionado. Los muestreos dentro de la formación dejan ver materiales tales como cenizas blancas pomicíticas, lavas piroclásticas, escorias máficas y lavas basálticas.

3. Suelos

En su mayor parte los suelos de esta formación en el país pertenecen a los grandes grupos de suelos latosoles pardo forestales, litosoles y regosoles. Estos dos últimos cubren la mayor parte de la formación. La profundidad es variable y la textura puede ser franco, franco arenoso o arcilloso.

En algunos casos existen estratos inferiores impermeables y material volcánico con cenizas pomicíticas, tobas, escorias máficas y lavas.

Principalmente los litosoles presentan poca profundidad, están sometidos a desgaste continuo y en muchos casos presentan afloramientos rocosos. El drenaje es variable y en su mayoría guardan poca humedad.

Tosi (35) expresa que los suelos tienen menos problemas de lavado y por lo general el sub-suelo menos meteorizado que las formaciones más húmedas, la acidez es moderada, los ritmos de acumulación y destrucción de materia orgánica son aproximadamente iguales. Cuando existe una estación seca bien marcada la materia orgánica se acumula en la superficie del suelo sin descomponerse y la lixiviación se paraliza y quizás las bases y coloides suban de nuevo, reduciendo el efecto de lavado. El clima y la vegetación son responsables de una marcada reducción del proceso de laterización.

Pueden encontrarse dentro de esta formación suelos aluviales en las partes bajas de los valles o áreas sujetas a inundaciones periódicas, los cuales pueden ser muy fértiles disponibles para uso agrícola por mucho tiempo e ideales para una gran cantidad de cultivos.

B. Uso de la tierra

Las condiciones climáticas de esta formación son favorables para una gran variedad de usos agrícolas de los terrenos. Gran parte de éstas están cultivadas con café, en donde se encuentran plantaciones de todas las edades. En muchos casos se hacen prácticas de conservación de suelo e intensas prácticas de ahoyado. También existen áreas con cultivos básicos como maíz o frijol en todo tipo de pendiente.

Gran parte del bosque natural de esta formación fue eliminado paulatinamente desde el siglo pasado, para dedicarle al cultivo del café. Dicho cultivo ha sido una fuente de exportación y base de la economía nacional por muchos años. Hoy día, parte de estos cafetales que fueron bastante productivos ha llegado a deteriorarse y a tener rendimientos muy bajos.

En los lugares con lluvias de tipo monzónico, los cultivos de ciclo corto son más característicos. Pero es de anotarse, que a nivel mundial el cultivo de café se recomienda para esta formación, sobre todo en aquellos sitios con alta fertilidad. Otros cultivos que se producen con éxito en esta formación son el té, pija, tabaco, hortalizas y muchos frutales.

C. Uso de la tierra para fines silviculturales

Las fluctuaciones que han sufrido los precios del café han hecho pensar en programas de diversificación de especies forestales para estas zonas (9), sobre todo cuando se trata de cafetales viejos.

La producción de madera se tiene como una alternativa de estos programas de diversificación, ya que la productividad forestal de la formación no queda en duda si se observa que dentro de las plantaciones de café aún se encuentran árboles de grandes dimensiones que tienen valor comercial, además de los miles de cuerdas de leña anuales que se extraen de los árboles de sombra (5). Las condiciones climáticas favorables hacen de esta formación la zona ideal para la producción de alimentos. Sin embargo, áreas marginales para actividades agropecuarias y zonas que por sus condiciones topográficas no son aptas para tales actividades son un potencial para la expansión y uso de los recursos forestales.

