



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



FACTORES EDAFICOS Y CLIMATICOS QUE DETERMINAN LA CALIDAD
DE SITIO DE Eucalyptus camaldulensis EN EL SALVADOR

POR :

JUANA ELIDA MENJIVAR GARCIA
ENID DEL CARMEN TEOS CAMPOS
EMMA VICTORIA GARCIA CASTELLON
MOISES ERNESTO CERRITOS ALVARADO




REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE :
INGENIERO AGRONOMO

SAN SALVADOR, MAYO DE 1990

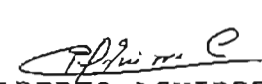
T
634.42
F142

Ej. 1

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA


ING. AGR. JOSE RICARDO TIBERIO VILANOVA ARCE

ASESORES :

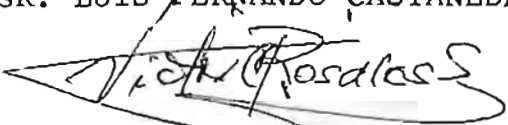

ING. AGR. CARLOS ALBERTO AGUIRRE CASTRO


ING. AGR. HUGO ANTONIO ZAMBRANA RIVERA

JURADO EXAMINADOR :


ING. AGR. GLADYS HAYDEE AGUIRRE VIGIL


ING. AGR. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO


M. Sc. VICTOR MANUEL ROSALES SORIANO

RESUMEN

En El Salvador, debido al aumento poblacional la satisfacción de necesidades prioritarias como alimentación y vivienda ha provocado un incremento de la destrucción de la cubierta boscosa y escasez de productos madereros. Para contribuir a solucionar de alguna forma este problema, se ha introducido en el país especies forestales de rápido crecimiento con buena adaptación y altos rendimientos, que permiten cubrir principalmente las deficiencias de leña y madera que demanda la población. Entre estas especies, Eucalyptus camaldulensis, tiene buena adaptación en el país, pero presenta diferencias de crecimiento en los sitios plantados; razón por la cual se realizó este estudio, para determinar los factores que provocan dichas diferencias.

En base a la relación altura mayor-edad (índice de sitio), se obtuvieron cinco clases de sitio a una edad clave de cuatro años; considerando que los factores climáticos y edáficos (fisiográficos, físicos y químicos) pueden estar influyendo sobre la calidad de sitio, se realizaron correlaciones simples entre variables y luego mediante una prueba de "t" se determinó el grado de significancia para la relación entre las variables. Además para una mejor interpretación de la información se obtuvo la clasificación de suelos por capacidad de uso. Al analizar los resultados obtenidos, se encontró que los factores que más explican la diferencia de calidades de sitio para Eucalyptus camaldulensis

fueron los factores fisiográficos y físicos del suelo como son: drenaje, profundidad efectiva, porcentaje de poros, erosión, textura y pendiente; los factores climáticos y químicos no parecieron ejercer una influencia determinante sobre las calidades de sitio, posiblemente debido a variaciones mínimas de los factores entre sitios, además se encontró que la clasificación de tierras por su capacidad de uso guarda una estrecha relación con la clasificación por calidad de sitio, ya que para ambas los factores fisiográficos y físicos resultaron ser los determinantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a las siguientes personas :

- Al Ing. Agr. Carlos Alberto Aguirre C., por su colaboración en la asesoría del trabajo en el área edafológica.
- Al Ing. Agr. Hugo Zambrana, por su asesoría en el área dasonómica.
- Al Ing. Agr. Ulises Portillo, por su colaboración en el desarrollo del análisis químico de las muestras de suelo.
- Al Ing. Agr. Alfredo Hernández, por su valiosa colaboración en el aprendizaje de las técnicas de medición forestal.
- Al Ing. Agr. Julio Olano, por su aporte en la realización del presente trabajo.
- Al personal del Laboratorio de Suelo de RNR del CENTA, - por su aporte en el análisis químico de las muestras de suelo.
- A Carlos Pérez Ugalde, Ph. D., por su valiosa colaboración y desinteresado apoyo en el procesamiento y análisis de datos.

- Al Ing. Agr. Ricardo N. Medrano, por su colaboración en ubicación geográfica de los diferentes sitios.
- A todas las personas que de una u otra forma colaboraron, para la realización del trabajo.

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO
- A MI PADRE : EUGENIO MENJIVAR
- A MI MADRE : JUANA GARCIA DE MENJIVAR
- A MI HERMANA : CARMEN MENJIVAR
- Al ING. VICTOR FIGUEROA RAMOS

JUANA ELIDA MENJIVAR GARCIA

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO

- A MIS PADRES : MARIA LIDIA RIVAS DE TEOS
JUAN ROMEO TEOS ALFARO

ENID DEL CARMEN TEOS CAMPOS

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO
- A MI PADRE
- A MI MADRE
- A MI HERMANO
- A MIS HERMANAS

EMMA VICTORIA GARCIA CASTELLON

DEDICATORIA

- A DIOS OMNIPOTENTE :

Una oración

- A MIS PADRES :

Blanca N. Alvarado de Cerritos

Trinidad Cerritos

Con infinito amor, sea mi triunfo una recompensa para ellos.

- A MIS HERMANOS :

Ricardo, Ana, Eduardo, David, Reynaldo, Nohemy, Carlos y Mauricio

Con amor fraternal.

- A MI ABUELA :

Mercedes Alvarado

Con mucho amor.

- A MI NOVIA :

Flor de María Rivera S.

Con amor y agradecimiento.

- A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS :

Como un recuerdo

I N D I C E

	Página
RESUMEN	iii
AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIA	v
INDICE DE CUADROS	xiv
INDICE DE FIGURAS	xxi
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1. Aspectos generales de la especie <u>Euca-</u> <u>lyptus camaldulensis</u>	3
2.1.1. Clasificación botánica	3
2.1.2. Distribución de la especie	3
2.1.3. Descripción de la especie	4
2.1.4. Requerimientos climáticos	4
2.1.5. Aspectos silviculturales	5
2.1.6. Principales usos	6
2.2. Calidad de sitio e índice de sitio	6
2.3. Evaluación de la calidad de sitio	7
2.4. Métodos de la evaluación de la calidad de sitio	9
2.4.1. Determinación de la calidad de sitio en base a la altura	9
2.5. Factores que afectan la calidad de sitio.	13

	Página
2.5.1. Suelos	14
2.5.1.1. Características físicas y fisiográficas ..	14
2.5.1.2. Características químicas	20
2.5.2. Factores climáticos	22
3. MATERIALES Y METODOS	25
3.1. Localización	25
3.2. Duración del estudio	25
3.3. Material experimental	26
3.4. Trabajo de oficina	26
3.4.1. Ubicación de las parcelas	26
3.4.2. Estudio de clima	29
3.5. Trabajo de campo	29
3.5.1. Medición de árboles	29
3.5.2. Muestreo de suelos	31
3.6. Trabajo de laboratorio	32
3.7. Procesamiento y análisis de la información	34
3.7.1. Índice de sitio	34
3.7.2. Análisis de los factores del sitio	36
4. RESULTADOS	38
4.1. Clase de sitio	38
4.2. Factores climáticos	42

	Página
4.3. Factores edáficos	43
4.3.1. Características fisiográficas y físicas	43
4.3.2. Características químicas	44
4.3.3. Fertilidad y capacidad de uso ..	52
4.4. Correlación entre el índice de sitio y los factores climáticos y edáficos	54
5. DISCUSION	58
5.1. Factores dasonómicos	58
5.2. Factores del sitio que influyen el creci miento de la especie	60
5.2.1. Factores climáticos	60
5.2.2. Factores edáficos	61
5.2.2.1. Factores fisiográficos y físicos	61
5.2.2.2. Factores químicos	64
6. CONCLUSIONES	68
7. RECOMENDACIONES	70
8. BIBLIOGRAFIA	71
9. ANEXOS	79

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Ubicación de las parcelas en estudio de <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador.	27
2	Características climatológicas de los años comprendidos entre 1983-1988 para los sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	29--A
3	Ecuaciones de índice de sitio con pendiente común para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	38
4	Distribución por clase de sitio para dieciocho sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en base al índice de sitio en El Salvador	41
5	Características climáticas promedio por clase de sitio de <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	42
6	Características fisiográficas, físicas, y de las fracciones arena, limo y arcilla promedio, por clase de sitio de <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	46

7	Clases de textura y pedregosidad para los diferentes sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	47
8	Características químicas promedio por clase de sitio de <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador, a una profundidad de 0-20 cm.	49
9	Características químicas promedio, por clase de sitio de <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador, a una profundidad de 20-60 cm.	50
10	Interpretación de las propiedades químicas de los suelos por clase de sitio para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	51
11	Fertilidad de suelo por clase de sitio para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador.	52
12	Clasificación por capacidad de uso para los sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	53
13	Factores del sitio que presentaron significancia con relación al índice de sitio, para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador.	55

14	Factores que caracterizan la clasificación preliminar por clase de sitio para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador (para pendientes menores del 15%)	57
----	--	----

Cuadro		Página
A.1	Hoja de toma de datos dasonómicos y observaciones, utilizada por el Proyecto MADELEÑA CENREN-CATIE	30
A.2	Datos reales de altura mayor y edad para dieciocho sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador ...	31
A.3	Caracterización climática de los sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	33
A.4	Caracterización fisiográfica y física de los sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	34
A.5	Análisis granulométrico del suelo, a una profundidad de 0-20 cm, para los sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	35
A.6	Análisis granulométrico del suelo, a una profundidad de 20-60 cm, para los sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	36

A. 7	Caracterización química del suelo a una profundidad de 0-20 cm, en los sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	87
A. 8	Caracterización química del suelo a una profundidad de 20-60 cm, en los sitios plantados con <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	88
A. 9	Guía de interpretación para análisis de suelo (adaptado de Díaz-Romeo y Hunter, 1978)	89
A.10	Tabla general de interpretación de análisis químicos de suelos adaptada del CIDIAT	90
A.11	Tabla de fertilidad de suelos adaptada del IGAC, 1973	93
A.12	Tabla para la clasificación de tierras con pendientes menores del 12%	95
A.13	Tabla para la clasificación de tierras con pendientes mayores del 12%	96

Cuadro		Página
A.14	Factores edáficos y su codificación	97
A.15	Matríz de correlación simple entre el índice de sitio y las características climáticas, para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	98
A.16	Matríz de correlación simple entre el índice de sitio y las características fisiográficas y físicas, para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	93
A.17	Matríz de correlación simple entre el índice de sitio y los porcentajes de las fracciones de arcilla, arena y limo a una profundidad de 0-20 cm, para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	99
A.18	Matríz de correlación simple entre el índice de sitio y los porcentajes de las fracciones de arcilla, arena y limo a una profundidad de 20-60 cm, para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	99

A.19	Matríz de correlación simple entre el índice de sitio y las características químicas, a una profundidad de 0-20 cm, para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	100
A.20	Matríz de correlación simple entre el índice de sitio y las, características químicas, a una profundidad de 20-60 cm, para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	101
A.21	Tabla de propiedades fisiográficas y físicas que se determinan en el campo y su código para pendientes menores del 15% .	102
A.22	Guía para la clasificación preliminar de clases de sitio para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	103
A.23	Procedimiento para generar curvas de índice de sitio y determinación del incremento medio anual	104

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localización de las plantaciones en estudio de <u>Eucalyptus camaldulensis</u> por el proyecto Madeleña. CATIE-CENREN en El Salvador	30
2	Curvas de índice de sitio para <u>Eucalyptus camaldulensis</u> en El Salvador	39

INTRODUCCION

En El Salvador, el aumento de la población ha incrementado la presión sobre el bosque, al aumentar las áreas de explotación agrícola y las necesidades de madera para la construcción y combustible. Por lo que se hace necesario, evaluar en el país especies forestales de rápido crecimiento y alto rendimiento, que satisfagan las necesidades sociales de la población como son: el abastecimiento de leña, carbón y madera; además de permitir el desarrollo de industrias forestales que generen mayores ingresos.

Pero el problema de incrementar especies con las características antes mencionadas, radica en que existe poca información local sobre dichas especies; además de no conocer las condiciones del sitio, que influyen sobre el crecimiento de las mismas. Para complementar la información requerida, se realizó un estudio con una duración de un año, en plantaciones de Eucalyptus camaldulensis distribuidas en diferentes regiones del país; para evaluar las características climáticas y edáficas que influyen en el crecimiento de la especie, y así clasificar la productividad del sitio en base a dichas propiedades. Esta información servirá de apoyo a los técnicos y agricultores que estén interesados en plantar esta especie; disponiendo de una clasificación preliminar, que facilite la selección de los mejores sitios para su establecimiento, y así dar las bases para estimar

el crecimiento y rendimiento que tendría la especie; al mismo tiempo permite hacer recomendaciones técnicas de manejo de acuerdo a cada sitio, para maximizar los rendimientos silvícolas y económicos de la especie en cada sitio.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Aspectos generales de la especie Eucalyptus camaldulensis

2.1.1. Clasificación botánica (21)

Nombre científico : Eucalyptus camaldulensis
Sinónimos : Eucalyptus rostrata
Schlecht
Familia : Myrtáceae
Nombre común : Eucalipto camaldulensis

2.1.2. Distribución de la especie

E. camaldulensis es el eucalipto de más amplia distribución en Australia; cubre aproximadamente hasta 23° de latitud. Se le encuentra en todos los estados australianos con excepción de Tasmania. Se le distinguen dos formas, una meridional o templada y una tropical. Junto con E. grandis y E. globulus, es una de las especies de eucalipto más ampliamente plantada en los países del Mediterráneo (España y Marruecos). También existen plantaciones en muchos países de Africa, Asia y América Latina. En América Central se ha plantado en todos los países (5).

2.1.3. Descripción de la especie

Es una especie siempre verde, que alcanza 24 a 40 m. de altura, de fuste grueso, base recta y tronco generalmente torcido de 60 cm. hasta 1 m. de diámetro. Copa abierta, corteza lisa, blanca ligeramente grisácea, ramillas terminales rojizas, largas y delgadas, posee un sistema radicular profundo y amplio puede formar raíces aéreas en el tronco. Los frutos son cápsulas seminales, generalmente en ramilletes, las semillas son numerosas y pequeñas de color marrón aproximadamente 110 000 a 220 000 semillas/Kg, madera roja de grano entrelazado ondulado, dura y durable, resistente a termitas y tiende a torcerse con el secado (5).

2.1.4. Requerimientos climáticos

En América Central se le ha plantado, con resultados satisfactorios, en áreas con precipitaciones que oscilan entre 620 y 2 900 mm anuales. En estas condiciones la especie se adapta favorablemente desde el nivel del mar hasta 1 200 msnm. En cuanto a condiciones de suelo se adapta a suelos desde pobres hasta periódicamente inundados; pero en suelos calcáreos o compactos o con poca humedad disponible durante el año, el crecimiento no es satisfactorio (5).

En su lugar de origen la especie crece bajo las siguientes condiciones climáticas: precipitaciones totales de 250-625 mm, temperatu-

ra media máxima del mes más cálido de 29-35 °C, temperatura media mínima del mes más frío de 11-20 °C y elevación que va de 30-600 msnm (22).

2.1.5. Aspectos silviculturales

Las densidades de plantación más utilizadas en América Central han sido 2 500 y 1 600 árboles/ha. Se ha reconocido la influencia de la procedencia en el comportamiento de la especie. Según estudios del CATIE de Turrialba, Costa Rica, la altura sobre el nivel del mar influye negativamente sobre el crecimiento, obteniéndose los mayores crecimientos en diámetro y altura por debajo de los 800 msnm y en sitios con precipitaciones mayores a 800 mm. Los espaciamientos de 2 x 2 m; 2,5 x 2,5 m ó más en sitios de buen drenaje parecen ser los más recomendables, para producción de leña (5). Sin embargo, cuando se desea mayores crecimientos diamétricos se recomiendan espaciamientos de 2,5 x 3 m ó 3 x 3 m, son más recomendables.^{1/}

Los suelos parecen ejercer una influencia marcada en el crecimiento. Cambios en el tipo de suelo en distancias cortas resultan en cambios muy fuertes en el crecimiento (5).

^{1/} MARTINEZ H., H.A. 1989. Silvicultor Proyecto Madeleña. Comunicación personal.

2.1.6. Principales usos

Como leña, la madera de Eucalyptus camaldulensis tiene pocos rivales. Cuando la madera está completamente seca constituye un excelente combustible (5), ya que tiene un poder calórico de aproximadamente 20 000 kj/kg (4 800 Kcal/kg). Produce carbón de excelente calidad (21).

La madera es moderadamente densa (0,6 gr/cm³). En Australia se utiliza en construcción, pisos y encofrados. Debido a su fortaleza puede usarse en construcciones rurales y como postes para cercas.

Otros usos : En zonas secas se plantan como barreras rompevientos o cercos vivos a la orilla de los caminos (5).

2.2. Calidad de sitio e índice de sitio

Un sitio se ha definido como un lugar en la superficie de la tierra con características propias de fisiografía, suelo y vegetación (30).

Vásquez (40), al citar otros autores coinciden en que el sitio es un conjunto de factores bióticos y abióticos y que la calidad del mismo resulta de la interacción de dichos factores ambientales y la vegetación existente.

Rowe, citado por Hurtado y Jeréz (20), define el sitio como la combinación de condiciones bióticas, climáticas y de suelo de un área de referencia con capacidad para producir bosques.

Ford-Robertson, citado por Jacobs (22), define el índice de sitio como una medida particular de la clase de sitio basada en la altura de los árboles dominantes en un rodal a una edad arbitrariamente elegida. Autores citados por Chinchilla (6), concuerdan con lo anterior; expresando además que el índice de sitio se presenta en forma de curvas cuyo empleo muestra el desarrollo de la altura a una edad determinada llamada indicadora, que permite comparar la productividad potencial de los lotes de edades diferentes en un momento dado de su desarrollo.

Chinchilla (6), citando a diferentes autores que definen la calidad de sitio como la suma de muchos factores ambientales: Profundidad del suelo, textura, características de sus perfiles, composición mineral, pendientes, erosión, microclima, especies que viven dentro y sobre él y otros - más; que su conocimiento además, permite determinar la potencialidad de un lugar que facilita el crecimiento de los árboles.