D. Especies recomendadas para el bosque húmedo Sub-Tropical (bh-ST)

<u>Acacia arabica</u>	<u>E. grandis</u>
<u>A. melanoxilon</u>	<u>E. microtheca</u>
<u>A. senegal</u>	<u>E. paniculata</u>
<u>Araucaria cunninghamii</u>	<u>E. pilularis</u>
<u>Callitris robusta</u> R. Br.	<u>E. pruinosa</u>
<u>Cassia siamea</u> Lam.	<u>E. robusta</u>
<u>Casuarina equisetifolia</u> Mier.	<u>E. saligna</u>
<u>Casuarina glauca</u>	<u>E. sideroxylon</u>
<u>Cupressus lusitanica</u>	<u>Gmelina arborea</u>
<u>Eucalyptus alba</u>	<u>Khaya anthotheca</u>
<u>E. albens</u>	<u>K. senegalensis</u>
<u>E. botryoides</u>	<u>P. caribaea</u>
<u>E. brassii</u>	<u>Pinus elliottii</u>
<u>E. brownii</u>	<u>P. kasya</u>
<u>E. camaldulensis</u>	<u>P. oocarpa</u>
<u>E. citriodora</u>	<u>Tectona grandis</u>
<u>E. decorticans</u>	
<u>E. deglupta</u>	
<u>E. diversicolor</u>	
<u>E. gomphocephala</u>	

VI. PARCELAS EXPERIMENTALES

Según Ventorim (36), los métodos usados en el pasado para determinar el comportamiento de especies forestales son empíricos. Hoy día, en el mejoramiento de árboles forestales es indispensable utilizar los métodos estadísticos. La aplicación correcta de estos métodos sirve para descartar una serie de información poco inteligible y de poca importancia en relación con las especies que se estudian. Según Wright (38), la estadística permite determinar en qué medida se pueden obtener resultados a partir de esos datos.

Siegel, citado por Ventorim (36), expresa que observaciones poco precisas pueden ser asociadas con pruebas estadísticas no paramétricas y éstos permiten afirmar que una especie forestal A posee mejor crecimiento que B.

A. Clase de diseño a usar

Según Wright (38) y Le Barron (24), una disposición en bloques completos con distribución al azar (representándose una vez cada especie en cada repetición) parece la más satisfactoria para los ensayos de campo de introducción de especies. Burley (7) pone de presente que los ensayos deben ser:

- a) Sencillo: llevarlo personal relativamente poco experto.
- b) Flexible: el diseño de campo pueda ajustarse a condiciones locales.

- c) Que posea resistencia: la pérdida de parcela o bloque no impida el análisis.

Cuando el número de tratamientos es pequeño (5-7) y la variación ecológica ocurre en dos direcciones, un diseño útil es el cuadrado latino en el cual cada tratamiento aparece una vez en cada columna vertical y en cada hilera horizontal. Según este mismo autor (7), cuando el número de especies es elevado, los bloques incompletos son más recomendables. Para esto debe usarse el mismo diseño en el campo y vivero; y la decisión sobre qué tipo de diseño seguir debe basarse en: a) el patrón de variación del sitio, b) el número de tratamientos a examinar y c) la variación sobre el material a plantar. Este último detalle es poco conocido con precisión al comienzo de un experimento y el nivel medio de tratamiento esperado puede que no se sepa, pero tienen que hacerse los estimados para determinar el número de réplicas requeridas para obtener la precisión deseada.

Cuando en una combinación factorial se aplican dos o más tipos de tratamientos, puede ser posible aplicar un tipo de tratamiento a parcelas relativamente pequeñas mientras que el otro está aplicado a parcelas más grandes. Para evitar hacer todas las parcelas de la misma capacidad, el diseño de parcelas divididas puede usarse con cualquiera de los diseños descritos anteriormente. Por ejemplo, si queremos comparar especies con fertilizante y sin él, este arreglo puede ofrecer buenos resultados.

B. Tamaño de las parcelas

Al problema del estudio del tamaño de las parcelas en genética forestal, Wright (38) aplicó la técnica estadística clásica. Midiendo la altura y diámetro de cada árbol, en 6 plantaciones y luego dividiendo cada plantación en parcelas de 1, 2, 3, 4, 5, etc. calculó la varianza de las medias de las parcelas para cada tamaño de parcela en cada plantación. Suponiendo que las parcelas de un solo árbol tuvieron una eficacia relativa de 100 por ciento, determinaron la eficacia relativa de las parcelas de "n" árboles mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Información relativa por árbol} = \frac{\text{Varianza de parcelas de un solo árbol}}{n (\text{Varianza de parcelas de } n \text{ árboles})} = \frac{V_1}{nV_n}$$

Obteniendo una curva continua para mostrar la relación entre tamaño de parcela y eficacia experimental, se calcula el coeficiente de regresión para dicha fórmula.

$$\text{Log } V_n = \text{Log } V_1 - b \text{ Log } n$$

Esta fórmula es la expresión logarítmica de la ecuación exponencial:

$$V_n = \frac{V_1}{n^b}$$

Los resultados obtenidos por este mismo autor muestra que la eficacia* relativa disminuye a un 40 por ciento cuando el número de árboles pasa de 1 a 4 árboles.

Smith, citado por Wright (38), incluye lo que se conoce como remunerabilidad de los costos (máximo de resultado por cada unidad de dinero). El autor desarrolló una ecuación con la que obtiene el número óptimo de árboles por parcela para una remunerabilidad máxima de costos. La fórmula empleada es:

$$n = \frac{bk_1}{(1-b)K_2}$$

donde: n = número óptimo de árboles por parcela
b = parámetro (constante) a determinar
K₁ = gastos correspondientes a una parcela (gastos de levantar el plano, cálculo de varianza, etc.)
K₂ = gastos correspondientes a una parcela (gastos de plantar un árbol, medir su altura, deshierbar, etc.)

Wright (38) aplicando esta fórmula a sus datos de crecimiento encontró que el tamaño óptimo por parcela varía entre 1-4 árboles.

Burley (7), en su metodología para introducción de especies forestales, divide el proceso de introducción en tres etapas y recomienda los siguientes números de árboles en cada etapa:

1a. etapa	especies con	1 a	9 árboles por especie
2a. etapa	especies con	49 a	169 árboles por especie
3a. etapa		.5 a	1.0 Has. de superficie con la misma especie

Barres (2) recomienda parcelas de un solo árbol con muchas repeticiones, pero según Burley (7), las parcelas de un solo árbol rara vez se utilizan ya que la mortalidad de un solo árbol daría una parcela faltante y enfatiza sobre la competencia entre los otros.

Según Wright (38), tanto consideraciones estadísticas como financieras y genéticas favorecen más bien el empleo de parcelas pequeñas de 1 a 16 árboles con numerosas repeticiones que parcelas de 100 árboles con pocas repeticiones. Siempre se ha creído que las parcelas grandes dan información sobre comportamiento en masas, lo cual no se obtendría en parcelas pequeñas. Algunas de las razones en favor de parcelas pequeñas son:

1. Hasta que la espesura no es completa, una plantación no es más que una colección de pies individuales sin influencia entre sí.

* Eficacia: Aprender el máximo de cosas en el mínimo de tiempo.

Es decir, las parcelas de 1 ó 100 árboles dan información idéntica sobre el comportamiento de las masas durante los 10 ó 15 primeros años de una experiencia. Los ensayos de introducción de especies usualmente duran pocos años en sus primeras etapas, quizás 3-4 años.

2. Después de haber eliminado las especies poco prometedoras, las diferencias entre las restantes van disminuyendo y con diferencias pequeñas es posible lograr buenas estimaciones del comportamiento de las masas a partir de los datos sobre el comportamiento de los individuos.

Wright (38) ha comprobado experimentalmente, que parcelas de 15 árboles y parcelas de 200 árboles dan estimaciones igualmente válidas acerca del crecimiento relativo en altura y diámetro para procedencias que difieren entre sí 7:2 en altura ó 4:3 en diámetro.

Según el grupo de trabajo para introducción de especies forestales reunido en Quito en 1973 (30), la fase de eliminación puede tener hasta 25 árboles y 4 repeticiones. La fase de prueba de 49-121 árboles y 3 repeticiones y la fase de comprobación 1/3 ha y distanciamiento según requerimiento de la especie.

Mediante trabajos anteriores o mediciones previas pueden determinarse valores de varianza (S) que pueden ser punto de partida para cálculo de un número adecuado de repeticiones. Puede notarse que es un proceso repetitivo para determinar repeticiones aproximadas.