Según Hills y Pierpoint, citados por Vincent (43), la calidad de sitio es la interacción o combinación del tipo de vegetación y el tipo fisiográfico en el caso de plantaciones el tipo de vegetación constituye la especie o especies plantadas.

2.3. Evaluación de la calidad de sitio

La evaluación de la calidad de sitio tiene por objeto

determinar el potencial del sitio, definido como la capacidad de un área en particular para producir árboles en función del diámetro, altura y volumen. Cuando la evaluación se realiza por métodos cuantitativos facilita la designación del uso de las áreas forestales en base a su capacidad productiva y la selección de las especies más apropiadas para obtener los productos y bienes que de ellos se desea. - Además permite distribuir la inversión de acuerdo al potencial productivo de cada sitio; tomando en cuenta el crecimiento de los árboles y los factores ambientales que lo determinan (32).

Según Morden, citado por Rodríguez (32), ni el crecimiento ni el ambiente pueden ser medidos con precisión.

En plantaciones a nivel comercial para hacer una planificación efectiva, se requiere de información sobre el rendimiento de las especies en diferentes condiciones de sitio, porque el tamaño de los productos a diferentes edades están controlados por la capacidad de producción del sitio, es decir, calidad de sitio y los sistemas de manejo intensivo para producción de madera. Sitios pobres justifican solamente manejo extensivo.

Los datos obtenidos en los estudios de calidad de sitio pueden ser utilizados para determinar la capacidad de productividad potencial de los sitios, para planificar el manejo de las plantaciones existentes, es decir, el grado de esfuerzo necesario para alcanzar el potencial de producción y como guía para el establecimiento de nuevas plantaciones. Pue

de usarse además para la planificación y ejecución de trabajos de investigación, como ensayos de procedencia, regímenes de aclareo y rendimiento (30).

También se extiende a otros campos de investigación como: valoración de terrenos, análisis económicos de las operaciones silviculturales, estudios de mejoramiento de árboles, estudios de mejoramiento de sitio, distribución de carrreteras, etc. (32).

2.4. Métodos de la evaluación de la calidad de sitio

Chinchilla (6) y Vásquez (40), citando a diferentes autores que definen los métodos de evaluación de la calidad de sitio en métodos directos e indirectos; en los primeros la calidad de sitio es estimada en función de datos históricos de rendimiento tales como volumen, crecimiento en altura dominante o en base a datos de crecimiento de los entrenudos; los indirectos utilizan relaciones entre especies, factores topográficos, edáficos y climáticos.

2.4.1. Determinación de la calidad de sitio en base a la altura.

Ante las dificultades que hay de medir la calidad de sitio directamente a través del volumen, se ha derivado el uso de altura y diámetro, ya que dichas variables están estrechamente relacionadas con el volumen, considerando que

la altura en árboles dominantes está menos influenciada por las prácticas de ordenación que el diámetro, siendo ésta - una variable menos confiable por estar influenciada por la densidad del rodal (22, 32).

Según Baker, citado por Vincent (43), el principal in conveniente es la relación entre el volumen y la espesura, por esta razón en la mayoría de los casos se utiliza altura mayor, altura máxima (Top Hight) o altura promedio de los dominantes y codominantes. La relación altura-edad es uti lizada casi universalmente en la evaluación de la calidad de sitio.

Investigadores citados por Vincent (43), han cuestionado la validez de este método, considerando que es neces ario buscar métodos que estén directamente relacionados con la productividad.

Ortega (30), menciona que la altura es una de las herramientas más utilizadas en la clasificación de sitio, a la cual se le atribuyen las siguientes ventajas :

- a) Es una manera sensible de determinar variaciones de si tio, porque a diferencia de otros parámetros dasométricos como diámetro y área basal, casi no está influen ciada por tratamientos de manejo, por lo que expresa mejor la condición de sitio.
- b) La altura es hasta cierto grado, independiente de la densidad y la mezcla de especies.
- c) La relación altura-edad es fácil de determinar.

Existen tres criterios principales respecto a la altura como estimador de la calidad de sitio.

- a) Altura mayor: Es el promedio de la altura de los cien árboles más altos por ha.
- b) Altura dominante o altura máxima: Es el promedio de la altura de los cien árboles de mayor diámetro/ha.
- c) Altura promedio: Definida como la altura de área basal promedio.

La altura también puede ser definida como la altura de los dominantes y codominantes; sin embargo, esta forma no es empleada frecuentemente ya que algunas veces se dificulta su medición (30). Alder (1), encontró que en rodales jóvenes de especies de rápido crecimiento y ciertas especies como Pinus caribaea que varía notablemente en su crecimiento en altura dominante este deja de ser un buen indicador.

La altura máxima tiene el inconveniente de que a veces los árboles más gruesos no son los más altos. El mayor grosor puede ser el resultado de un mayor espacio de crecimiento debido a factores casuales (43).

Alder (1), afirma, que la altura de un rodal uniforme a una edad es un buen indicador del potencial productivo de ese bosque en ese sitio particular, además que la altura - promedio de un rodal es sensitiva no sólo a la edad y la clase de sitio, sino también a la densidad del rodal, por lo que se debe utilizar la altura dominante, ya que es casi insensible a la diferencia de densidad de los rodales. Según

Valle, citado por Chinchilla (6), el mejor indicador de la calidad de sitio es la altura de los árboles dominantes.

Jadan (23), para clasificar sitios de Eucalyptus deglupta en Costa Rica, consideró la altura de árboles dominantes y codominantes relacionados con la edad.

Voorhoeve y Schultz citados por Ortega (30), comparan el criterio que la altura mayor es el mejor estimador de la calidad de sitio, pues expresan que en plantaciones coetáneas las diferencias evidentes en la altura mayor deben explicarse por diferencias de sitio, los árboles más altos ocupan los mejores sitios. Pulido (31), determinó que la altura mayor es el método más práctico de la evaluación de la calidad de sitio; sin embargo, Chagas, citado por Jadan (23), al estudiar Pinus elliottii estimó índices de sitio en base a la altura dominante y altura mayor, obteniendo coeficientes de correlación de 0.936 y 0.933 respectivamente, no existiendo significancia al utilizar cualquiera de ellas. Curtis, citado por Ortega (30), reconoce que la altura es una medición muy utilizada para estimar la calidad del sitio pero presenta limitaciones tales como:

- a - La información de índice de sitio dice poco de las relaciones ecológicas las que frecuentemente son factores dominantes en la determinación de la capacidad productiva.
- b - La altura es uno de los componentes del volumen y el índice de sitio no es sinónimo de la productividad en volumen.

c - La estimación del índice de sitio involucra la proyección de la medición presente en la altura a una edad base de referencia, por medio de curvas de índice de sitio y depende de la exactitud con que la curva generalizada del índice de sitio pueda representar el crecimiento de rodales individuales, ya que generalmente se introduce un error desconocido.

2.5. Factores que afectan la calidad de sitio

No es posible estudiar factores individuales del medio ambiente en relación con la calidad de sitio, ya que éstos actúan en conjunto con interacciones y relaciones complejas sobre el crecimiento de los árboles, la calidad de sitio no depende de un factor ni de todos los factores del medio ambiente, sino de los factores efectivos y de las interacciones que se establezcan entre ellos. En estudios sobre la evaluación en base a factores del medio ambiente es necesario determinar cuales factores son efectivos, cuales los más importantes y obtener información sobre las interacciones entre ellos (43).

Los principales factores del medio ambiente que determinan la calidad de sitio de una especie, dependen de la especie de que se trate y de la naturaleza del sitio. Es decir, una especie puede aprovechar mejor un sitio que otra; lo que constituye un factor limitante para el crecimiento, puede o no afectar el crecimiento de otras (31).

2.5.1. Suelos

Coile, citado por Rodríguez (32), indica que la evaluación de la calidad de sitio a partir de las características del suelo presenta varias ventajas :

- a - El suelo cambia lentamente de manera que se considera comparativamente estable.
- b - Las evaluaciones se pueden hacer en presencia o ausencia del bosque. Además considera que la precisión de las estimaciones de la calidad de sitio en base a las características del suelo decrece generalmente a medida que aumenta el área de estudio.

De Las Salas, citado por Rodríguez (32), establece que los factores del suelo en clasificación de sitio constituyen una valiosa ayuda, por cuanto muchos de ellos son fáciles de medir y pueden cuantificarse.

2.5.1.1. Características físicas y fisiográficas

En estudios realizados sobre evaluación de calidad de sitio se han correlacionado principalmente las propiedades físicas de los suelos y las características topográficas con los índices de calidad de sitio, encontrándose que las propiedades físicas, más que el nivel de nutrientes, son los factores más importantes en la predicción del crecimiento de los árboles del bosque (31). La fertilidad del suelo

es vital para un suelo productivo, pero un suelo fértil no es necesariamente un suelo productivo; porque existen factores como: agua, luz, temperatura y otros factores que pueden limitar la producción, aun cuando la fertilidad sea adecuada (35).

Ninguno de los elementos de la topografía ejercen una influencia directa sobre el crecimiento, pero condiciona una serie de factores que sí pueden influir sobre procesos fisiológicos del árbol, como son: desplazamiento del agua, dentro y sobre el suelo; que a su vez determinan el desarrollo del suelo mismo, aumento de la posibilidad de lixiviación de nutrimentos y mayor acumulación de materia orgánica (30).

En cambio para Pulido y Zahner (31, 46), la pendiente afectó en forma directa la calidad de sitio; las partes bajas de las pendientes generalmente tienen mejores calidades de sitio que las partes medias y altas. Esto se debe a que frecuentemente y como consecuencia de la precipitación hay un arrastre de materiales desde la parte alta y media de la pendiente con la subsiguiente deposición en la parte baja.

Para Tschinkel (38), en su estudio de la especie Cupressus lusitanica en Colombia, la variable pendiente no influye directamente sobre el crecimiento, pero sí se encuentra condicionando otros factores que influyen sobre el proceso fisiológico del árbol. Jadan (23), al desarrollar un sistema de clasificación de índice de sitio para Eucalyptus

deglupta encontró, que pendientes fuertes y suelos poco profundos fueron limitantes del crecimiento de la especie.

Einspahr y McComb, citados por Pulido (31), al estudiar el índice de calidad de sitio de los robles encontraron que la profundidad de los suelos, la posición topográfica, el aspecto fisiográfico, porcentajes de pendientes y ciertas propiedades físicas de los perfiles del suelo, son características que afectan la disponibilidad de humedad para el crecimiento de los árboles.

Existen muchos trabajos en zonas templadas sobre diversas especies en la mayoría de las cuales se han encontrado relaciones significativas con factores físicos del suelo, los cuales son los más estudiados (41).

Muchos suelos Centroamericanos derivados de cenizas volcánicas tienen capas endurecidas poco profundas las cuales pueden restringir el desarrollo radicular y por lo tanto, reducir la capacidad de almacenamiento de agua del perfil del suelo (34).

Vincent y otros autores citados por Rosales (33), han encontrado que los factores de disponibilidad de humedad y el espacio para el crecimiento de raíces son los más importantes factores de sitio.

Hurtado y Jeréz (20), indican que la profundidad del suelo influye positivamente sobre la calidad de sitio. Broadfoot, citado por Jadan (23), coincide con lo anterior; sin embargo, también menciona que la profundidad puede o no ser un factor limitante, y esto depende de la especie. Además

más Cortez y Malagón (7), mencionan que esta característica parece tener menos importancia directa que la que se le ha atribuido por mucho tiempo, sus efectos indirectos son mayores a través del almacenamiento de humedad, aireación y disponibilidad de nutrientes.

Según Keat, citado por Ortega (30), los factores físicos que parecen predominar en la limitación del crecimiento son: profundidad del suelo, inundación, pendiente, compactación del suelo, estructura y drenaje.

Young, citado por Jadan (23), al estudiar pino blanco menciona que la profundidad tiene importancia al relacionarla con la textura de los suelos. Zahner (46), al estudiar la calidad de sitio para pino Loblolly y Shortleaf, encontró que el índice de calidad de sitio se mejora a medida que la textura del subsuelo se incrementa en materiales finos. La textura limo arcillosa friable tiene un índice de calidad máximo. Sin embargo, con incrementos excesivos de materiales finos el índice de sitio decreció, siendo los suelos arcillosos o muy limosos los peores sitios. En estudios realizados en Eucalyptus deglupta (23), los altos porcentajes de arena y arcilla presentan un efecto negativo para la especie.

Slager y Schultz, citados por Pulido (31), al estudiar los índices de calidad de Pinus caribaea en Surinam, encontraron que suelos de textura Franco arenoso y Franco arenoso limoso, tienen mejor calidad de sitio. Además, estos mis

mos autores citados por Ortega (30), encontraron que las características del suelo como: humedad, contenido de materia orgánica y bioporosidad son importantes para la estimación del sitio.

Ortega (30), encontró que proporciones altas de arcilla en los horizontes abajo de 20 cm de profundidad puede constituir un impedimento para el desarrollo de raíces por disminución de la aireación, lo cual condiciona el desarrollo radicular.

Brito y otros autores citados por Ortega (30), concluyen que la distribución de la textura del perfil y el drenaje son elementos que influyeron en la determinación de la calidad de sitio para Pinus caribaea, y lo interpretaron como una consecuencia de la importancia de la retención de humedad y en general, del balance hídrico.

Vásquez (40), citando diferentes autores, concuerdan con lo expresado por Brito, agregando otro elemento como es la profundidad hasta la cual pueden penetrar las raíces y algunas variables relacionadas con el nivel freático.

Alfaro, citado por Ortega (30), al estudiar la relación del índice de calidad de sitio con los factores edáficos para Cupressus lusitanica en Costa Rica, encontró que el 61 por ciento de la variabilidad del índice de sitio se podría atribuir a los porcentajes de limo, arcilla y poros. Coile, citado por Jadan (23), al estudiar Pinus serotina consideró el porcentaje de arcilla y características fisiográficas como responsables de la aireación y drenaje. Los

suelos de textura gruesa tienen menos espacio poroso capilar que los suelos de textura fina porque el área de superficie es más pequeña, siendo la porosidad para un suelo forestal entre 30-65%. Dependiendo del tamaño de los poros, suelos del mismo volumen poroso pueden ejercer diferente influencia en el crecimiento del árbol. Si un suelo tiene preponderancia de microporos, posee mayor capacidad de retención de humedad o una tendencia a mantener el agua por mayor tiempo; lo contrario sucede si los suelos tienen preponderancia de poros grandes o no capilares presentan una buena aireación y capacidad de infiltración.

Ortega (30), al evaluar calidad de sitio en Pinus caribaea var. Hondurensis determinó que diferencias en el drenaje pueden atribuirse a factores tales como: pendiente, profundidad efectiva y una alta proporción de arcilla.

Jadan (23), encontró que el drenaje afectó en forma negativa la altura de Eucalyptus deglupta actuando favorablemente a través de la profundidad efectiva. En Israel se han reportado buenos rendimientos para E. camaldulensis, sobre suelos profundos y en zonas donde las precipitaciones son mayores de 400 mm (22).

Wilde, citado por Jadan (23), menciona el porcentaje de aireación como un factor limitante, que varía de acuerdo a la especie; requiriéndose un porcentaje de cinco por ciento para especies de madera menos densa y mayor de quince por ciento para especies de madera densa.

Hurtado y Jeréz (20), reportan para Eucalyptus globulus en Colombia, que no existe correlación entre índices de sitio y la humedad del suelo, por lo que menciona que éste no es un factor limitante.

La estructura pueden modificar los efectos ecológicos de la textura del suelo, ya que macroestructuras de suelos forestales indican capacidad de infiltración, aireación y penetración de raíces (23).

2.5.1.2. Características químicas

Con respecto a las propiedades químicas o la disponibilidad de elementos nutritivos del suelo y sus correlaciones con el índice de sitio, Pulido (31), al citar ciertos autores menciona que se han realizado relativamente pocos ensayos; y los que en este sentido se han hecho, no han resultado positivos.

Sin embargo, las propiedades físicas y químicas de los suelos se presentan estrechamente interrelacionadas de tal manera que no es posible separar sus efectos finales (31).

Wilde, citado por Jadan (23), menciona diez elementos esenciales para el desarrollo de árboles que son: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe; también otros elementos tienen influencia en el crecimiento de la planta como son: Bo, Mn, Zn, Cu, Mo.

Bowersox citado por Ortega (30), encontró que el cal-

cio, nitrógeno y fósforo fueron variables importantes que determinaron la altura y rendimiento de especies maderables.

Ortega (30), citando otros autores encontraron en suelos de Colombia, que el máximo crecimiento de Cordia alliodora se alcanza con un pH de 5.5 y una capacidad de intercambio catiónico de 40 meq/100 g de suelo.

Velez, citado por Ortega (30), encontró que para la especie de Eucalyptus saligna en Colombia, el factor que más influye en la calidad de sitio fue el fósforo disponible. Jadan (23), determinó que el magnesio a pesar de tener un grado mediano de fertilidad favoreció fuertemente el desarrollo de Eucalyptus deglupta, debido a que los eucaliptos son poco exigentes a este y otros elementos como el Ca, N y K; sin embargo, Hurtado y Jeréz (20), no encontraron significancia estadística entre los nutrientes y el índice de sitio para la especie de Eucalyptus globulus en Colombia.

La velocidad de mineralización de la materia orgánica está influenciada por la temperatura, lo que implica que la temperatura crítica de 25 °C es decisiva para la degradación de la materia orgánica; temperaturas bajo el nivel crítico permite una acumulación de la misma; sin embargo, con altas temperaturas como ocurre en el trópico; provoca una aceleración de la degradación de materia orgánica en el suelo (15).

Coile, citado por Jadan (23), encontró en Pinus serotina que porcentajes mayores del 15% de materia orgánica pueden reflejar un pobre drenaje.

Jadan (23), determinó que la materia orgánica ejerció una influencia negativa en Eucalyptus deglupta. Hurtado y Jeréz (20), al estudiar Eucalyptus globulus encontró bajas cantidades de materia orgánica, por lo que supone que en los suelos existe alta actividad biológica manteniendo baja la reserva de materia orgánica.