Según el mismo grupo de trabajo (30), deben hacerse réplicas en espacio y tiempo. En espacio: intralocal y en localidades según zonificación o estratificación local.

C. Número de repeticiones

Las repeticiones son esenciales en un experimento y consisten en reproducir ciertas partes de una experiencia en períodos o lugares diferentes.

La heterogeneidad del suelo es una de las causas que obliga a la réplica de los experimentos de campo y ha sido suficientemente demostrada por muchos investigadores. Aguilera (1) usando cultivos en blanco como indicadores estimó la variabilidad del suelo en plantaciones de café. Verduzco (37) identificó la variación genética como otro factor que hace necesarias las repeticiones en ensayos.

Le Barron (24) y Burley (7) señalan que el número de repeticiones que deben hacerse en un experimento es difícil de determinar. El último autor agrega, que las repeticiones dependen de la variabilidad de la estación (sitio), variabilidad de las procedencias, exactitud de las mediciones, tamaño de las parcelas y recursos disponibles. Quizás repetir en años separados sea necesario. Ya que és-

tas dependen de la variabilidad intrínseca de lo que se investiga, de accidentes del margen de diferencia entre las respuestas de los varios tratamientos de un mismo experimento. Estos autores agregan que en experimentos de plantaciones 3 a 6 repeticiones son usualmente suficientes para juzgar el uso práctico de las diferencias entre los tratamientos.

Barres (2), para obtener información de especies promisorias, sugiere 3 sitios o lugares, 8 bloques por sitio y un árbol de cada especie por bloque, distribuyendo aleatoriamente los árboles dentro de los bloques y 8 sitios por localidad. Briscoe, citado por Ventorim (36), en Puerto Rico, en estudio de mejoramiento con parcelas individuales usó una parcela-fila y 16 filas por bloque, 3 repeticiones por sitio. Sin embargo, según Wright (38), se pierde eficiencia al aumentar el número de árboles. Este autor da un valor de 100 por ciento a la eficiencia de cada árbol, y agrega, que es fácil determinar el número de repeticiones necesarias para obtener un determinado grado de precisión.

El número de repeticiones puede calcularse mediante la fórmula:

$$r = \frac{t^2 \times S^2 \times 2}{D^2}$$

Donde: S = es la variancia dentro de grupos
D = es una diferencia real entre especies
t = valor de "Student" para una probabilidad dada.

Le Barron (24) agrega que las parcelas de gran número de árboles (100 por ejemplo) a menudo causan gran impacto, cuando con ellas se busca hacer demostraciones. Igualmente pueden ser necesarias para justificación de programas y proyectos; sin embargo, elevan los costos y usualmente contribuyen muy poco a la exactitud o validez estadística de los resultados. En términos generales deben emplearse muestras pequeñas y aumentar el número de repeticiones.

Podemos pensar que 3, 4, ó 5 repeticiones quizás sean suficientes en los ensayos a establecer.

D. Etapas y duración de los ensayos

1. Etapas

La mayoría de los autores señalan en que los ensayos de selección de especies deben hacerse por etapas. La etapa posterior, lógicamente contendrá aquellas especies que hayan superado la evaluación en las etapas anteriores.

Barres (2) a la primera etapa la denomina como "posible"; aquí se prueban gran número de los cuales no se tiene información sobre su comportamiento. Para esta etapa él recomienda un árbol de cada especie por bloque y ocho bloques por localidad. Ventorim denomina a esta fase de "eliminación", deben ser parcelas pequeñas, de 1-25 árboles por parcelas, con muchas repeticiones. Burley la llama de "amplitud grande" e indica que grandes regiones donde las especies se producen bien, se eliminan las especies menos promisorias. McCombe y Jackson (26) coinciden en que deben usarse parcelas pequeñas y allí eliminar las especies que no prosperen claramente. Según Leuchars, citado por Ventorim (36), no deben ser más de 25 árboles. El grupo de trabajo para la introducción de especies forestales, reunido en Quito en 1973 (30), llama a esta etapa de "eliminación".

La segunda fase, Barres la denomina de "prometedoras". Aquí se prueban las mejores especies del ensayo de las posibles, aconseja de 100 a 300 árboles por especie en dos localidades. Burley la llama fase de "prueba", Leuchars recomienda de 60 a 120 árboles por parcela en esta fase mientras que Ventorim de 25 a 144 árboles por parcela.

La tercera etapa para Barres (2) es de las "probables", incluye especies de las cuales se tiene buena información bibliográfica o que se encuentran adaptadas en la fase de prometedoras y posibles. Según Ventorim (36), debe contener 445-887 árboles por parcela y la llama "fase de comportamiento", que se realiza en parcelas de tres acres, esta etapa es llamada de comprobación según el grupo de trabajo sobre la introducción de especies de Quito (31).

2. Duración de los ensayos

Según Shie y Scott, citados por Ventorim (36), el período de duración de las parcelas es variable. Para ello la primera fase debe durar 5 a 10 años. Para Briscoe, también citado por el mismo autor, esta fase debe extenderse hasta que los árboles tienen 15 centímetros (cm) de diámetro; sin considerar el tiempo. Para McCombe y Jackson (26), debe ultimarse a 2 - 3 años. Según Burley (7), esta fase debe llevarse de 1/4 del tiempo de rotación comercial. Sin embargo, la duración de esta etapa puede tomarse la edad en que las especies empiezan la competencia.

Para las otras etapas no se menciona el tiempo de duración, pero este deberá ir aumentando al igual que el tamaño de parcela. Lo ideal sería que las parcelas además de tener suficiente tamaño, se dejasen el mayor tiempo posible, para observar todas las etapas y evitar el riesgo de hacer recomendaciones prematuras que podrían terminar en un fracaso a nivel de plantaciones y a una edad a la cual no se hizo observaciones.

El grupo de trabajo de Quito (30) recomendó que la primera fase puede durar hasta 5 años, siendo 2 - 3 años lo común. La fase de prueba hasta 1/3 del turno (6 hasta 8 años) y la fase de comprobación hasta turno completo.

E. Análisis de los resultados

Según Wright (38), si el diseño estadístico empleado es un bloque completo al azar, se puede obtener el tradicional análisis de variancia para desarrollar la prueba de "F", esto con el objeto de determinar si hay diferencia significativa entre las distintas especies en el ensayo. Se puede complementar la prueba haciendo comparaciones entre variedades intermedias a partir de la variancia del error usando la prueba de desviaciones múltiples de "Duncans". Si las diferencias entre los parámetros medidos son muy grandes, es posible que hacer una prueba estadística sea innecesario.

A continuación se da el método a usar para obtener un análisis de variancia, y posteriormente se presenta un esquema para un arreglo factorial en parcelas divididas en bloques al azar.

Construir un cuadro con los valores medios de cada parcela.

Especies o Procedencias	I	II	III	IV	Suma
1	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	V_1
2	E_{21}	E_{22}	E_{23}	E_{24}	V_2
3	E_{31}	E_{32}	E_{33}	E_{34}	V_3
4	E_{41}	E_{42}	E_{43}	E_{44}	V_4
5	E_{51}	E_{52}	E_{53}	E_{54}	V_5
Suma	R_1	R_2	R_3	R_4	G T

En este ejemplo se presenta un cuadro de rendimientos (literal) de 5 especies y 4 repeticiones o bloques.

Donde: $V_1 \dots V_5$ son el total de las 5 procedencias
 $R_1 \dots R_4$ las sumas para las distintas repeticiones
 GT es el gran total

E_{ij} = el valor medio de cada parcela, donde "i" representa la especie o la procedencia y "j" representa la repetición. Ej. E_{13} significa especie o procedencia 1 de la 3a repetición.