En Sudán, al estudiar Eucalyptus camaldulensis se encontró que toleran las inundaciones, pero no se desarrolla adecuadamente con pH altos (muy alcalinos) (22).

2.5.2. Factores climáticos

Spurr, citado por Pulido (31), indica que los factores climáticos de un sitio generalmente dan índices aproximados de la productividad forestal. Los datos de precipitación y de temperatura pueden ser usados para comparar el crecimiento actual y potencial del bosque en varias regiones geográficas, asumiendo similares condiciones de los suelos o al menos de las condiciones del suelo estén estrechamente relacionadas con el clima. Además menciona que la acción de los elementos del clima sobre el bosque es clara; sin embargo, debido a que el clima varía muy poco a través de una amplia zona boscosa usualmente es ignorado en la evaluación de la calidad de sitio.

Tobar, citado por Rosales (33), determinó que las variaciones de precipitación tienen una influencia directa en la humedad del suelo y el crecimiento de los árboles; influyendo además sobre la temperatura del suelo, microorganismos y nutrientes.

De Las Salas, citado por Rodríguez (32), demostró que la disponibilidad de agua en el suelo y el ritmo de humedad durante épocas secas y húmedas, pueden ser factores determinantes del desarrollo de la vegetación de bosques de bajura.

Ringston, citado por Jacobs (22), demostró que en regiones con déficit de humedad relativamente bajos el crecimiento inicial en alturas es más lento que en regiones con un elevado déficit de humedad, pero que el crecimiento posterior es más rápido.

Navarro (29), encontró que un factor limitante en el crecimiento de Bombacopsis guinatum en Costa Rica, es el agua y esta disponibilidad es mayor en sitios de baja pendiente, textura franca, pocos meses de sequía y precipitación bien distribuida.

En estudios realizados en Madagascar se encontró que en plantaciones de E. camaldulensis no se desarrollan favorablemente en suelos secos o arenosos, pero se adapta desde el nivel del mar hasta los 1 200 msnm. En Costa Rica, el E. camaldulensis se adapta entre los 1 200 a 1 600 msnm. En Ecuador, se ha plantado la especie de E. camaldulensis

obteniendo resultados positivos con precipitaciones que oscilan de 500 - 1 000 mm (22).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

El estudio se realizó en plantaciones de Eucalyptus camaldulensis establecidas desde 1983 en El Salvador, en haciendas privadas y del sector reformado, con apoyo del proyecto MADELEÑA (CENREN-CATIE), en coordinación del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). En el cuadro 1 se presenta el listado de los sitios, ubicación política y geográfica y edad de las plantaciones, donde el primer dígito del número de sitio corresponde a la región y los dos últimos al número correlativo de la unidad de experimentación: los tres primeros dígitos del número de experimento se refieren al número de la unidad a la que el proyecto le da seguimiento, los dos primeros dígitos dentro del paréntesis corresponden al año de instalación de la parcela y el último número dentro del paréntesis se refiere a la unidad instalada en ese año (4).

La figura 1 muestra la localización de los sitios plantados con Eucalyptus camaldulensis, evaluados en la investigación.

3.2. Duración del estudio

El estudio se inició en el mes de noviembre de 1988,

habiéndose finalizado en noviembre de 1989, distribuido de la siguiente manera: tres meses de trabajo de oficina, cinco meses de trabajo de campo, dos meses de trabajo de laboratorio y dos meses de análisis de datos.

3.3. Material experimental

Se utilizaron 54 parcelas permanentes (parcelas de crecimiento y ensayos de especies) de Eucalyptus camaldulensis en un área por parcela de 144 a 196 m² y un número de 36 a 49 árboles respectivamente, distanciados a 2 x 2 m, cuyas edades oscilaron entre 36 a 64 meses; encontrándose dichas parcelas en sitios con zonas de vida de : bh-S (bosque húmedo subtropical); bs-T (bosque seco tropical); bh-T (bosque húmedo tropical).

3.4. Trabajo de oficina

3.4.1. Ubicación de las parcelas

Con el listado de parcelas permanentes plantadas con Eucalyptus camaldulensis registradas por el proyecto MADELEÑA, se realizó la ubicación en coordenadas geográficas mediante el uso de cuadrantes de suelo (3, 10-13, 17, 24-26, 28), en el Departamento de Inventario y Clasificación de -- Suelos de Recursos Naturales Renovables (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación de las parcelas en estudio de Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

REGION	L U G A R	No. DE SITIO	No. DE EXPERIMENTO	COORDENADAS Long. x Lat. N	EDAD (meses)
I	Hacienda La Criba, Candelaria de La Frontera, Santa Ana.	103	013 (84-12)	89° 34' 45" 14° 05' 20"	55.0
	Cantón Paraje Galán, Candelaria de La Frontera, Santa Ana.	105	020 (84-19)	89° 38' 10" 14° 08' 40"	53.0
	Fincas Las Victorias, Caluco, Sonsonate	106	021 (84-20)	89° 37' 30" 13° 43' 20"	54.0
	Cantón Cujucuyo, Texistepeque, Santa Ana.	113	069 (86-2)	89° 30' 10" 14° 04' 35"	43.2
	Hacienda San Marcos, La Hachadura, Ahuachapán.	115	071 (86-4)	90° 06' 00" 13° 47' 10"	56.0
II	Cantón Casa de Tejas, Candelaria de la Frontera, Santa Ana.	118	074 (86-7)	89° 37' 02" 14° 06' 40"	42.0
	Central Geotérmica, Ahuachapán	121	077 (86-10)	89° 43' 15" 13° 56' 15"	43.0
	Hacienda Santa Lucía Orcoyo, La Paz.	201	055 (85-3)	89° 09' 53" 13° 29' 35"	36.0
	Hacienda San Fernando, Ateos, La Libertad.	204	007 (84-6)	89° 26' 29" 13° 43' 36"	64.0

Continuación..... Cuadro I.

REGIÓN	L U G A R	Nº. DE SITIO	Nº. DE EXPERIMENTO	COORDENADAS Long. x Lat. N	EDAD (meses)
III	Hacienda Tutultepeque, Nejapa, San Salvador.	206	024 (34-23)	89° 13' 12" 13° 52' 38"	45.0
	Cantón Potrero Sula, Chalatenan- go.	209	030 (84-29)	89° 21' 05" 14° 06' 10"	56.0
	Hacienda La Providencia, San Luis Talpa, La Paz.	302	022 (84-21)	89° 05' 50" 13° 28' 40"	44.0
	Hacienda Tinuilocoyo, La Paz	303	025 (84-24)	88° 57' 51" 13° 25' 28"	54.0
	Hacienda Astoria, La Paz.	305	067 (85-20)	89° 02' 05" 13° 27' 10"	42.0
IV	Hacienda Santa Clara, La Paz	309	065 (85-18)	89° 04' 24" 13° 24' 19"	43.0
	Hacienda Nahualapa, La Paz	310	089 (86-22)	88° 11' 15" 13° 28' 35"	42.0
	Hacienda Chilanguera, San Miguel	404	058 (85-11)	88° 11' 15" 13° 18' 30"	49.0
	Hacienda La Carrera, Usulután.	405	033 (86-16)	88° 29' 58" 13° 17' 33"	42.0

3.4.2. Estudio del clima

La caracterización climática de cada uno de los sitios donde existen plantaciones de Eucalyptus camaldulensis, se hizo en base a los datos de precipitación, humedad relativa y temperatura de los años comprendidos entre 1983 a 1988, tomados de la estación meteorológica más cercana a cada plantación. Esta información fue procesada a través del departamento de climatología de Recursos Naturales Renovables (Cuadro 2).

3.5. Trabajo de campo

3.5.1. Medición de árboles

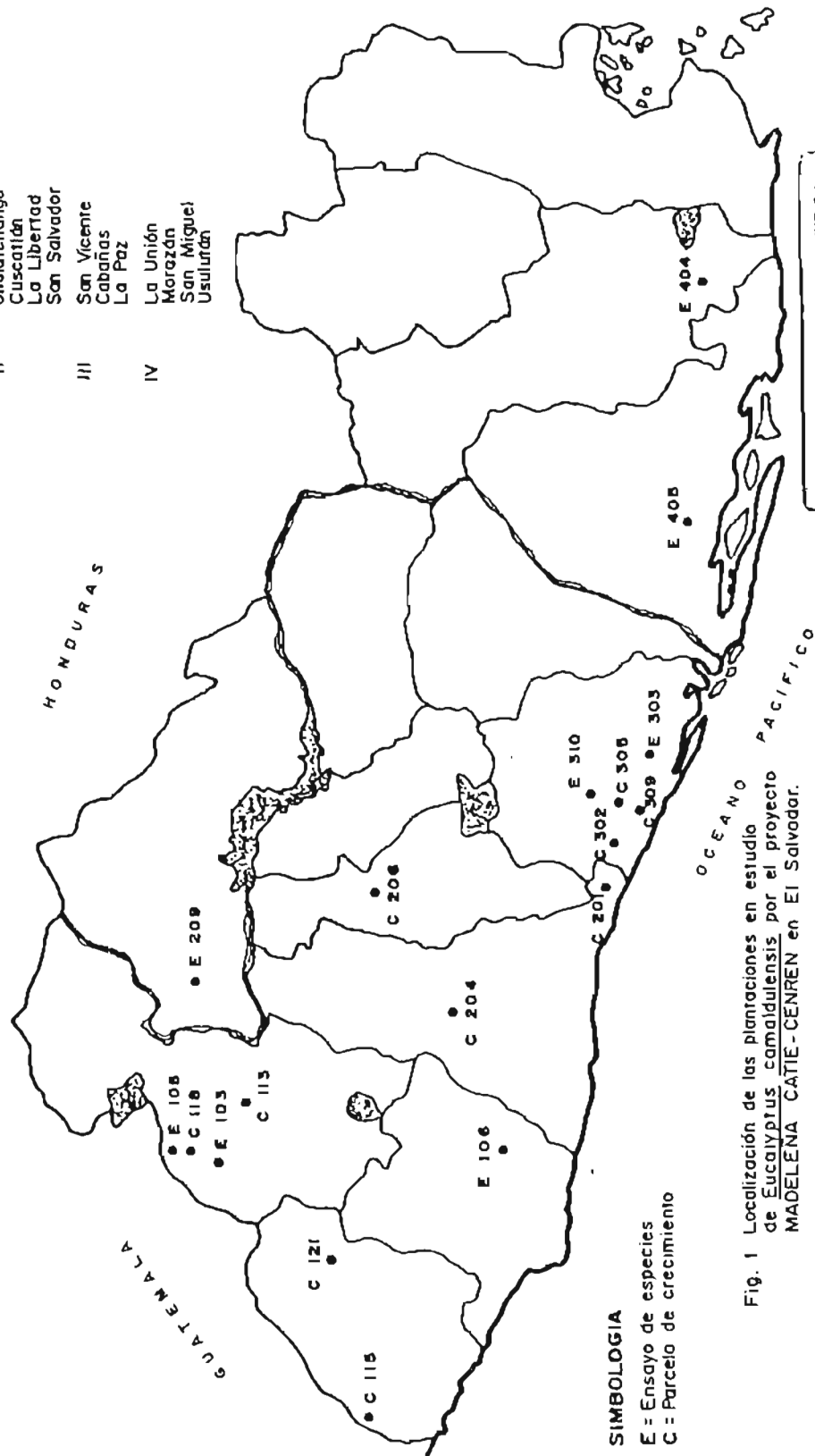
En cada parcela permanente se midió la altura de todos los árboles, utilizando una vara telescópica de 13.60 m y para árboles de mayor altura se empleó pistola de Haga, siguiendo las normas de medición del CATIE (4). Los datos dasonómicos y observaciones para cada uno de los árboles fueron anotados en el formulario N° 11 del CATIE (Anexo A-1).

El estudio abarca las mediciones del proyecto MADELEÑA entre los años de 1983 a 1988 y las propias mediciones de los autores, realizadas en 1989.

ESTACION STACIONES	DISTANCIA AL SITIO RODADA (KM.)	A				B				C				D				E			
		1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
		TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C	TG % C
103	CANDELA	9.0	242 132.4 18.7	65 1294	23.5 131.7 19.2	67 1414	23.5 131.6 19.3	66 1728	23.8 131.8 19.3	64 992	24.3 132.2 19.7	64 1751	24.6 131.3 19.8	66 1695							
105	LA FRONTE	3.0	242 132.4 19.7	65 1294	23.5 131.7 19.2	67 1414	23.5 131.6 19.3	66 1728	23.8 131.8 19.3	64 992	24.3 132.2 19.7	64 1751	24.6 131.3 19.8	66 1695							
118	RA.	3.5	242 132.4 19.7	65 1294	23.5 131.7 19.2	67 1414	23.5 131.6 19.3	66 1728	23.8 131.8 19.3	64 992	24.3 132.2 19.7	64 1751	24.6 131.3 19.8	66 1695							
106	IZALCO	9.6	245 134.2 17.3	79 1905	23.9 133.9 19.6	77 11916	23.7 133.7 19.6	77 12413	23.8 134.0 19.6	77 12413	23.8 134.0 19.6	77 12413	23.8 134.0 19.6	77 12413							
113	TEXIS JUNC- TION.	5.5	265 134.0 20.6	70 1257	25.8 133.3 20.3	69 1134	25.8 133.3 20.3	71 11031	26.2 133.8 20.6	69 768	26.9 134.3 21.5	71 11063	26.9 134.3 21.5	71 11063							
115	ACAJUTLA	37.0	276 132.5 22.5	1245	26.9 132.1 22.5	75 11516	26.8 132.0 22.5	76 122023	27.3 133.0 23.0	73 122023	27.3 133.0 23.0	73 122023	27.3 133.0 23.0	73 122023							
121	WUQUACHA IPAN.	6.0	236 130.7 19.5	70 11335	21.0 129.8 18.7	75 11748	23.2 130.0 18.7	73 11776	23.3 130.6 18.9	68 11260	23.6 130.8 19.0	65 1748	23.6 130.4 18.3	69 1634							
201		10.0	272 134.2 22.5	1714 35	27.0 133.3 22.8	75 122352	26.9 133.7 22.4	74 13113 46	26.9 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46							
302		16.8	272 134.2 22.5	1714 35	27.0 133.3 22.8	75 122352	26.9 133.7 22.4	74 13113 46	26.9 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46							
305	SAN DIEGO	23.5	272 134.2 22.5	1714 35	27.0 133.3 22.8	75 122352	26.9 133.7 22.4	74 13113 46	26.9 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46							
309		21.0	272 134.2 22.5	1714 35	27.0 133.3 22.8	75 122352	26.9 133.7 22.4	74 13113 46	26.9 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46							
310		28.0	272 134.2 22.5	1714 35	27.0 133.3 22.8	75 122352	26.9 133.7 22.4	74 13113 46	26.9 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46							
204	SAN	8.5	246 133.7 15.0	1671 63	23.9 132.9 18.2	216 167	23.9 132.9 18.2	216 167	23.9 132.9 18.2	216 167	23.9 132.9 18.2	216 167	23.9 132.9 18.2	216 167							
206	ANDRES	21.3	246 133.7 15.0	1671 63	23.9 132.9 18.2	216 167	23.9 132.9 18.2	216 167	23.9 132.9 18.2	216 167	23.9 132.9 18.2	216 167	23.9 132.9 18.2	216 167							
209	INUEVA CONCEP- CION.	7.0	256 134.5 21.6	1678 13 36	25.8 133.9 20.3	69 112 84	25.8 133.9 20.3	71 116 80	26.4 134.3 21.6	67 116 80	26.4 134.3 21.6	67 116 80	26.4 134.3 21.6	67 116 80							
303	STA. CRUZ POREILLO	18.5	249 134.3 20.3	1675 14 47	27.8 133.3 21.4	214 192 16 70	27.8 133.3 21.4	214 192 16 70	27.8 133.3 21.4	214 192 16 70	27.8 133.3 21.4	214 192 16 70	27.8 133.3 21.4	214 192 16 70							
404	EL PARILLON	15.5	230 133.9 20.8	1652 13 21	28.4 134.9 18.7	64 75 14 29	28.4 134.9 18.7	64 75 14 29	28.4 134.9 18.7	64 75 14 29	28.4 134.9 18.7	64 75 14 29	28.4 134.9 18.7	64 75 14 29							
405	LA CARRERA	6.0	272 134.2 22.5	1714 35	27.0 133.3 22.8	75 122352	26.9 133.7 22.4	74 13113 46	26.9 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46	27.0 133.7 22.5	73 13113 46							

REGION DEPARTAMENTO

- | | |
|-----|--|
| I | Ahuachapán
Santa Ana
Sonsonate |
| II | Chalatenango
Cuscatlán
La Libertad
San Salvador |
| III | San Vicente
Cabañas
La Paz |
| IV | La Unión
Morazán
San Miguel
Usulután |



SIMBOLOGIA

- E = Ensayo de especies
C = Parcela de crecimiento

Fig. 1 Localización de las plantaciones en estudio de *Eucalyptus camaldulensis* por el proyecto MADELENA CATIE-CENREN en El Salvador.

BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

3.5.2. Muestreo de suelos

El sitio de muestreo se ubicó en la zona más representativa de la plantación, donde se abrió una calicata con dimensiones de 1.0 x 1.0 x 1.5 m de la cual se tomaron muestras de suelo de los dos primeros horizontes del perfil (0-20 y 20-60 cm), y se depositaron en bolsas plásticas con su debida identificación (2 lb por horizonte), posteriormente se llevaron al laboratorio para el análisis físico y químico de las mismas.

Para todas las parcelas se determinaron las siguientes características físicas y fisiográficas:

- 1) Profundidad efectiva, utilizando cinco categorías según la clasificación del Departamento de Agricultura de EE. UU. (39).
 - a) Muy delgado; menos de 25 cm.
 - b) Delgado; de 25-50 cm.
 - c) Moderadamente profundo: de 50-100 cm.
 - d) Profundo; de 100-150 cm.
 - e) Muy profundo; más de 150 cm.
- 2) Drenaje en tres categorías según Ortega (30).
 - a) Imperfecto = 1
 - b) Moderado = 2
 - c) Bueno = 3
- 3) Pendiente, según seis categorías definidas por tablas (37).
 - a) Plana a casi plana: de 0-2%.

- b) Suavemente inclinada: mayor de 2-5%
 - c) Inclinada: mayor de 5-12%
 - d) Moderadamente escarpado: mayor de 12-25%
 - e) Escarpada: mayor de 25-40%
 - f) Muy escarpada: mayor de 40-60%
 - g) Accidentada: mayor del 60%
- 4) Erosión, en cinco categorías según Tablas (37).
- a) Nula = 1
 - b) Ligera = 2
 - c) Moderada = 3
 - d) Severa = 4
 - e) Muy severa = 5

Además para cada horizonte estudiado se determinó el tipo de estructura (18).

3.6. Trabajo de laboratorio

El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de suelos de Recursos Naturales Renovables, ubicado en el Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA).

En el laboratorio las muestras secadas a temperatura ambiente, se trituraron en morteros y posteriormente se tamizaron en una malla de dos milímetros (tamiz. N° 10); tomando submuestras para los respectivos análisis.

Para el análisis de P, Zn, Fe, Cu y Mn se utilizó el

método de solución extractora de Carolina del Norte con una relación suelo: solución de 1:5. El P se determinó colorimétricamente con cloruro estanoso en un espectrofotómetro Spectronic 21. El Fe, Zn, Cu y Mn se determinó usando un espectrofotómetro de absorción atómica (14).

Para la determinación de bases intercambiables (Ca, Mg, N, K), y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se utilizó solución extractora de acetato de amonio pH 7, con una relación suelo: solución de 1:25. El Ca, Mg, Na y K de intercambio se determinaron por absorción atómica, y la capacidad de intercambio catiónico valorando con solución de ácido clorhídrico 0.0206 N. El porcentaje de saturación de bases se estimó como la relación existente entre la sumatoria de bases intercambiables y capacidad de intercambio catiónico multiplicado por cien (14).

El pH del suelo se determinó en un potenciómetro y su medición se hizo en agua, usando una relación suelo seco: agua de 1:10 (14).

El contenido de materia orgánica fue determinado por el método de Walkley y Black (14).

La densidad aparente del suelo (densidad de volumen), se determinó por el método del terrón parafinado; y para la densidad de partículas (densidad real) mediante el método del picnómetro (45).

La porosidad del suelo se obtuvo utilizando la fórmula siguiente:

$$\% \text{ total de poros} = (1 - d_a/d_r) \cdot 100$$

donde: d_a = Densidad aparente en gr/cc

d_r = Densidad real en gr/cc

El análisis granulométrico o porcentaje de partículas del suelo se determinó por el método de Bouyoucos (14).

La interpretación de las propiedades químicas: Ca, Na, Mg, K, pH, CIC y porcentaje de saturación de bases, se realizó en base a la tabla general de interpretación de análisis químico de suelos modificada, descrita por el CIDIAT (7); y para el resto de propiedades químicas evaluadas haciendo uso de la guía de interpretación de suelos adaptada de Díaz Romeu y Hunter (30). A partir de la interpretación de las propiedades químicas, se realizó la determinación de fertilidad de suelo (por apreciación de puntos) para cada sitio en estudio, mediante la tabla de fertilidad de suelos adaptada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (7). Ver anexos A-9, A-10, A-11.

3.7. Procesamiento y análisis de la información

3.7.1. Índice de sitio

A partir de los datos de altura, se seleccionaron los dos árboles más altos por parcela (altura mayor) y se obtuvo un promedio por sitio de cada medición (Cuadro A-2).

Con los datos de altura mayor y edad de cada plantación se establecieron relaciones, evaluando los siguientes

modelos de regresión: ecuación española (16), ecuación general de Schumacher (19) y el modelo empleado por Keogh para la especie *Tectona grandis* (27), basados en el método de la curva guía, de los cuales se utilizó este último para generar dicha curva mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Log Hm} = a + b (1/E)$$

Donde : Hm = Altura mayor

E = Edad en meses

a, b = Coeficientes de regresión

Bajo el principio de mínimos cuadrados se estimaron los coeficientes "a" y "b" de la ecuación lineal simple; a partir de la cual se obtuvo una familia de curvas anamórficas de pendiente común (19), a una edad clave de 48 meses y un intervalo entre curvas de tres metros, por medio de la siguiente ecuación :

$$\text{Log Hm} = \text{Log (IS)} + b (1/E - 1/E_c)$$

Donde : IS = Índice de sitio

E_c = Edad clave en meses

Para la selección de la edad clave (19), se utilizaron los criterios que se detallan a continuación:

- a) Que abarque suficientes años para permitir distinguir diferentes índices de sitio, con una aceptable precisión.
- b) Que esté ubicada en el período de finalización del turno de la especie.

- c) Que sea representativa para las observaciones
- d) Que sea conformada con edades bases utilizadas en otros estudios.

En base a las curvas de índice de sitio se agruparon los lugares por clase de sitio de acuerdo a la altura mayor alcanzada a la edad clave seleccionada; considerando un rango de ± 1.5 m para cada índice de sitio, tomando como base el intervalo entre curvas; dicho intervalo se seleccionó en base al incremento medio anual que presentó la especie.

Obtenida la clasificación por clase de sitio, se procedió a agrupar los diferentes sitios en estudio por su capacidad de uso, en base a la clasificación de tierras descrita por Tablas (37). (Ver Anexos A.12, A.13, A.14).

3.7.2. Análisis de los factores del sitio

El análisis de los datos se llevó a cabo en el Centro de Cómputo de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador.

A través del programa STAT-ITCF 1988 , (2), el cual contiene un módulo de matrices de correlación con un límite de sesenta variables con carácter cuantitativo, se elaboraron archivos de datos con los factores climáticos, fisiográficos y físicos, como también con los resultados de laboratorio obtenidos de los factores químicos y porcentaje de partícu-

las a las profundidades muestreadas de 0-20 cm y 20-60 cm (Anexos A.3, A.4, A.5, A.6, A.7 y A.8). Dentro de los factores físicos las características clase textural y estructura fueron analizados por aparte por su carácter cualitativo.

Se correlacionó el índice con cada uno de los factores del sitio (climáticos, fisiográficos, físicos y químicos del suelo); calculando el coeficiente de correlación simple para cada par de variables. Para determinar cuales variables tuvieron más influencia sobre el crecimiento de la especie, se aplicó a los coeficientes la prueba de "t" Student a un nivel de significancia de 0.05, por medio de la siguiente fórmula (36):

$$t = \frac{r}{\sqrt{(1-r)^2 / (n-2)}}$$

Donde : r = Coeficiente de correlación simple

n = Número total de datos.

4. RESULTADOS

4.1. Clase de sitio

En base a curvas de pendiente común, se distinguieron cinco clases de sitio con una separación entre curva de 3.0 m a una edad clave de 48 meses (cuatro años). En el Cuadro 3 se presentan las clases de sitio y las ecuaciones respectivas.

Cuadro 3. Ecuaciones de índice de sitio con pendiente común para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

Clase de Sitio	Índice de sitio (m)	Ecuación de índice de sitio
I	20.90	$\text{Log (Hm)} = 1.32015 - 0.52289(1/E - 1/E_c)$
II	17.90	$\text{Log (Hm)} = 1.25285 - 0.52289(1/E - 1/E_c)$
III	14.90	$\text{Log (Hm)} = 1.17319 - 0.52289(1/E - 1/E_c)$
IV	11.90	$\text{Log (Hm)} = 1.07555 - 0.52289(1/E - 1/E_c)$
V	8.90	$\text{Log (Hm)} = 0.94949 - 0.52289(1/E - 1/E_c)$

Nótese en el Cuadro 3, que la altura alcanzada -- por la especie fue de 20.9 m, a la edad clave para la clase I, que corresponde al mejor sitio; mientras la clase V alcanzó una altura de 8.9 m a esa misma edad, resultando ser el peor sitio.

La Figura 2 presenta las curvas de índice de sitio

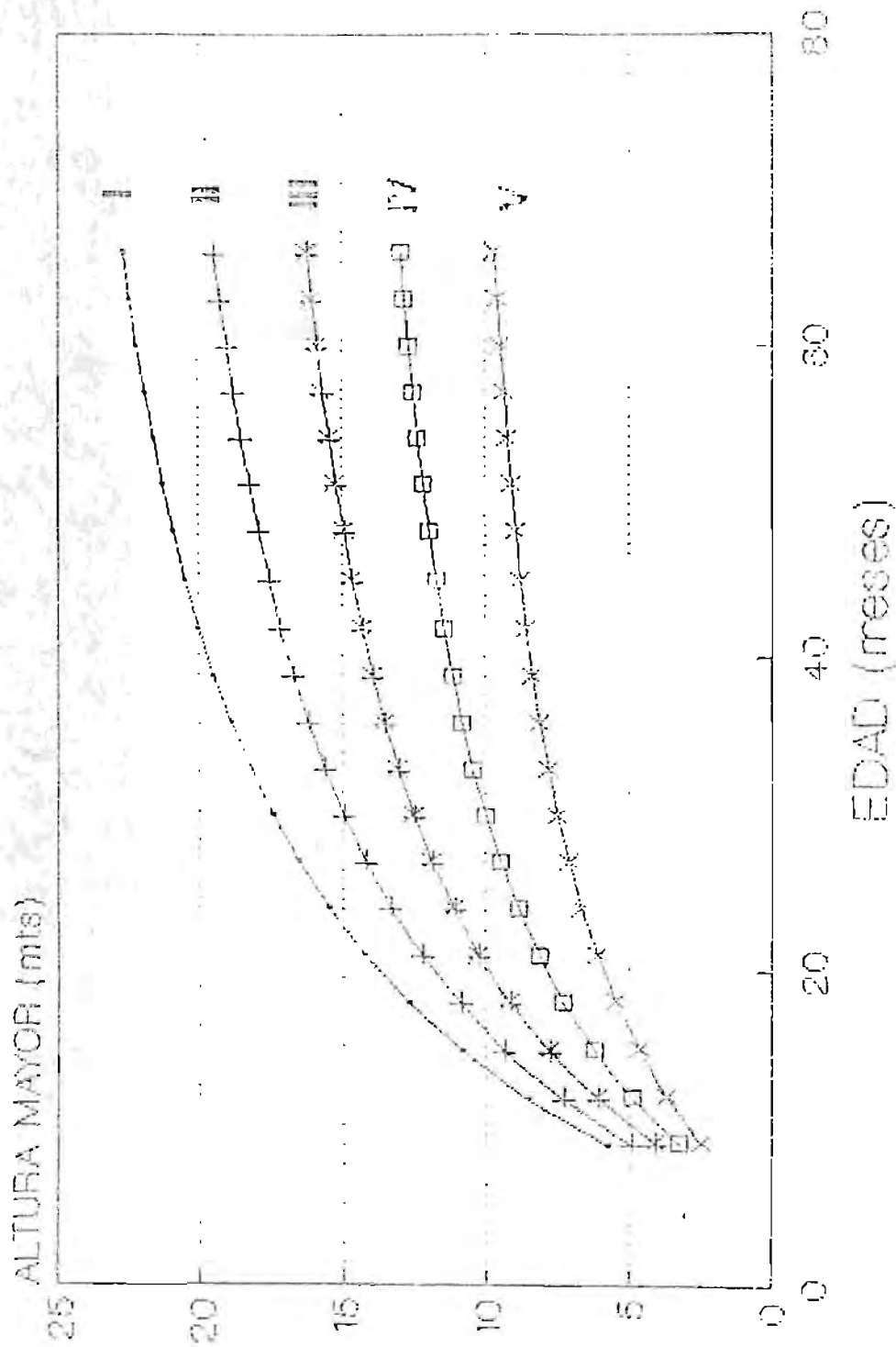


Fig.2 Curvas de índice de sitio para Eucaliptus camadulensis en El Salvador .

obtenidas a partir de la siguiente ecuación de pendiente común :

$$\text{Log (Hm)} = a - 0.52289 (1/E - 1/E_c)$$

Mediante las curvas se ubicaron los sitios a una edad clave de 48 meses, considerando un rango de ± 1.5 m para cada índice, tomando como base la separación entre curvas.

Las curvas presentan tendencia ascendente con mayor inclinación hasta los 36 meses; luego de esta edad el incremento es menor, siendo muy suave a los 66 meses.

El cuadro 4 presenta el promedio de altura mayor a la edad clave (48 meses) de los dieciocho sitios estudiados y su ubicación en clases de sitio.

Cuadro 4. Distribución por clase de sitio para dieciocho sitios plantados con Eucalyptus camaldulensis en base al índice de sitio en El Salvador.

CLASE DE SITIO									
I= 20.9 m \pm 1.5		II= 17.9 m \pm 1.5		III= 14.9 m \pm 1.5		IV= 11.9 m \pm 1.5		V= 8.9 m \pm 1.5	
No. de Sitio	\bar{H}_m (m)	No. de Sitio	\bar{H}_m (m)	No. de Sitio	\bar{H}_m (m)	No. de Sitio	\bar{H}_m (m)	No. de Sitio	\bar{H}_m (m)
303	20.79	115	17.25	113	16.40	309	13.41	106	9.49
				201	16.39	121	13.39	209	7.67
				118	14.86	405	13.25		
				302	14.06	305	12.91		
				404	13.91	310	12.88		
				204	13.67	206	12.19		
						105	10.48		
						103	10.39		

Donde \bar{H}_m : Altura mayor promedio a la edad clave de 48 meses.

Observándose que en las clases de sitio I y II se ubicó un sitio por clase; en las clases III y IV se ubicaron la mayoría de los sitios (seis y ocho respectivamente) y en la clase V solamente dos.

4.2. Factores climáticos

En el Cuadro 5 se presentan las características climáticas promedio por clase de sitio.

Cuadro 5. Características climáticas promedio por clase de sitio de Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

Clase de Sitio	Elevación msnm	Tempera- tura pro medio °C	Tempera- tura má- xima °C	Tempera- tura mí- nima °C	Precipi- tación (mm)	Humedad Relativa %
I	22.0	27.18	33.96	21.61	1686	74.79
II	10.0	27.28	33.23	22.50	1628	75.08
III	302.0	26.15	32.70	20.70	1468	71.08
IV	394.0	25.38	32.07	20.80	1550	71.34
V	448.0	25.33	33.80	20.30	1635	72.53

Con respecto a la elevación, se observan valores bajos de 22 y 10 msnm para las clases I y II, incrementándose para las clases III, IV y V con valor de 302-448 msnm.

Con relación a las temperaturas, los valores oscilaron de 25.33 a 27.28 °C para la temperatura promedio, 32.07 a

33.96 °C para la temperatura máxima y de 20.30 a 22.50 °C para la temperatura mínima. La precipitación osciló de 1468 a 1686 mm y la humedad relativa de 71.08 a 75.08 por ciento; para las cinco clases de sitio.

4.3. Factores edáficos

4.3.1. Características fisiográficas y físicas.

En el Cuadro 6, se presentan las características fisiográficas y físicas por clase de sitio, notándose que la profundidad efectiva alcanza valores de 200 cm para la clase I y 63 cm para la clase V; la pendiente varió de 1.5 a 14.0 por ciento entre las clases de sitio; la erosión varió de nula a severa aunque las clases III, IV y V presentaron erosión moderada; el drenaje se caracterizó de imperfecto a bueno, pero sólo para las clases I y II el drenaje fue bueno; la densidad aparente presenta valores similares entre las clases, observándose el menor valor (0.97 gr/cm^3) para la clase I; el porcentaje de poros presentó una variación de 62.69 a 51.0 por ciento entre clases de sitio.

El porcentaje de arena para la clase I, aumenta de 32.50 a 55% y disminuye para la clase V de 34.75 a 11.05% a una mayor profundidad de suelo, el porcentaje de limo para las clases IV y V disminuye de 41.49 a 22.30% y de 26.30 a 8.80% respectivamente; el porcentaje de arcilla disminuyó para la clase I (22.50 a 20.0%), incrementándose para

la clase IV (26.1 a 45.54%) y V (38.35 a 80.15%) a una mayor profundidad. Los porcentajes de arena, limo y arcilla se mantienen relativamente constantes para las clases II y III a ambas profundidades.

Para la estructura en los sitios estudiados, a la profundidad de 0-20 cm el tipo de estructura que alcanzó mayor frecuencia fue granular; y a la profundidad de 20-60 cm fue bloques subangulares. En cuanto a la clase textural no fue considerada como tal, debido a que este factor fue analizado como porcentaje de partículas mencionado anteriormente. Así también la pedregosidad por encontrarse nula para la mayoría de los sitios, no se consideró para fines de evaluación de calidad de sitio, pero sí para la clasificación por capacidad de uso (Cuadro 7).

4.3.2. Características químicas

Los resultados e interpretación de las propiedades químicas estudiadas para las profundidades de 0-20 y 20-60 cm (Cuadro 8, 9 y 10) muestran lo siguiente: El pH para las cinco clases de sitio varió de ácido a casi neutro (5.35 a 7.30). La materia orgánica se calificó de baja a muy baja en las cinco clases de sitio (5.48 a 0.50%). La capacidad de intercambio catiónico entre clase de sitio varió de alta a muy alta (20.7 a 51.35 meq/100 gr) al igual que el porcentaje de saturación de bases (35.86 a 60.03%).

Al analizar el contenido de nutrientes para las cinco clases de sitio, observamos una disponibilidad de media a alta para los elementos Calcio (5.33 a 18.05 meq/100 gr), Magnesio (1.25 a 8.19 meq/100 gr) y de alta a muy alta para Potasio (0.7 a 4.23 meq/100 gr); excepto el fósforo que varió de muy bajo a muy alto (0.72 a 120.75 ppm). Con relación al Sodio (0.09 a 0.22 meq/100 gr), Hierro (1.75 a 50.09 ppm), Manganeso (9.89 a 43.87 ppm), Zinc (0.71 a 13.50 ppm) y Cobre (0.48 a 5.34 ppm), se encontraron en niveles de disponibilidad bajos. La relación Ca/Mg fue alta (2.34 a 4.92), mientras que la relación Mg/K varió de baja a alta (0.51 a 24.8) entre las cinco clases de sitio.