Los pasos para el análisis son como sigue:

1. Obtener la suma para las especies en todas las repeticiones.
Valores: $V_1, V_2, V_3 \dots V_5$
2. Obtener la suma de las repeticiones para todas las especies.
Valores: $R_1 \dots R_4$

Sumar todos los valores de E para obtener el gran total (GT)

3. Calcular la suma de cuadrados

a. Suma de cuadrados total:

$$(E_{11})^2 + (E_{12})^2 + \dots + (E_{53})^2 + (E_{54})^2 - FC$$

b. Cálculo del factor de corrección

$$FC = (GT)^2 / (r) \times (p)$$

donde GT = gran total

r = número de repeticiones

p = número de especies o procedencias

c. Cálculo de suma de cuadrados para repeticiones:

$$\frac{(R_1)^2 + \dots + (R_4)^2}{p = 5} - FC$$

d. Cálculos de suma de cuadrados para especies o procedencias:

$$\frac{(V_1)^2 + (V_2)^2 + \dots + (V_5)^2}{r = 4} - FC$$

e. Construir un cuadro de análisis de varianza como el siguiente:

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadr. cuadrad. medio	F calculada	F teórica 5%	F teórica 1%
Especie	(V-1)=4				
Repeticiones	(r-1)=3				
Error	(p-1)(r-1)=12				
Total	(r)(p)-1	S.C. Total			

- f. La suma de cuadrados son los valores obtenidos en los pasos 3a al 3d.

Los cuadrados medios se obtienen de las sumas de cuadrados entre sus respectivos grados de libertad. El valor de "F" calculado se obtiene dividiendo los cuadrados medios para repeticiones y para tratamientos entre el cuadrado medio del error experimental. Luego se consulta la tabla de "F" en un libro de estadística, para ver si el valor "F" para especies supera al valor de "F" correspondiente a los mismos grados de libertad dado en la tabla, está en los umbrales de 5 por ciento ó 1 por ciento, la hipótesis de que existe diferencia estadística entre las especies o procedencias es aceptada.

Si se quiere comparar las distintas especies para determinar si existe diferencia estadística entre ellas, puede usarse la prueba de Duncans, la cual se hace de la siguiente manera:

- a) Obtener el error típico de una diferencia;

$$\frac{2 \text{ CM del error}}{r} = \text{E.T.D.}$$

- b) Buscar en un libro de estadística la tabla de Duncans y en ella obtener el factor para una probabilidad dada (5% ó 1%), grados de libertad (r-1), número de medias a ser comparadas.

$$\text{Factor Duncans} \times \text{E.T.D.}$$

- c) Encontrar la diferencia entre los valores medios de las distintas procedencias y comparar cada valor (diferencia) con el valor encontrado en el paso anterior y decidir al igual que en la prueba de "F".

Una sencilla comparación de medios puede hacerse, usando la fórmula siguiente (34):

$$\frac{\bar{X}_A - \bar{X}_B}{\frac{S^2_d}{n}} = \frac{\bar{d}}{A^2 \bar{d}}$$

donde: n = número de árboles por parcela

S^2 = varianza de las especies entre parcelas

\bar{X}_A, \bar{X}_B = medias de parcela A y B respectivamente

Si se desea incluir niveles de fertilizante en estas pruebas de especies, se puede establecer un arreglo factorial en parcelas divididas.

A continuación se presenta el cuadro de análisis de variancia:

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	E teórico
Parcela principal					
Repeticiones	(r-1)				
Especies	(p-1)*				
Error parcela principal	(p-1)(r-1)				
Sub-parcelas					
Niveles de fertilizante	(d-1)**				
Interacción Esp.x Niveles de F.	(d-1)(p-1)				
Error de la Sub-parcela	p(r-1)(d-1)				
Total	(rpd - 1)				

* (p-1) = Número de especies menos uno

** (d-1) = Niveles del fertilizante menos uno

VII. RECOMENDACIONES

Luego de haber tratado sobre algunos de los aspectos más importantes, en lo relacionado a parcelas experimentales para introducción de especies forestales, es menester hacer énfasis sobre la toma y calidad de datos.