Cuadro 6. Características fisiográficas, físicas y de las fracciones arena, limo, arcilla promedio, por clase de sitio de Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

Clase de sitio	Profundidad efectiva (cm)	Pendiente %	Erosión	Densidad aparente (gr/cm ³)	Porcentaje de poros	Drenaje	Fracciones (%)			
							Arena	Limo	Arcilla	
							0 - 30 cm		30 - 60 cm	
I	200	1.5	2	0.97	52.69	3	52.50	45.00	22.50	30.0
II	90	3.0	2	1.23	53.53	3	48.30	46.20	35.00	30.50
III	127	7.2	2 - 3	1.13	54.91	2 - 1	21.37	29.60	49.03	47.77
IV	91	6.0	2 - 3	1.24	49.12	2 - 1	32.40	41.49	26.10	45.54
V	63	14.0	3 - 4	1.15	51.00	1	34.75	26.90	38.35	30.15

Zonas :

Drenaje : 1 = Imperfecto; 2 = moderado; 3 = bueno

Erosión : 1 = nula; 2 = ligera; 3 = moderada; 4 = severa.

Al analizar el contenido de nutrientes para las cinco clases de sitio, observamos una disponibilidad de media a alta para los elementos Calcio (5.33 a 18.05 meq/100 gr), Magnesio (1.25 a 8.19 meq/100 gr) y de alta a muy alta para Potasio (0.7 a 4.23 meq/100 gr); excepto el fósforo que varió de muy bajo a muy alto (0.72 a 120.75 ppm). Con relación al Sodio (0.09 a 0.22 meq/100 gr), Hierro (1.75 a 50.09 ppm), Manganeso (9.89 a 43.87 ppm), Zinc (0.71 a 13.50 ppm) y Cobre (0.48 a 5.34 ppm), se encontraron en niveles de disponibilidad bajos. La relación Ca/Mg fue alta (2.34 a 4.92), mientras que la relación Mg/K varió de baja a alta (0.51 a 24.8) entre las cinco clases de sitio.

Cuadro 7. Clases de textura, estructura y pedregosidad para los diferentes sitios plantados con Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

No. de Sitio	T E X T U R A		E S T R U C T U R A		PEDREGOSIDAD
	0-20 cm	20-60 cm	0-20 cm	20-60 cm	
303	Franca	Franco arenosa	Granular	Granular	Ninguna
115	Franco arcillo limosa	Franco arcillosa	Bloques angulares	Bloques subangulares	Ninguna
113	Arcillosa	Arcillosa	Bloques subangulares	Prismática	Ninguna
118	Arcillosa	Arcillosa	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Ninguna
302	Franco arcillo limosa	Arcillo limosa	Granular	Bloques subangulares	Ninguna
404	Arcillo limosa	Arcillosa	Bloques subangulares	Bloques angulares	Moderada
201	Franco arcillo sa	Franco limosa	Granular	Granular fina	Ninguna
204	Franca	Franco arenosa	Granular	Granular	Ninguna
103	Franco arcillo limosa	Arcillo limosa	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Poca
105	Franco arcillo sa	Arcillosa	Granular	Prismática	Poca
121	Franco arcillo sa	Arcillosa	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Moderada

Continuación Cuadro 7.

No. de Sitio	T E X T U R A		E S T R U C T U R A		PEDREGOSIDAD
	0-20 cm	20-60 cm	0-20 cm	20-60 cm	
206	Franco arcillo limosa	Arcillosa	Granular fina	Bloques subangulares	Moderada
305	Franco arenosa	Franco arenosa	Granular	Sin estructura	Ninguna
309	Franco arenosa	Arenosa franca	Granular fina	Sin estructura	Ninguna
310	Franco arenosa	Franco limosa	Granular	Sin estructura	Ninguna
405	Franco arcillo limosa	Franco arcillosa	Granular	Bloques subangulares	Ninguna
106	Franco arcillo_ sa	Arcillosa	Granular	Prismática	Abundante
209	Franco arcillo_ sa	Arcillosa	Granular	Prismática	Abundante

Cuadro 3. Características químicas promedio por clase de sitio de Eucalyptus camaldulensis en El Salvador, a profundidad de 0-20 cm.

Clase de Sitio	pH	NO %	Ca %	Mg %	K meq/100 gr	Na %	CIC %	SB %	P %	Fe ppm	Mn ppm	Zn %	Cu %	Ca/Mg	Mg/K
I	5.35	2.00	5.22	1.25	2.02	0.12	25.70	42.08	120.75	35.92	25.92	1.29	0.45	4.25	0.62
II	6.30	3.05	15.94	5.79	0.70	0.22	37.39	60.03	7.14	7.00	38.00	13.75	1.75	2.77	8.27
III	6.06	3.06	6.58	2.25	1.25	0.16	32.70	35.86	9.95	20.22	43.87	5.45	5.39	3.30	2.40
IV	6.08	4.76	9.43	3.34	1.25	0.13	30.33	46.25	39.52	26.39	43.04	5.45	4.17	2.59	6.17
V	5.45	5.48	15.48	5.63	1.01	0.09	45.43	51.16	3.39	15.14	26.02	3.62	0.97	2.86	8.96

Donde:

CIC = Capacidad de intercambio catiónico.

SB = Saturación de base.

Cuadro 9. Características químicas promedio por clase de sitio de Eucalyptus camaldulensis en El Salvador a una profundidad de 20-60 cm.

Clase de Sitio	pH	PO ₄	Ca	Mg	K	Na	CIC	SB	P	Fe	Mn	Zn	Cu	Ca/Mg	Mg/K
I	5.79	0.57	20.57	2.15	4.23	0.10	33.48	50.92	35.33	16.73	16.70	0.71	1.10	4.92	0.51
II	7.30	3.16	16.42	6.33	0.76	0.18	39.76	59.53	17.70	1.75	23.50	13.50	2.50	2.59	8.33
III	6.13	2.02	7.56	3.38	0.33	0.20	33.44	39.09	19.95	21.15	26.15	5.31	3.12	3.21	2.93
IV	6.29	2.27	9.39	4.20	0.99	0.21	29.30	43.37	36.50	50.09	17.76	4.33	4.49	2.34	12.22
V	5.55	2.30	13.05	8.19	0.74	0.22	51.35	51.52	0.72	14.00	9.39	1.22	2.97	2.75	24.90

Donde :

CIC = Capacidad de intercambio catiónico

SB = Saturación de bases.

Cuadro 10. Interpretación de las propiedades químicas de los suelos por clase de sitio para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

Clase de sitio	Profundidad									
	I		II		III		IV		V	
Propiedad química	0-20 cm	20-60 cm	0-20 cm	20-60 cm	0-20 cm	20-60 cm	0-20 cm	20-60 cm	0-20 cm	20-60 cm
pH	ácido	ligeramen- te ácido	ligeramen te ácido	casi neu- tro	ligeramen te ácido	ligeramen- te ácido	ligeramen te ácido	ligeramen te ácido	ácido	ligeramen te ácido
% MO	mb	mb	b	b	b	b	b	b	m	b
Ca	m	a	a	a	m	m	m	m	a	a
Mg	m	m	a	a	a	a	a	a	a	a
K	ma	ma	a	a	ma	a	ma	a	a	a
Na	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
P	ma	ma	b	m	b	m	ma	mb	mb	mb
Fe	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
Mn	b	b	b	b	b	b	b	b	b	m
Zn	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
Cu	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
Ca/Mg	e	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Mg/K	b	b	a	e	m	a	e	a	a	a
ClC	e	ma	ra	ma	ma	ma	ma	ma	ma	ma
%SB	e	a	ma	a	a	a	a	a	a	a

no = muy bajo
n = medio

b = bajo
ma = muy alto

a = alto

4.3.3. Fertilidad y capacidad de uso.

La clase de fertilidad de suelo para cada sitio en estudio se presenta en el Cuadro 11, el cual se detalla a continuación.

Cuadro 11. Fertilidad de suelo por clase de sitio para -
plantaciones de Eucalyptus camaldulensis en El
Salvador.

Clase de sitio	No. de sitio	Fertilidad
I	303	Moderada
II	115	Moderada
III	113	Moderada
	118	Baja
	302	Baja
	404	Moderada
	201	Baja
	204	Baja
IV	103	Moderada
	105	Baja
	121	Moderada
	206	Moderada
	305	Moderada
	309	Moderada
	310	Baja
	405	Moderada
V	106	Moderada
	209	Moderada



Obsérvese en el cuadro anterior que la fertilidad varía

de baja a moderada para las cinco clases de sitio.

La clasificación por capacidad de uso para los diferentes sitios se detalla en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Clasificación por capacidad de uso para los sitios plantados con Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

Clase de Sitio	No. de Sitio	Clase	Sub-clase	Unidad de Capacidad	Categorías
I	303	C2	C2SD	$C2 \frac{t}{d}$	C2
II	115	C2	C2ESD	$C2 \frac{Peh}{d}$	C2
III	113	C4	C4ESD	$C4 \frac{t}{d}$	C4
	118	C4	C4ESD	$C4 \frac{t}{d}$	
	302	C3	C3ESD	$C3 \frac{pc}{d}$	
	404	C4	C4SD	$C4 \frac{th}{d}$	
	201	C4	C4SD	$C4 \frac{e}{d}$	
	204	C4	C4ESD	$C4 \frac{p}{d}$	
	103	C4	C4ESD	$C4 \frac{p}{d}$	C4, CP6
IV	105	C4	C4ESD	$C4 \frac{t}{d}$	
	121	C4	C4ESD	$C4 \frac{t}{rd}$	
	206	C4	CAESD	$C4 \frac{Peht}{rd}$	
	305	CP6	CP6SD	$CP6 \frac{h}{d}$	
	309	CP6	CP6SD	$CP6 \frac{t}{d}$	
	310	C3	C3ESD	$C3 \frac{eh}{d}$	
	405	C4	C4ED	$C4 \frac{e}{d}$	
V	106	C5	C5ESD	$C5 \frac{p}{rd}$	C5*, CP6*
	209	CP6	CP6ESD	$CP6 \frac{pe}{rd}$	

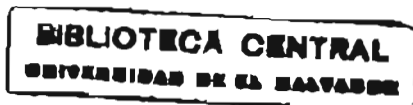
* Categorías con pendientes mayores del 12%.

Donde : P = pendiente, e = grado de erosión, h= profundidad efectiva, t = textura, r = pedregosidad, d = drenaje.

Al observar el cuadro, las clases de sitio I, II, III y IV, presentan categorías que van de C2 a CP6 con pendientes menores al 12%, mientras que la clase V se caracteriza por presentar categorías, que van de C5 a CP6 pero con pendientes mayores del 12%. También observamos a nivel de sub-clase que la mayoría de sitios presentan problemas de erosión, suelo y drenaje, siendo la limitante común entre sitios el drenaje como se observa a nivel de unidad de capacidad.

4.4. Correlación entre el índice de sitio y los factores climáticos y edáficos.

En el Cuadro 13 se presentan los factores del sitio que correlacionaron con el índice de sitio, los cuales se obtuvieron a partir de las matrices de correlación simple.



Cuadro 13. Factores del sitio que presentan significancia con relación al índice de sitio, para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

Parámetro	Temperatura Promedio °C	Elevación msnm	Profundidad efectiva cm	Erosión	Drenaje	Porcentaje de poros	Porcentaje de Materia Orgánica	Potasio
Índice de sitio.	0.347	-0.355	0.605	-0.443	0.727	0.477	-0.463	0.583

Las características climáticas que correlacionaron con el índice de sitio fueron: temperatura promedio y elevación, con coeficientes de correlación de 0.347 y -0.355 respectivamente. (Anexo A.15).

Dentro de las características físicas que correlacionaron con el índice de sitio fueron: profundidad efectiva, drenaje, porcentaje de poros y la erosión; la pendiente resultó no significativa sobre el índice de sitio, pero esta variable influye en forma positiva la erosión con coeficiente de correlación de 0.581. El drenaje y la profundidad efectiva presentaron coeficientes de correlación positivos de 0.727 y 0.605 respectivamente, otra variable que influyó en forma indirecta el índice de sitio fue la densidad aparente, la cual determina el porcentaje de poros que presentó un coeficiente de correlación 0.477 con el índice de sitio (Anexo A.16). En el caso de los porcentajes de arena, limo y arcilla resultaron ser no significativos con el índice de sitio. (Anexos A.17 y A.18).

Con respecto a las propiedades químicas, el coeficiente de correlación para materia orgánica fue de -0.463 a una profundidad de 0-20 cm y con el Potasio fue de -0.583 en la profundidad de 20-60 cm; no existiendo correlación significativa con el resto de variables químicas y el índice de sitio. (Anexos A.19 y A.20).

En el Cuadro 14, se presenta un resumen de los factores que caracterizaron la clasificación preliminar por clase de sitio para Eucalyptus camaldulensis (para pendientes menores del 15%).

Cuadro 14. Factores que caracterizan la clasificación preliminar por clase de sitio para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador (para pendientes menores del 15%).

CLASE DE SITIO	CARACTERISTICAS POR CLASE DE SITIO
I	Se caracteriza por pendientes planas, entre 0-2%; erosión nula y presenta suelos muy profundos (con más de 150 cm; con texturas francas a francas arenosas; no existe problemas de drenaje (buen drenaje).
II	Caracterizada por pendientes planas a suavemente inclinadas, entre 0-5%; erosión nula a ligera; suelos moderadamente profundos a profundos (90 a 150 cm); con texturas francas medias y francas finas a una profundidad de muestreo de 0-60 cm; con buen drenaje.
III	Presenta pendientes, entre 0-6%; erosión que varía de nula a moderada; texturas francas medias, francas finas y arcillosas hasta una profundidad de muestreo de 0-60 cm; el drenaje varía de moderado a imperfecto.
IV	Se caracteriza por pendientes, entre 0-7 %; erosión que varía de nula a moderada; suelos delgados hasta profundos (25 a 150 cm); texturas francas medias, francas finas, arcillosas y arenosas a una profundidad de muestreo de 0-60 cm; el drenaje varía de moderado a imperfecto.
V	Presenta pendientes, entre 13-15%; erosión de moderada a severa; suelos delgados hasta moderadamente profundos (25 - 100 cm); texturas francas finas, arcillosas y arenosas hasta una profundidad de muestreo de 0-60 cm; el drenaje es imperfecto.

TEXTURAS

Francas medias : Francas, Franca Arenosas, Franco Limosa
 Francas finas : Franco Arcilloso, Franca Arcillo Limosa
 Arcillosas : Arcilloso, Arcillo Limosa
 Arenosas Francas: Arenosa Franca.

5. DISCUSION

5.1. Factores dasonómicos

Uno de los parámetros más utilizados en la clasificación de la productividad de sitios forestales es la altura mayor de los árboles, ya que esta variable refleja las variaciones de calidad de sitio y a diferencia de otras variables como el diámetro y el área basal, no está influenciada por las prácticas de manejo (30). En este sentido, para expresar el índice de sitio para E. camaldulensis se utilizó el criterio de altura mayor por considerarse que los árboles más altos ocupan los mejores sitios, como lo manifiesta Pulido (31), Shultz y Voorhoeve (30); sin embargo, otros autores consideran la altura dominante y codominante como mejores estimadores para evaluar la calidad de sitio ya que involucran el diámetro como parámetro de medición (1, 6); no obstante, Chagas (23), al estimar índices de sitio de P. elliotti no encontró diferencias significativas al utilizar la altura dominante y/o altura mayor, obteniendo coeficientes de correlación de 0.936 y 0.933 respectivamente, lo que lleva a pensar que es independiente utilizar cualesquiera de ellas.

Para generar las curvas de índice de sitio se tomó como base la ecuación de la curva guía utilizada por Keogh (27), debido a que es de fácil estimación y generó un coe-

ficiente de correlación de 0.79, proporcionando este modelo un grupo de curvas que se adaptaron al comportamiento de los datos de la investigación. (Ver Figura 2).

Se seleccionó una edad clave de 48 meses (4 años) considerando los criterios descritos anteriormente (19). La edad clave utilizada en el presente estudio satisface, para el país, los objetivos de uso de la especie al acercarse al turno de aprovechamiento de la misma, y se obtienen datos de altura con suficiente precisión.

Se obtuvieron cinco curvas con un intervalo de tres metros entre curvas, el cual se obtuvo en base al incremento medio anual que presentó la especie en los diferentes sitios. El intervalo entre curvas seleccionado es adecuado para el comportamiento actual de la especie, coincidiendo con el estudio de Jadan para E. deglupta (23) quien utilizó un intervalo de 3.0 m, mientras que Hurtado y Jeréz emplearon intervalos de 4.0 m en plantaciones de E. globulus, permitiéndoles obtener resultados satisfactorios para dichas especies.

La clasificación por clases de sitio para E. camaldulensis se realizó en base a la altura que presentaban los árboles en los diferentes sitios en estudio, a una misma edad (Cuadro 4); notándose que las mayores alturas alcanzadas por la especie fueron de 20.79 y 17.25 m, considerándose éstas las mejores clases (I y II respectivamente), en cambio los sitios que alcanzaron menores alturas se les con-

sideró como de una clase inferior (Clase III, IV y V).

5.2. Factores del sitio que influyen el crecimiento de la especie

5.2.1. Factores climáticos

Los factores del clima como la precipitación, temperatura y humedad relativa tienen gran importancia en el desarrollo de los árboles, pero para el presente estudio éstas no resultaron ser factores limitantes en el crecimiento de E. camaldulensis, ya que las variaciones climáticas de su lugar de origen son similares y mayores a las condiciones climáticas locales (22); lo que hace suponer que la especie no es sensible a pequeñas variaciones de clima. - Así tenemos en el Cuadro 5 que con precipitaciones de 1468 a 1868 mm el eucalipto se desarrolla favorablemente, coincidiendo con estudios realizados en la región (5); no obstante Tobar y de Las Salas, determinaron que las precipitaciones influyen directamente sobre el crecimiento de los árboles (33, 34).

Aunque la temperatura promedio resultó ser significativa al correlacionarla con el índice de sitio, esta no mostró una marcada influencia sobre el mismo, ya que el valor de 27.18 °C alcanzando en la clase I (sitio 303), donde se encontró el mejor índice de sitio para la especie, resultó

ser similar a los valores de 28.90 y 26.73 °C para las - clases III (sitio 404) y V (sitio 209) respectivamente, en donde se reportaron un menor índice de sitio de la especie (Anexo A.3). De igual forma, la elevación correlacionó - significativamente con el índice de sitio, como la reportado en Costa Rica, donde la elevación tiene influencia negativa en el crecimiento de la especie (5); no obstante, un análisis más detallado deja ver que esta variable no resulta ser un factor limitante de la calidad de sitio, como se puede notar en el Cuadro A.3, así por ejemplo al comparar el sitio 303 (clase I) y el sitio 305 (clase IV) con similares - elevaciones presentaron diferencia en el índice de sitio; por lo que se considera que las diferencias en altura (índice de sitio) puede deberse a factores edáficos propios del sitio.

5.2.2. Factores edáficos

5.2.2.1. Factores fisiográficos y físicos.

Los factores fisiográficos no ejercen una influencia directa en el desarrollo de las plantas, pero sí condiciona otros factores tal es el caso de la pendiente que al parecer no resultó tener una influencia significativa con el índice de sitio, pero es interesante destacar como esta variable sí condicionó en forma negativa la erosión, reafirmando lo encontrado por Tschinkel (38) quien manifiesta que la pendienta

te no influye directamente sobre el crecimiento, pero condiciona otros factores que afectan el proceso fisiológico del árbol. Así tenemos que pendientes con porcentajes bajos de 1.5 a 3.0% y erosiones que van de nula a ligera se localizaron los mejores sitios, mientras que en aquellos que se caracterizaron por pendientes con porcentajes medios (7.2 y 6.0%) y altos (14%) y erosiones moderadas a severas, se localizaron los índices más bajos para la especie (Cuadro 6); debido a que existe un mayor arrastre de materiales de las partes altas y medias hacia las partes bajas; concordando con lo afirmado por Zahner y otros autores (23, 26, 30, 46).

El suelo como factor del medio ambiente físico de la planta juega un papel importante para el crecimiento de la misma, ya que ésta necesita abastecerse con nutrientes, - agua y oxígeno en su zona radicular; por lo que al estudiar el porcentaje de poros, el cual depende del estado de agregación de un suelo, se obtuvieron para las cinco clases de sitios altos porcentajes mayores del 50%; esto indicaría mayor disponibilidad de espacios vacíos, concordando con la - medición de la densidad aparente, cuyos valores promedios fueron bajos (0.97 - 1.24) permitiendo así un buen desarrollo radicular (Cuadro 6). No obstante la presencia de agregados relativamente grandes, pero compactados y con un arreglo en aristas angulares (Cuadro 7), hace variar la distribución entre los macroporos y microporos, lo cual se debe a

la presencia de altos porcentajes de arcilla encontrados a una profundidad de 20-60 cm en las clases de sitio III -- (47.77%), IV (45.54%) y V (80.15%), Cuadro 6, que deriva una disminución en el tamaño de los poros y esto afecta el desarrollo de las plantas de dichos sitios; coincidiendo con estudios similares realizados en P. caribaea var. hondurensis (30), E. deglupta (23) y pino Loblolly (46), para los cuales se reportó que incrementos excesivos de materiales finos, constituyeron un impedimento para el desarrollo radicular para la especie, al reducir el tamaño del espacio libre, resultando ser los peores sitios.

Lo anterior se corrobora también con la diferencia de drenaje que presentan las clases de sitio estudiadas (Cuadro 6), lo que se deriva de la variación del tamaño de los poros; generándose en los sitios de mayor proporción de arcilla una eliminación más lenta del agua dentro del perfil, por lo cual el drenaje es imperfecto; sin embargo, con bajo contenido de arcilla el tamaño de los poros es mayor, que permite eliminar el agua más fácilmente dentro del perfil, caracterizando un drenaje bueno. Así tenemos que a la profundidad de 20-60 cm con porcentajes de arcilla de 20.0 - (clase I) y 30.50 (Clase II) el drenaje fue bueno al incrementarse los porcentajes de arcilla a valores de 47.77 (clase III), 45.54 (clase IV) y 80.15 (clase V) el drenaje fue imperfecto lo que limitó el crecimiento de la especie (cuadro 6).

Concordando con Brito y otros autores quienes concluyeron que la distribución de textura en el perfil y el drenaje, son factores que influyen en la determinación de calidad de sitio, y lo interpretan como una consecuencia de la importancia de retención de humedad en el suelo (30).

A pesar que la profundidad efectiva presentó una correlación positiva con el índice de sitio, ésta no actúa directamente sobre el mismo, ya que es condicionada por el drenaje como se puede observar en el Cuadro 6, para las clases de sitio II y IV que presentaron suelos moderadamente profundos (90 y 91 cm), en donde el tipo de drenaje fue diferente, siendo para la clase II bueno y de moderado a imperfecto para la clase IV. Así como lo menciona Cortéz y Malagón (7), quienes afirman que la profundidad efectiva es una característica que tiene menos importancia directa de la que se le ha atribuido, ya que sus efectos indirectos son mayores a través del almacenamiento de humedad, aireación y disponibilidad de nutrientes.

5.2.2.2. Factores químicos

Las propiedades químicas del suelo, son utilizadas para determinar los requerimientos necesarios para el desarrollo de las plantas y son estudiadas a fin de mejorar la disponibilidad de nutrientes, evitar toxicidades de elementos, utilizar la población microbiana y en general mejorar la condi

ción física del suelo; razón por la cual en este estudio - se consideraron las siguientes propiedades químicas:

El pH para las cinco clases de sitio a las dos profundidades estudiadas varió de 5.35 a 7.30, el cual se encuentra en el rango adecuado para el desarrollo de la especie que va de ácido a casi neutro (Cuadros 8, 9 y 10); por lo que no resultó ser un factor limitante en el desarrollo de la misma, coincidiendo con la información obtenida en estudios similares de calidad de sitio realizados por Vásquez y Ortega (30 y 40).

La materia orgánica presentó porcentajes bajos para las cinco clases de sitio que variaron de 2.0 a 5.4% a la primera profundidad de 0.20 cm, y de 0.5 a 3.16% a una profundidad de 20-60 cm (Cuadros 8, 9), observándose que los contenidos de materia orgánica disminuyen a medida que se profundiza en el suelo. A pesar que la materia orgánica mostró una correlación negativa con el índice de sitio a la primera profundidad, esta variable no mostró una influencia marcada sobre el mismo; tal como se muestra en el Cuadro 8 que valores bajos de 2.0% (clase I) y 4.76% (clase IV) presentaron diferencias en el índice de sitio. Pero al analizar los bajos contenidos de materia orgánica a la primera profundidad, éstos se relacionan con el nivel crítico de temperatura (25 °C); temperaturas mayores de 25 °C, hacen que exista una mayor actividad biológica y por consiguiente hay una mayor descomposición de materia orgánica en el suelo, que causa

problemas de fertilidad (15).

En cuanto a la capacidad de intercambio catiónico, porcentajes de saturación de bases y el contenido de nutrientes, no influyeron significativamente sobre el índice de sitio, lo que hace parecer que la especie no es demandante de los elementos del suelo. Esto daría lugar a una explicación vaga, ya que al englobar todos estos parámetros dentro de los componentes químicos del suelo (materia orgánica, pH, CIC, bases totales, saturación de bases y fósforo) que llevan a definir la fertilidad del mismo, mostraron en este caso para todas las clases de sitio, una fertilidad que varió de moderada a baja que para otras especies cultivables representaría una limitante en el crecimiento de las plantas, obteniéndose que la clase de sitio I reportó una altura de 20.79 m con fertilidad moderada, al igual que la de 9.49 y 7.67 m (Cuadros 4, 11); así se tiene que las propiedades químicas en este caso no influyen en la productividad de la especie, ya que un suelo fértil no es siempre un suelo productivo (35); por lo que el crecimiento de E. camaldulensis, no depende sólo de los factores químicos, sino también de otros factores que influyen en las condiciones del sitio (31), como se ha demostrado anteriormente. A través de la clasificación de tierras por capacidad de uso, también se puede observar que los factores limitantes del crecimiento fueron: drenaje, erosión y textura.

Se comprobó que existe una relación entre la clasifica

ción por clase de sitio y la clasificación de tierras por su capacidad de uso. Al analizar los factores que inciden sobre el índice de sitio (observándose en el Cuadro 12), que para la clase I que alcanzó un mayor índice de sitio corresponde una categoría de C2 considerada como tierra cultitivable con un menor número de factores limitantes, a diferencia de las clases IV y V que alcanzaron los más bajos índices de sitio, presentaron categorías de C5 y CP6, consideradas como tierras con capacidad de uso restringido, donde el desarrollo de la especie se ve reducido. Por cuanto la clasificación de tierras por su capacidad de uso, puede ser una herramienta valiosa para poder predecir posteriormente los índices de sitio para la especie.

En resumen, los factores que más influencia ejercieron sobre la calidad de sitio para E. camaldulensis fueron: drenaje, profundidad efectiva, porcentaje de poros, erosión, textura y pendiente.

6. CONCLUSIONES

1. Dentro de las cinco clases de sitio obtenidas, el mayor número de plantaciones se ubicaron en las clases III y IV, y el resto en las clases I, II y V.
2. Aunque la elevación y la temperatura promedio correlacionaron con el índice de sitio, se consideró que estas no fueron determinantes de la calidad de sitio.
3. Los factores fisiográficos y físicos que más explicaron la diferencia entre las clases de sitio evaluadas fueron: drenaje, profundidad efectiva, porcentaje de poros, erosión, textura y pendiente; los cuales se encuentran afectando directa o indirectamente la calidad de sitio.
4. Las propiedades químicas de los suelos, no reflejaron ser factores limitantes en el crecimiento de la especie, debido a que presentaron similares patrones de fertilidad entre las clases de sitio.
5. Se encontró una relación entre la clasificación de tierras por su capacidad de uso y la clasificación por clase de sitio, donde los factores fisiográficos y físicos son los determinantes para ambas clasificaciones.

Por lo tanto, la primera clasificación podría utilizarse como un indicador, en la clasificación de calidad de sitio de E. camaldulensis.

6. Se elaboró un cuadro con los factores que caracterizaron cada sitio en estudio, para establecer una clasificación preliminar por clase de sitio para E. camaldulensis.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda cubrir una mayor área geográfica del país, especialmente de la zona paracentral y oriental, de donde se obtuvieron pocos datos para la evaluación de E. camaldulensis.
2. Se recomienda profundizar más sobre otros factores del suelo no incluidos en este estudio, tales como: análisis de suelo cada 10.0 cm de profundidad, compactación, tamaño de agregados, permeabilidad, capacidad de retención de humedad, evapotranspiración, balances hídricos y así, ampliar la influencia de los factores edáficos en la determinación de calidad de sitio.
3. Se recomienda realizar estudios de niveles de fertilidad para observar la influencia de los elementos y determinar niveles críticos para E. camaldulensis.
4. Se recomienda elaborar una tabla de rendimiento por calidad de sitio para la especie.
5. Al hacer recomendaciones para plantar esta especie, se sugiere hacer uso del cuadro de factores que caracterizan las clases de sitio, así como también utilizar las tablas de clasificación de tierras por su capacidad de uso.
6. Se recomienda continuar con la investigación para observar el comportamiento de la especie a una mayor edad; que permita hacer mejores estimaciones, así como también aplicar el método de regresión múltiple en el análisis de factores determinantes de la calidad de sitio.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Roma, FAO. Estudio FAO: Montas 22/2. 39, 47 P.
2. BEAUX, M.F.; GOUET, H.; GOUET, J.P.; MORLESGHEM, P.; PHILIPPEAU, G.; TRANCHEFORT, J.; VERNEAU. 1988. Manual de utilización STAT-IICF; 4 ed. París, Francia. Service des Etudes Statistique. 111-3-5 P.
3. CASTRO MOLINA, R.; BOURNE, W.C. 1960. Levantamiento general de suelos de la República de El Salvador; Cuadrante 2555 I Olomega. El Salv. Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Esc. 1:50,000. Color.
4. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1984. Normas para la investigación silvicultural de especies para leña. Turrialba, C.R., CATIE. Serie técnica. Manual Técnico No. 1. 115 P.
5. _____. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central; resultado de cinco años de investigación. Turrialba, C.R. CATIE. Serie técnica. Informe No. 86. 91, 104 P.

6. CHINCHILLA MORA, O. 1987. Anteproyecto de curvas de índice de sitio para ciprés (Cupressus lusitanica Miller), para la zona de distribución artificial en Costa Rica. Heredia, C.R. A.n. 19 P.
7. CORTEZ, A. y MALAGON, D. 1986. Los levantamientos de suelos y sus aplicaciones multidisciplinarias; serie suelos y clima material de enseñanza. SC-58. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierra. Mérida, Venezuela. 324-325 P.
8. DENYS, J.R. 1986. Estudio de los suelos en parcelas forestales del proyecto MADELEÑA. El Salvador, Ministerio de Agricultura. 54 P.
9. _____. 1986. Estudio detallado de los suelos típicos en las parcelas forestales del proyecto MADELEÑA. El Salvador, Ministerio de Agricultura. 88 P.
10. _____. 1974. Levantamiento general de suelos de la República de El Salvador, cuadrante 2258 II Candalaria de La Frontera. El Salv. Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Esc. 1:50,000. Color.
11. DENYS, J.R.; BOURNE, W.C. 1962. Levantamiento General de Suelos de la República de El Salvador, cuadrante 2356 II Río Jiboa. El Salv. Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Esc. 1:50,000. Color.
12. _____. 1961. Levantamiento General de Suelos de la República de El Salvador, cuadrante 2456 III La Herradura. El Salv. Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Esc. 1:50,000. Color.

13. DENYS, J.R. 1980. Recopilación de perfiles modales de algunos suelos más importantes de El Salvador. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Programa "Determinación del uso potencial del suelo". San Salvador, El Salv., MAG. s.p. Sin publicar.
14. DIAZ ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, C.R. CATIE. 62 P. (Proyecto Centroamericano de Fertilidad de Suelos).
15. FASBENDER, H.W. 1975. Química de suelos; con énfasis en América Latina. Turrialba, C.R., IICA. P. 91-97.
16. FERREIRA ROJAS, O. 1988. Ordenación forestal. Honduras, Hond., Escuela Nacional de Ciencias Forestales. (Correspondencia personal).
17. GARCIA, M.; MINERVINI, M.H.; MENENDEZ, M.E. 1966. Levantamiento General de Suelos de la República de El Salvador, cuadrante 2357 III Nueva San Salvador. El Salv. Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Esc. 1:50,000. Color.
18. GUIA PARA estudio del perfil del suelo. 1984. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. El Salv. s.p. Sin publicar.

19. HUGHELL, D. 1989. Crecimiento y rendimiento de árboles de uso múltiple en América Central; III Curso centroamericano de silvicultura de plantaciones de especies de árboles de uso múltiple. CATIE. Turrialba, C.R. 25 P.
20. HURTADO PEÑA, G.; JEREZ CORTEZ, L.A. 1975. Índice de sitio, rendimiento y algunos aspectos económicos del Eucalyptus globulus en La Sabana de Bogotá. Tesis Ing. Forestal, Bogotá, Col. Universidad Distrital Fco. José de Caldas. 63 P. (Fotocopia).
21. INFORME SILVICULTURAL de especies para leña en Costa Rica. 1986. San José, C.R., CATIE. 23, 24 P.
22. JACOBS, M.R. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma, FAO. 333, 334, 571, 574 P.
23. JADAN PERALTA, S.V. 1972. Sistema de clasificación de índice de sitios para Eucalyptus deglupta B.L. en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA/CATIE. 98 P.
24. JIMENEZ, A.L.; BOURNE, W.C. 1963. Levantamiento General de Suelos de la República de El Salvador, Cuadrante 2357 I Suchitoto, El Salv. Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Esc. 1:50,000. Color.

25. _____. 1965. Levantamiento General de Suelos de la República de El Salvador, Cuadrante 2358 II El Paraíso. El Salv. Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Esc. 1:50,000. Color.
26. _____. 1964. Levantamiento General de Suelos de la República de El Salvador, Cuadrante 2357 IV Opico. El Salv. Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Esc. 1:50,000. Color.
27. KEOGH, R. 1977. Elaboración de una tabla de volumen y un estudio de incremento para teca (Tectona grandis) en El Salvador. Roma, FAO. Documento de trabajo No. 14. 32, 48 P.
28. MEDRANO ROMERO, R.N. 1974. Levantamiento General de Suelos de la República de El Salvador, Cuadrante 2258 II Candelaria de La - Frontera. El Salv. Dirección General de Investigaciones Agronómicas. Esc. 1:50,000. Color.
29. NAVARRO, P.C. 1988. Relación factores de sitio y crecimiento de Bombacopsis quinatum en Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Silvoenergía. No. 26 /4/ P.
30. ORTEGA BALDIZON, H. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la calidad de sitio en plantaciones jóvenes de Pinus caribaea var. hondurensis en Pavones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Programa Universidad de Costa Rica. CATIE. 110 P. (Fotocopia).
31. PULIDO PEREIRA, H. 1971. Métodos de evaluación y principales factores del medio ambiente que afectan la calidad de sitio (Investigación bibliográfica) Mérida, Ven. Universidad de Los Andes, Centro de Estudios Forestales de Post-grado. 36 P. (Fotocopia).

32. RODRIGUEZ POVEDA, L.E. 1980. Calidad de sitio y su aplicación en el manejo forestal. Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 21 P. (Fotocopia).
33. ROSALES, V. 1982. Clasificación de sitio para teca (Tectona grandis L.F.) en plantaciones de la reserva forestal de Caparo, en base a criterios edáficos. Tesis Mag. Sc. Mérida, Venezuela, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 9 P.
34. SALAS, G. DE LAS. 1980. Factores edáficos en las combinaciones agroforestales. Turrialba, C.R. CATIE. 13 p. (Fotocopia).
35. SOIL FERTILITY manual. 1982. Potash y phosphate Institute. 6 ed. Research Education. Atlanta, E.U. P. 6.
36. STEEL, R.; TORRIE, J. 1988. Bioestadística; principios y procedimientos. Trad. por Ricardo Martínez B. 2 ed. México, Lehman, McGraw-Hill. P. 270.
37. TABLAS DUBON, J.M. 1986. Clasificación de tierra por su capacidad de uso. La Universidad (El Salv.) 111(3): 12-40.
38. TSCHINKEL, H. 1972. La clasificación de sitios y el crecimiento del Cupressus lusitanica en Antioquía, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Col.). 27(1): 3-30. (Fotocopia).