Para poder realizar comparaciones de comportamiento, crecimiento, etc., es necesario tener la información pertinente necesaria. Esta, como es de entenderse, debe relacionarse con los parámetros a medir o a comparar. Otro aspecto muy importante es la calidad de los datos y si existe o no continuidad en los registros. La discontinuidad de datos pone en peligro la continuidad y éxito del trabajo. Teniendo en cuenta las observaciones previamente expuestas y con el deseo de buscar una mayor eficiencia en los estudios de introducción de especies, se formulan las siguientes recomendaciones:

A. Ubicación de las parcelas de estudio

1. La ubicación de los lotes experimentales debe corresponder a lugares representativos de la formación que se estudia y deben quedar marcados en mapas de la formación y del país.
2. Hacer un levantamiento completo de las parcelas o lotes experimentales, estableciendo su orientación respecto al norte.
3. Identificar cada una de las parcelas (especies o variedades) dentro del plano.
4. Establecer un registro con fecha, provincia, municipio, título de propiedad, nombre del propietario (si es privado) y tiempo de llegada al lugar o distancia en kilómetros.
5. Los datos deben llevarse por duplicado o triplicado.
6. Mantener 100% identificados los tratamientos (especies o procedencias).

B. Recolección de datos

1. Debe tomarse información sobre el sitio, pendiente, geología, suelo, drenaje y minerales.
2. De las estaciones climáticas más cercanas al sitio de estudio debe tomarse la información disponible, haciendo énfasis en las temperaturas y precipitación.

3. Para complementar el proceso de toma de decisiones deben obtenerse datos relacionados con el aspecto económico. Algunos de estos datos son:

- a - Costos de limpieza y preparación del terreno (horas/hombre)
- b - Costo de plantas, plantaciones, etc. (por unidad y horas/hombre).

C. VARIABLES A MEDIR EN LAS PARCELAS

Como presentado por el grupo de trabajo en la reunión sobre introducción de especies (30), las mediciones de las variables debe hacerse por fases:

- 1a. Fase, se mide: mortalidad, altura y forma inicial
- 2a. Fase, se mide: diámetro, altura y características anatómicas
- 3a. Fase, se mide: incremento, área basal, volumen, incremento en diámetro del árbol medio, distribución diamétrica, forma cuantitativa y factor mórfico, características tecnológicas, árboles tumados y aclareos.

También debe tomarse información respecto a: sanidad, forma de copas, forma de ramas, forma de tronco, cualquier anomalía que se detecte. Posteriormente la información puede llevarse hasta la producción de semilla o fenología general.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, J. R. Heterogeneidad de un suelo latosol pardo forestal en un lote experimental de fertilización en café. Tesis Ing. Agr. San Salvador, El Salvador. Fac. de Ciencias Agronómicas, 1969. 47 p.
2. BARRES, H. Ensayos de adaptabilidad de especies de árboles en tierras bajas de los trópicos húmedos de Centro América. Turrialba, Costa Rica, IICA, s. f. 8 p.
3. BOYCE, J. S. La introducción de árboles exóticos - Peligros procedentes de enfermedades y plagas. Unasylya 8(1):8-14. 1954.
4. BUDOWSKI, G. Tropical Savannas, a sequence of forest falling and repeated burning, Turrialba, 6(1-2):23-33. 1956.
5. BURGERS, F. Informe al Gobierno de El Salvador; situación actual y desarrollo posible de la silvicultura. Roma, FAO. 1963. 39 p. P.a.t. N° 1742.
6. BURGOS, J. J. Elementos del balance hidrológico y los climas de Venezuela estimados por el método de Thornthwaite (1948-1950) Agronomía Tropical (Venezuela) 15(1-4):244. 1965.
7. BURLEY, J. Metodología de los ensayos de procedencia de especies tropicalys, Unasylya 23(3):24-28. 1969.
8. CATIE. An integrated research, training and technical assistance program for forest resources development, watershed management, reforestation and wood product utilization in Central America. Turrialba - Costa Rica. 1975.
9. CATHERINET, D. M. y DENIS, G. Proyecto de diversificación agrícola en El Salvador, San Salvador, ISIC-FAO, 1970. 17 p.
10. CHAMPION, H. y BRASNETT, N. V. Elección de especies arbóreas para plantación. Roma, FAO. 1959. 375 p.
11. DENIS, G. Conservación y repoblación de los bosques en El Salvador. Agricultura en El Salvador 11(2):11-15. 1971.
12. _____ . Guía para la siembra de árboles maderables en El Salvador. 10(2):38-41. 1970.
13. El Salvador, Almanaque Salvadoreño. 1975. San Salvador, 1975. 82 p.