39. USDA. 1987. Keys to soil taxonomy; by soil survey staff. Soil management support services. Department of Agriculture handbook No. 6. Third printing. p. irr.
40. VASQUEZ CARBALLO, W. 1987. Desarrollo de índices de sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para Pinus caribaea var. hondurensis en la reserva forestal La Yeguada Panamá. Tesis M. Sc. Turrialba, C.R. Universidad de Costa Rica. CATIE. 113 p.
41. VINCENT, L.W.; WOODS, F.W. 1979. Relación índice de calidad de sitio con factores topográficos y edáficos en plantaciones jóvenes de pino caribe en las sabanas orientales de Venezuela. Mérida, Ven. U.L.A. Centro de Estudios Forestales de post-grado. 24 p. (Fotocopia).
42. _____. 1984. Curso sobre manejo de plantaciones forestales con referencia a calidad de sitio y régimen de espesura. Cartago, C.R. Programa Ciencia y Tecnología. CONICIT. 16 P. (Fotocopia).
43. _____. 1984. Curso sobre manejo de plantaciones forestales. Cartago, C.R. Programa Ciencias y Tecnología. CONICIT. s.p. (Fotocopia).
44. VILLEDA, G.A.; DIAZ, L.M. 1979. Estudio pedológico, determinación del uso potencial, Cuadrante 2257 II Sonsonate. El Salv. MAG. Esc. 1:50,000.

45. VOMOCIL, J.A. 1965. Porosity. In. C.A. Black, ed. Methods of soil analysis. A.S.A. Agronomy Monograph No. 9 Part. 1. 299-300 P. (Fotocopia).
46. ZAHNER, R. 1957. Mapping soil for pine site quality in South Arkansas and North Louisiana. Journal of Forestry (EE.UU.) 55(6): 430-433. (Fotocopia).

9. A N E X O S

A-1. Hoja de toma de datos dasonómicos y observaciones utilizados por el proyecto MADELEÑA, CENREN-CATIE.

CATIE Form 11/1

MEDICION DE ARBOLES INDIVIDUALES, UNICA MEDICION DUNR rev.nov.02

Nombre y N° del sitio _____
 País 72840 Experimento _____
 Especie/variedad _____
 Parcela Repetición Subparcela o tratamiento
 Fecha de plantación (día,mes,año) Area de parcela(m²)
 N° de árboles originales en la parcela o subparcela de evaluación
 Fecha de medición (día,mes,año) Masa medida
 Nombre y firma del anotador _____

ARVOL N°	D.A.P. (cm)	ALTURA (cm)	FORMA DEL FUSTE Y DEFECTOS												ARVOL N°	D.A.P. (cm)	ALTURA (cm)	FORMA DEL FUSTE Y DEFECTOS											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C				1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C
1															26														
2															27														
3															28														
4															29														
5															30														
6															31														
7															32														
8															33														
9															34														
10															35														
11															36														
12															37														
13															38														
14															39														
15															40														
16															41														
17															42														
18															43														
19															44														
20															45														
21															46														
22															47														
23															48														
24															49														
25															50														

1/ 1 cola de zorro; 2 poco sinuoso; 3 muy sinuoso; 4 torcedura basal; 5 bifurcado
 6 inclinado; 7 enfermo; 8 con plagas; 9 copa asimétrica; A tallo quebrado
 sin recuperación; C sin copa; D replantación. Anote los cóligos en sus
 propias columnas.

Cuadro A-2. Datos reales de altura mayor y edad para dieciocho sitios plantados con *Eucalyptus camaldulensis* en El Salvador.

Sitio	Lugar	Altura (m)	Edad (meses)	Sitio	Lugar	Altura (m)	Edad (meses)
103	Hda. La Criba	1.34	5.04	206	Hda. Tutultepe-que	1.03	2.00
		1.91	7.00			1.73	6.00
		4.78	20.00			4.93	17.00
		11.90	55.00			11.43	45.00
105	Hda. Paraje Ca-lán.	0.72	2.00	209	Cantón Potrero Sula	0.60	0.72
		1.38	5.00			1.73	7.00
		5.64	20.00			4.33	16.00
		8.25	33.00			8.95	56.00
106	Fca. Las Victorias	1.25	3.00	302	Hda. La Providencia	3.25	6.00
		1.67	5.00			8.25	13.00
		4.30	19.00			10.63	30.00
		7.10	34.00			12.89	44.00
113	Cantón Cujucuyo	10.58	54.00	303	Hda. Tinuilocoyo	1.14	2.00
		5.10	9.00			2.49	5.00
		14.45	40.00			9.86	17.00
		15.00	43.20			14.51	29.00
						23.39	54.00

Continuación Cuadro A-2.

Sitio	Lugar	Altura (m)	Edad (meses)	Sitio	Lugar	Altura (m)	Edad (meses)
115	Hda. San Marcos	10.93 20.13	19.00 56.00	305	Hda. Astoria	1.13 4.50 9.56 11.30	0.48 14.00 25.00 42.00
118	Cantón Casa de Tejas	2.70 13.00	7.00 42.00	309	Hda. Santa Clara	0.93 6.82 10.88 12.01	0.96 14.00 28.00 43.00
121	Central Geotérmica	3.88 12.00	10.00 43.00	310	Hda. Nahualapa	1.34 5.74 9.53 11.27	4.00 16.00 30.00 42.00
201	Hda. Santa Lucía Orcoyo	2.10 5.12 8.80 12.40	3.00 13.00 17.00 36.00	404	Hda. Chirilagua	1.16 4.30 14.10	5.00 19.00 49.00
204	Hda. San Fernando	2.80 4.65 9.63 12.93 15.38 16.00	6.00 13.00 26.00 38.00 54.00 64.00	405	Hda. La Carrera	1.42 6.00 10.70 11.80 13.54	5.00 17.00 31.00 36.00 42.00

Continuación Cuadro A-2.

Sitio	Lugar	Altura (m)	Edad (meses)	Sitio	Lugar	Altura (m)	Edad (meses)
115	Hda. San Marcos	10.93 20.13	19.00 56.00	305	Hda. Astoria	1.13 4.50 9.56 11.30	0.48 14.00 25.00 42.00
118	Cantón Casa de Tejas	2.70 13.00	7.00 42.00	309	Hda. Santa Clara	0.93 6.82 20.88 12.01	0.96 14.00 28.00 43.00
121	Central Geotérmica	3.88 12.00	10.00 43.00	310	Hda. Nahualapa	1.34 5.74 9.53 11.27	4.00 16.00 30.00 42.00
201	Hda. Santa Lucía Orcoyo	2.10 5.12 8.80 12.40	3.00 13.00 17.00 36.00	404	Hda. Chirilagua	1.16 4.30 14.10	5.00 19.00 49.00
204	Hda. San Fernando	2.80 4.65 9.63 12.93 15.38 16.00	6.00 13.00 26.00 38.00 54.00 64.00	405	Hda. La Carrera	1.42 6.00 10.70 11.80 13.54	5.00 17.00 31.00 36.00 42.00

Cuadro A-3. Caracterización climática de los sitios plantados con Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

No. de Sitio	Elevación (msmm)	Temperatura Media (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)	I.S. (m)
303	22.0	27.18	33.96	21.61	1686.0	74.79	20.9
115	10.0	27.28	33.23	22.50	1628.0	75.08	17.9
113	400.0	25.94	33.79	20.59	1056.0	70.33	14.9
118	700.0	23.90	31.88	19.50	1481.0	65.61	14.9
302	60.0	26.99	33.74	22.45	1581.0	74.85	14.9
404	50.0	28.90	35.26	20.74	1582.0	64.97	14.9
201	60.0	26.99	33.74	22.45	1581.0	74.85	14.9
204	540.0	24.15	27.70	18.50	1524.0	75.88	14.9
103	760.0	23.90	31.38	19.90	1481.0	65.61	11.9
105	975.0	23.90	31.38	19.50	1481.0	65.61	11.9
121	800.0	23.36	30.65	19.03	1586.0	69.18	11.9
206	450.0	24.15	27.70	18.50	1524.0	75.88	11.9
305	20.0	26.99	33.74	22.45	1481.0	74.85	11.9
309	20.0	26.99	33.74	22.45	1581.0	74.85	11.9
310	100.0	26.99	33.74	22.45	1581.0	74.85	11.9
405	25.0	26.75	33.27	22.52	1582.0	70.33	11.9
106	475.0	23.93	34.00	20.03	1825.0	77.96	8.9
209	420.0	26.73	33.66	20.49	1444.0	67.10	8.9

Quadro A-4. Caracterización fisiográfica y física de los sitios con Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

No. de Sitio	Profundidad Efectiva (cm)	Pendiente (%)	Erosión	Drenaje	Densidad aparente (gr. cm ³)	Porcentaje de Poros	I.S. (m)
303	200.0	1.50	1.0	3.0	0.97	62.69	20.9
115	90.0	3.00	2.0	3.0	1.23	53.58	17.9
113	120.0	3.00	1.0	1.0	1.01	59.43	14.9
118	130.0	3.00	2.0	1.0	1.22	52.34	14.9
302	120.0	6.00	3.0	2.0	1.07	54.07	14.9
404	90.0	2.00	1.0	1.0	1.20	53.30	14.9
201	150.0	4.00	3.0	1.0	1.08	55.92	14.9
204	150.0	25.00	3.0	2.0	1.19	54.40	14.9
103	52.0	25.00	3.0	1.0	1.21	54.51	11.9
105	150.0	3.00	2.0	1.0	0.94	58.04	11.9
121	80.0	5.00	2.0	1.0	1.22	48.74	11.9
206	48.0	6.00	3.0	1.0	1.09	53.81	11.9
305	42.0	1.00	1.0	1.0	1.18	48.69	11.9
309	120.0	2.00	1.0	1.0	1.25	50.93	11.9
310	80.0	5.00	3.0	2.0	1.25	47.03	11.9
405	157.0	1.00	2.0	1.0	1.76	31.12	11.9
106	84.0	15.00	3.0	1.0	1.20	50.00	8.9
209	42.0	13.00	4.0	1.0	1.10	51.96	8.9

Erosión : 1 = nula, 2 = ligera, 3 = moderada, 4 = severa.

Drenaje : 1 = imperfecto, 2 = moderado, 3 = bueno

Cuadro A-5. Análisis granulométrico del suelo, a una profundidad de 0-20 cm, para los sitios plantados con Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

No. de Sitio	Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)	I.S. (m)
303	22.50	32.50	45.00	20.9
115	35.00	18.90	46.20	17.9
113	70.60	12.00	17.40	14.9
118	65.90	14.30	19.80	14.9
302	36.80	18.20	45.00	14.9
404	55.20	18.00	26.80	14.9
201	39.60	26.80	33.60	14.9
204	26.10	38.90	35.00	14.9
103	23.50	18.30	58.20	11.9
105	37.90	22.80	39.30	11.9
121	35.80	20.10	44.10	11.9
206	25.80	17.10	57.10	11.9
305	16.40	54.10	29.50	11.9
309	14.80	52.80	32.40	11.9
310	17.30	57.90	24.80	11.9
405	37.30	16.20	46.50	11.9
106	39.10	37.40	23.50	8.9
209	37.60	32.10	30.30	8.9

Quadro A-6. Análisis granulométrico del suelo, a una profundidad de 20-60 cm, para los sitios plantados con Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

No. de Sitio	Arcilla (%)	Arena (%)	Limo (%)	I.S. (m)
303	20.0	55.0	25.00	20.9
115	30.50	21.00	48.50	17.9
113	74.00	10.70	15.30	14.9
118	68.70	9.30	22.00	14.9
302	53.00	15.80	31.20	14.9
404	61.00	20.50	18.50	14.9
201	14.40	25.00	60.60	14.9
204	15.50	58.20	26.30	14.9
103	58.20	18.10	23.70	11.9
105	79.20	15.30	5.50	11.9
121	75.30	10.30	14.40	11.9
206	73.10	11.00	15.90	11.9
305	18.30	76.20	5.50	11.9
309	8.20	74.90	16.90	11.9
310	16.10	28.40	55.50	11.9
405	3590	23.10	41.00	11.9
106	83.20	10.50	6.30	8.9
209	77.10	11.60	11.30	8.9

Quadro A-7. Caracterización química del suelo a una profundidad de 0-20 cm, en sitios plantados con Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

No. de Sitio	pH	PO ₄ (%)	Ca	Mg	K meq/100 gr	Na	CIC	SB (%)	P	Fe ppm	Zn	Cu	Ca/Mg	Mg/K	I.S. (m)
303	5.35	2.00	5.33	1.25	2.02	0.12	20.72	42.08	120.75	35.92	35.98	0.48	4.26	0.62	20.9
115	6.30	3.05	16.04	5.79	0.70	0.22	37.90	60.03	7.14	7.00	38.00	12.75	2.77	9.27	17.9
113	6.20	4.66	5.90	8.91	1.64	0.01	62.62	26.29	6.80	3.75	48.90	7.60	0.66	5.43	14.9
118	6.50	4.38	1.20	2.50	1.14	0.02	32.14	15.12	3.25	21.67	43.95	7.10	0.48	2.19	14.9
302	5.50	1.41	8.29	1.06	1.40	0.73	20.00	57.40	1.00	20.84	31.23	0.39	7.82	0.76	14.9
404	6.05	2.79	18.40	4.03	1.82	0.01	37.44	64.79	23.11	20.93	99.85	4.94	4.57	2.21	14.9
201	5.50	0.74	4.49	0.78	0.70	0.17	17.20	35.69	15.72	24.97	19.24	4.13	5.76	1.11	14.9
204	6.50	3.91	1.20	2.22	0.82	0.01	26.78	15.37	9.81	29.17	20.05	7.60	0.54	2.70	14.9
103	5.50	3.35	20.08	10.08	0.30	0.01	46.30	65.08	7.05	16.55	26.00	2.65	1.99	33.60	11.9
105	6.50	7.18	1.85	2.17	0.85	0.01	24.72	19.74	5.23	113.34	46.55	7.65	0.85	2.55	11.9
121	6.40	9.27	3.26	5.59	2.35	0.01	43.88	25.55	5.56	12.08	95.90	7.65	0.58	2.38	11.9
206	6.00	5.96	10.33	2.35	0.50	0.06	33.30	39.75	3.86	11.22	36.40	2.75	4.40	4.70	11.9
305	5.75	3.91	17.20	2.85	1.44	0.10	28.16	66.66	213.00	13.35	51.10	9.62	6.04	1.98	11.0
309	6.05	2.68	6.58	2.14	1.32	0.27	17.57	53.67	36.03	8.10	18.25	4.55	3.04	1.62	11.9
310	6.20	1.61	0.77	0.90	1.04	0.12	12.36	22.90	6.71	15.83	24.35	7.25	0.86	0.86	11.9
405	6.22	4.16	15.77	5.44	2.20	0.49	33.37	71.62	33.70	20.56	45.75	9.45	2.90	2.47	11.9
106	5.30	5.14	13.13	3.80	1.52	0.01	39.77	46.39	6.29	25.36	22.60	5.90	3.46	2.50	8.9
209	5.60	5.83	17.84	7.87	0.51	0.18	47.20	55.93	0.50	4.93	33.45	1.34	2.27	15.43	8.9

Cuadro A-8. Caracterización química del suelo a una profundidad de 20-60 cm, en los sitios plantados con Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

No. de Sitio	pH	MO (%)	Ca	Mg	K meq/100 gr	Na	CIC	SB (%)	P	Fe ppm	Mn ppm	Zn	Cu	Ca/Mg	Mg/K	I.S. (m)
303	5.70	0.50	10.57	2.15	4.23	0.10	33.48	50.92	38.38	16.78	16.70	0.91	1.89	4.92	0.51	20.9
115	7.30	3.16	16.42	6.33	0.76	0.18	39.76	59.58	17.70	1.75	28.50	13.50	0.50	2.59	8.33	17.9
113	6.50	3.48	9.31	8.77	0.89	0.09	70.66	26.97	0.63	1.25	23.25	7.50	6.20	1.06	9.85	14.9
118	6.20	1.98	1.23	2.52	0.87	0.09	36.05	13.07	0.10	14.17	16.40	7.05	10.45	0.49	2.90	14.9
302	5.50	2.15	8.91	1.74	1.41	0.75	21.60	59.30	0.70	24.02	27.18	4.69	0.47	5.12	1.23	14.9
404	5.05	2.26	21.00	3.95	0.88	0.04	37.44	69.09	7.78	21.50	60.95	4.78	2.96	5.32	4.49	14.9
201	5.70	0.47	3.65	0.54	0.70	0.15	11.00	45.81	105.75	30.55	13.39	1.36	0.36	6.76	0.77	14.9
204	6.80	1.82	1.41	2.74	0.61	0.09	23.90	20.30	4.78	35.42	15.80	7.70	10.25	0.51	4.49	14.9
103	5.70	2.01	22.50	15.14	0.21	0.09	55.40	68.29	1.76	12.45	8.65	1.65	0.90	1.49	72.09	11.9
105	6.70	3.97	1.58	1.95	0.97	0.09	20.19	22.73	2.54	271.69	24.60	7.60	10.55	0.81	2.01	11.9
121	6.60	3.48	2.40	4.22	2.04	0.12	41.61	21.10	0.78	10.83	25.95	7.55	10.30	0.57	2.07	11.9
206	5.50	1.57	5.06	3.00	0.23	0.09	32.56	25.73	2.92	24.14	6.59	0.42	2.27	1.69	13.04	11.9
305	3.75	3.26	17.20	2.39	1.04	0.15	25.15	85.48	206.75	12.52	39.55	6.20	0.20	7.20	2.30	11.9
309	6.20	0.64	2.80	0.90	0.64	0.09	10.36	42.70	33.06	24.35	7.80	1.10	0.80	3.11	1.41	11.9
310	6.40	0.91	0.86	0.96	0.92	0.17	12.15	23.95	18.07	22.50	8.70	7.65	5.25	0.90	1.04	11.9
405	6.40	3.08	14.63	5.02	1.90	0.92	36.87	60.94	26.20	22.28	20.25	4.50	1.60	2.91	2.64	11.9
106	5.50	2.43	14.94	3.92	0.59	0.12	43.29	45.20	0.88	20.60	10.20	3.24	2.04	3.81	6.64	8.9
209	5.60	2.15	21.16	12.46	0.29	0.32	59.40	57.79	0.60	7.39	9.75	0.54	0.93	1.70	42.96	8.9

Cuadro A-9. Guía de interpretación para análisis de sue
los (Adaptado de Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

	Deficiente	Nivel Crítico	Adecuado	Ug/ml
Ca ¹	0,3	2,2	4,0	36
Mg ¹	0,12	0,8	2,0	18
K ²	0,03	0,2	0,4 0,6	3
P ²	2	12	20 36	80
Mn ²	0,7	5	10 15	100
Zn ²	0,4	3	6 9	36
Cu ²	0,1	1	3 3	20
Fe ²	1	10	20	80
B ³	0,03	0,2	0,5 0,6	8
S ³	2	12	20 36	80
Ca/Mg	0,2	1,2	1,9	6,2
Mg/K	0,2	1,6	3,6	14
Ca+Mg/K	0,2	3,5	10	60
<hr/>				
<u>1/</u> KCl 1 N		1:10		
<u>2/</u> Olsen modificado		1:10		
<u>3/</u> CaH ₄ (PO ₄) ₂		1:2,5		

A-10. Tabla general de interpretación de análisis de suelos adaptada del CIDIAT.

pH		CIC me/100 g		MATERIA ORGANICA %	
4.0 - 5.0 muy ácido	0 - 5 muy baja	0 - 2 muy baja			
5.0 - 5.5 ácido	5 - 10 baja	2 - 5 baja			
5.5 - 6.5 lig. ácido	10 - 20 mediana	5 - 8 mediana			
6.5 - 7.5 casi neutro	20 - 30 alta	8 - 15 alta			
7.5 - 8.5 mod. alcalino	30 muy alta	15 muy alta			
8.5 fuert. alcalino					

CATIONES DE INTERCAMBIO me/100 g.				CATIONES DE CAMBIO (SATURACION) %				APRECIACION
Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na	
20	8	1.2	2.0	40	20	5	15	Muy alto
10-20	3 - 8	0.6-1.2	0.7-2.0	20-40	10-20	3-5	10-15	Alto
5-10	1 - 3	0.3-0.6	0.3-0.7	10-20	5-10	1-3	1-10	mediano
2-5	0.3 - 1.0	0.2-0.3	0.1-0.3	5-10	1-5	0.5-1.0	1.0	bajo
2	0.3	0.2	0.1	0-5	0-1	0-0.5		muy bajo

Continuación Cuadro A-10.