14. El Salvador, levantamiento general de suelos. San Salvador, El Salvador, MAG, 1954. esc. 1:50.000 color.
15. FAO. Anuario de productos forestales 1961-1972. Roma, 1975.
16. FIGUEROA, R. Reforestación de la vertiente oriental del Volcán de San Salvador. Agricultura en El Salvador. 11(3):24-26. 1971.
17. GOLFARI, L. El balance hidrológico de Thornthwaite como guía para establecer analogías climáticas. I. Ejemplo: Pinus radiata D. Don. IDIA (Argentina) 17:43-90. 1966.
18. GRAY, K. M. Potential of Pinus caribaea var. hondurensis Barr. and Golf. in Jamaica. In: Burley, J. and Nikles, D.G., eds. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1972. V. 1, pp 235-250.
19. HENDERSON, B. A. y BISHOP, A. A. Investigaciones sobre evapotranspiración y requerimientos de irrigación en El Salvador. San Salvador, Instituto Geográfico Nacional s.f. 23 p. y 7 mapas.
20. HOLDRIDGE, R. L. Life zone ecology. Rev. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
21. _____, et al. Forest environments in tropical life zones (a pilot study). Pergamon Press. Oxford. 1971. 747 p.
22. _____. Mapa ecológico de El Salvador. San José, Costa Rica, IICA. 1959. esc. 1:1.000,000 color.
23. HUNTER, R. J. Una nueva guía para planeamiento del uso de la tierra en los trópicos. Turrialba, Costa Rica, IICA. Vol. 8 N° 2. 1959. 33 p.
24. LE BARRON, K. R. Diseños experimentales para plantaciones y otros experimentos simétricos sencillos de reforestación. USDA, Forest Service, Miscellaneous Paper 74, 1962.
25. MARTINEZ, M. G. E. Cuencas hidrográficas en El Salvador. Agricultura en El Salvador. 12(2):39-51. 1972.
26. McCOMBE, A. L. y JACKSON, J. K. El papel de las plantaciones forestales en el desarrollo de las sabanas. Unasyuva 23(3):8-18, 1969.
27. MOK, S. T. Growing trees for the future. Malayan Forester 22(1):40-59. 1969.

28. MORALES, T. S. Zonificación ecológica de Gmelina arborea Roxb. y Eucalyptus globulus Labill. para Perú. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1973. 133 p.
29. PLATH, C. V. Uso potencial de la tierra. Parte I: El Salvador. Roma, FAO, 1964. Pat. 2234.
30. REUNION DEL GRUPO DE TRABAJO SOBRE INTRODUCCION DE ESPECIES FORESTALES, 1a. Quito, Ecuador, 1973. Trabajos. Quito, IICA, Zona Andina. 1973.
31. SAHNI, K. C. Forest tree introduction in India its scope and importance. *Indian Forester* 91(1):43-57.
32. SALAZAR, R. Zonificación ecológica de Pinus caribaea var. hondurensis Barr. y Golf. y Tectona grandis Linn para Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 1973. 120 p.
33. SOARES RESENDE, A. Adaptacao de nove procedencias de Cupressus lussitanica Mill. em Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. IICA. 76 p.
34. THORNTHWAITE, C. W. y HARE, F. K. La clasificación climatológica en dasonomía. *Unasylva* 9(2):55-63. 1955.
35. TOSI, J. Jr. Zonas de vida natural en el Perú. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Zona Andina, 1960. 271 p.
36. VENTORIM, N. Consideracoes sobre a avalicao do sistema de introducao de especies florestais por parcelas individuais em Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. IICA, Turrialba, 1971. 89 p.
37. VERDUZCO, G. J. Algunas observaciones sobre suelos degradados en México. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 1969. 100 p.
38. WRIGHT, J. W. Mejoramiento genético de Los árboles forestales. Roma, FAO, 1964. 437 p.