BASES TOTALES mc/100 g.	% SATURACION DE BASES		APRECIACION
	Arcillas 2:1	Arcillas 1:1	
30	80	60	muy alta
10-30	60-80	30-60	alta
5-10	40-60	10-30	mediana
1-5	20-40	5-10	baja
0-1	0-20	0-5	muy baja

FOSFORO (ppm)	APRECIACION
0 - 6	Muy bajo
6 -12	bajo
12 -20	mediano
20 -30	alta
30	muy alto

Continuación Cuadro A-10.

SALINIDAD		SODIZACION
CE. 10' 25°C		Na Sat. ‰
2 = No existe problema de salinidad		0 - 15 no sódico
2 - 4 = Se afectan cultivos sensibles		
4 - 8 = el rendimiento descende en la mayoría de los cultivos		15 y más sódico
8 -16 = sólo subsisten cultivos resistentes		
16 = muy pocas plantas se desarrollan		

FACTORES Y CONVERSIONES:

1. c.o. ‰ x 1.9 (aprox.) = M.O. ‰
2. M.O. ‰/20 = N. total (aprox.)
3. me/L x Peg. = ppm
ppm x 2 = Kg/Ha (15 cm)
4. P x 2.29 = P₂O₅
P ppm x 4.58 = P₂O₅ = P₂O₅ Kg/Ha.
5. CIC efectiva = suma de bases + AleH de Int.
6. ‰ Sat. (total) = $\frac{\text{Suma de bases}}{\text{CIC}} \times 100$
7. K x 1.2046 = K₂O
8. K me/100g x 780 = ‰ Kg/Ha.
9. Ca x 1.3992 = CaO
Ca x 2.493 = Ca CO₃

Cuadro A-11. Tabla de fertilidad de suelos adaptada. (IGAC, 1973).

pH 1:1	Determ. Aprecia. Puntos	4.0-5.0 muy ácido -5 a 1	5.0-5.5 ácido 1 a 5	5.5-6.5 Lig. ácido 5 a 15	6.5-7.5 casi neutro 15	+ 7.5 alcalino 15 a -5
Capacidad de cambio m.e./100 g	Determ. Aprecia. Puntos	0-5 muy baja -5 a 1	5-10 baja 1 a 5	10-20 mediana 5 a 10	20-30 alta 10-20	+ 30 muy alta 20
Bases Totales m.e./100 g	Determ. Aprecia. puntos	0-1 muy pobre -5 a 1	1-5 pobre 1 a 5	5-10 regular 5 a 10	10-30 alta 10 a 20	+ 30 muy alta 20
Saturación de bases %	Determ. Aprecia. puntos	0-5 muy baja -5 a 1	5-10 baja 1 a 5	10-30 mediana 5 a 10	30-60 alta 10 a 20	+ 60 muy alta 20
Materia orgánica %	Determ. Aprecia. Puntos	0-2 muy baja -3 a 1	2-5 baja 1 a 3	5-8 mediana 3 a 5	8-15 alta 5	+ 15 muy alta 5 a -1
Fósforo ppm	Determ. Aprecia. Puntos	0-6 muy bajo -5 a 1	6-12 bajo 1-5	12-20 mediano 5-10	20-30 alto 10 a 15	+ 30 muy alto 15

Continuación Cuadro A-11.

Fertilidad	Puntaje S. puntos 10	-5 a 2 muy baja	3 a 5 baja	6 a 8 moderada	9 - 10 moderada- mente al- ta	10 alta
Bases de cambio : Apreciación por sus saturaciones						
		<u>m.e. de c/u x 100</u> C.I.C.				
		Muy pobre	Pobre	Regular	Alto	Muy alto
Calcio Ca Sat. %	0-5	5-10	10-20	20-40	+ 40	
Magnesio Mg Sat. %	0-1	1-5	5-10	10-20	+ 20	
Potasio K Sat. %	0-0.5	0.5-1	1-3	3-5	+ 5	

A-12. TABLA PARA LA CLASIFICACION DE TIERRAS CON PENDIENTES MENORES DEL 12%

CLASES DE CAPACIDAD	CODIGO		EROSION (E)		SUELO (S)				DRENAJE (D)	
	Clase de uso	Categoría	Pendiente (P)	Grado (e)	Profundidad efectiva (h)	0-30 cms	Textura (t) 30-60 cms	Pedregosidad y rocosidad (r)	Drenaje Natural (d)	Riego Inundad.
Aptas para la labranza	Intensiva	Tierra Cultivable 1	0	0	0	0	0,1	0	0	0
		Tierra Cultivable 2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1,2	0	0,1	0,1
		Tierra Cultivable 3	0,1,2	0,1,2	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3	0,1	0,1,2,3	0,1
		Tierra Cultivable 4	0,1,2	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2	0,1,2,3,4	0,1,2
		Tierra Cultivable 5	0,1,2	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2
No aptas para la labranza	Olivos forestales	Tierra apta para cultivos permanentes Categoría 6	0,1,2	0,1,2,3	0,1	0,1,2,3,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4	0,1,2,3,5	0,1
		Tierra apta para pastos naturales mejorados Categoría 6	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6	0,1,2,3
		Tierra apta para pastos naturales o moidos - Categoría 7	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,4,5,6	0,1,2,3,4,5,6	0,1,2,3
		Tierra apta para cultivo de especies forestales Categoría 7	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6,7	0,1,2,3,4,5,6	0,1,2,3,4
		Tierra para protección y vida silvenre Categoría 8	0,1,2	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6,7,8	0,1,2,3,4,5,6,7	0,1,2,3,4,5,6,7	0,1,2,3,4

A-13. TABLA PARA LA CLASIFICACION DE TIERRAS CON PENDIENTES MAYORES DEL 12%

CLASES DE CAPACIDAD		Código	EROSION (E)		SUELO (S)			Pedregosidad y rocosidad
			Pendiente (P)	Grado (e)	Profundidad efectiva (h)	T e x t u r a		
						0-30 cms	30-60 cms	
Aptas para la labranza	Restringida a muy restringida	Tierra Cultivable Categoría 4	C	3	0,1,2	0,1,2	0,1,2,3,4	0,1,2
		Tierra Cultivable Categoría 5	C	3	0,1,2	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3
		Tierra apta para Cultivos Permanentes Categoría 5	CP	3,4	0,1,2	0,1,2	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4
	Cultivos Permanentes	Tierra apta para Cultivos Permanentes Categoría 6	CP	3,4,5	0,1,2,3	0,1	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5
		Tierra apta para Pastos Naturales o Mejorados Categoría 6	P	3,4,5	0,1,2,3	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5
		Tierra apta para Pastos Naturales o mejorados Categoría 7	P	3,4,5	0,1,2,3	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5
	Tierras Forestales	Tierra apta para el Cultivo de especies Forestales Categoría 7	F	3,4,5,6	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6
		Tierras para protección y vida silvestre Categoría 8	VS	3,4,5,6	0,1,2,3,4	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5	0,1,2,3,4,5,6,7

CUADRO A-14. FACTORES EDAFICOS Y SU CODIFICACION

C O D I C O	EROSION (E)			S U E L O (S)			D R E N A J E (D)		
	CLIMA	TOPOGRAFIA	EROSION	Profundidad efectiva cms. (h)	Texturas (t)	Pedregosidad y rocosidad (r)	Drenaje natural (d)	Riesgo de inundación (i)	
		pendiente o/o (P)	Grado (c)						
0	Zonas m.a.n.m.								
0	0 a 400	0-2	Nula	> 120	francas medias a mod. finas	Ninguna a Escorridas	bueno	sin riesgo	
1	400 a 800	> 2-5	Ligera	> 80-120	francas moderadamente gruesas	poca	Mod. bueno	Inundaciones ocasionales	
2	800 a 1200	> 5-12	Moderada	> 40-80	Arcillosas	Moderada	Algo. v. pobre	Inundaciones frecuentes regulares	
3	1200 a 1600	> 12-25	Severa	> 20-40	Arenosas francas	Abundante	Algo. rápido	Inundaciones irregulares	
4	1600 a 2000	> 25-40	Muy severa	> 10-20	Arcillosas pesadas (expansivas)	Muy abundante	pobre	Inundaciones muy frecuentes o de carácter permanente	
5	> 2000	> 40-60	-	< 10	Arenosas	Severa	Rápido	-	
6	-	> 60	-	-	-	Muy severa	Muy pobre	-	
7	-	-	-	-	-	Extrema	Nulo	-	

Expresión simbólica de la Clase asociada. Unidad de Capacitación y Unidad de Mapeo:
 Clase de Capacitación: Peniente - Grado de erosión - Profundidad efectiva - Textura
 (según Código cuadro) Pedregosidad y rocosidad - Drenaje natural - Riesgo de Inundación
 A-2 y A-3
 Ejemplo: C3 (Clase) C3 ES (Sub-clase) C3 phr (Unidad de Capacitación) C3 21211/21 (Unidad de Mapeo)

Cuadro A-15. Matriz de correlación simple entre el índice de sitio y las características climáticas, para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

	Elevación	Tprom.	Tmax	Tmin	Pp	HR	IS
Elevación	1.000						
T prom.	- 0.446*	1.000					
T max.	- 0.548*	0.702*	1.000				
T min.	- 0.805*	0.810*	0.736	1.000			
Pp	- 0.271	0.077	0.102	0.208	1.000		
HR	- 0.446*	0.104	- 0.107	0.287	0.401	1.000	
IS	- 0.355*	0.347*	0.086	0.237	- 0.017	0.149	1.000

Cuadro A-16. Matriz de correlación simple entre el índice de sitio y las características fisiográficas y físicas, para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

	Prof. efect	Pendiente	Erosión	Drenaje	Da	% Poros	IS
Prof. efect.	1.000						
Pendiente	- 0.211	1.000					
Erosión	- 0.312	0.581*	1.000				
Drenaje	0.350*	- 0.021	0.050	1.000			
Da	- 0.018	- 0.027	- 0.009	- 0.155	1.000		
% Poros	0.157	0.117	- 0.099	0.286	- 0.933*	1.000	
IS	0.605*	- 0.253	- 0.443*	0.727*	- 0.254	0.477*	1.000

Cuadro A-17. Matriz de correlación simple entre el índice de sitio y los porcentajes de las fracciones de arcilla, arena y limo, a una profundidad - de 0-20 cm, para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

	Arcilla	Arena	Limo	IS
Arcilla	1.000			
Arena	- 0.687	1.000		
Limo	- 0.477	- 0.311	1.000	
IS	- 0.138	- 0.248	0.119	1.000

Cuadro A-18. Matriz de correlación simple entre el índice de sitio y los porcentajes de las fracciones de arcilla, arena y limo, a una profundidad de 20-60 cm, para Eucalyptus camaldulensis - en El Salvador.

	Arcilla	Arena	Limo	IS
Arcilla	1.000			
Arena	- 0.753	1.000		
Limo	- 0.585	- 0.093	1.000	
IS	- 0.288	- 0.093	0.551	1.000

Cuadro A-19. Matriz de correlación simple entre el índice de sitio y las características químicas, a una profundidad de 1-20 cm, para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

	PH	Mo	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	ESB	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca/Mg	Mg/K	IS
PH	1.000															
Mo	0.390	1.000														
P	-0.274	-0.173	1.000													
Ca	-0.449	-0.064	0.213	1.000												
Mg	-0.030	0.351	-0.208	0.559	1.000											
K	-0.055	0.127	0.136	-0.095	-0.076	1.000										
Na	-0.231	-0.421	-0.017	0.135	-0.206	0.162	1.000									
CIC	0.030	0.519	-0.224	0.429	0.896	0.054	-0.145	1.000								
ESB	-0.507	-0.306	0.333	0.881	0.297	-0.084	0.472	0.097	1.000							
Fe	0.193	0.219	-0.038	-0.349	-0.329	-0.067	-0.137	-0.308	-0.352	1.000						
Cu	0.807	0.435	-0.309	-0.672	-0.385	0.116	-0.436	0.038	-0.807	0.385	1.000					
Zn	0.599	0.166	0.224	-0.081	0.042	0.262	-0.170	0.070	-0.116	0.080	0.407	1.000				
Mn	0.305	0.453	0.082	0.152	0.213	0.574	-0.232	0.372	0.052	0.005	0.535	0.217	1.000			
Ca/Mg	-0.675	-0.516	0.408	0.380	-0.369	0.053	0.560	-0.352	0.593	-0.143	-0.761	-0.362	-0.080	1.000		
Mg/K	-0.259	0.270	-0.193	0.545	0.752	-0.526	-0.181	-0.500	0.324	-0.175	-0.229	-0.235	-0.158	-0.192	1.000	
IS	0.940	-0.463*	0.189	-0.233	-0.247	0.178	0.032	-0.203	-0.110	0.025	0.004	0.186	0.057	0.159	-0.251	1.000

Cuadro A-20. Matriz de correlación simple entre el índice de sitio y las características químicas, a una profundidad de 20-60 cm, para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

	pH	Mo	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	%S	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca/Mg	Mg/K	IS
pH	1.000															
Mo	0.524	1.000														
P	0.171	-0.057	1.000													
Ca	-0.189	0.228	0.120	1.000												
Mg	-0.120	0.287	-0.290	0.676	1.000											
K	0.000	-0.106	0.086	-0.086	-0.236	1.000										
Na	0.120	0.156	0.042	0.173	0.012	0.194	1.000									
CIC	-0.033	0.451	-0.355	0.572	0.833	-0.071	-0.039	1.000								
%S	-0.139	0.055	0.497	0.839	0.303	0.049	0.313	0.113	1.000							
Fe	0.196	0.325	-0.103	-0.325	-0.238	-0.032	-0.098	-0.311	-0.280	1.000						
Cu	0.423	0.245	-0.369	-0.656	0.224	0.028	-0.306	-0.067	-0.816	0.397	1.000					
Zn	0.855	0.582	-0.060	-0.170	-0.110	-0.041	-0.041	0.017	-0.202	0.137	0.482	1.000				
Mn	0.343	0.454	0.243	0.344	-0.120	0.148	0.010	0.046	0.420	0.054	-0.029	0.392	1.000			
Ca/Mg	-0.274	-0.243	0.704	0.358	-0.313	0.229	0.166	-0.316	0.715	-0.194	-0.701	-0.306	0.412	1.000		
Mg/K	-0.319	0.046	-0.219	0.577	0.899	-0.384	-0.149	0.573	0.302	-0.155	-0.270	-0.334	-0.294	-0.250	1.000	
IS	0.197	-0.235	0.041	-0.107	-0.244	0.583*	-0.099	-0.098	0.011	-0.132	-0.022	0.254	0.273	-0.222	-0.316	1.000

Quadro A-20. Matriz de correlación simple entre el índice de sitio y las características químicas, a una profundidad de 20-60 cm, para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

	pH	Mo	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	%SB	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca/Mg	Mg/K	IS
pH	1.000															
Mo	0.524	1.000														
P	0.171	-0.057	1.000													
Ca	-0.189	0.228	0.120	1.000												
Mg	-0.120	0.287	-0.290	0.676	1.000											
K	0.000	-0.106	0.086	-0.086	-0.236	1.000										
Na	0.120	0.156	0.042	0.173	0.012	0.194	1.000									
CIC	-0.033	0.451	-0.355	0.572	0.833	-0.071	-0.039	1.000								
%SB	-0.139	0.055	0.497	0.839	0.303	0.049	0.313	0.113	1.000							
Fe	0.196	0.325	-0.103	-0.325	-0.238	-0.032	-0.098	-0.311	-0.280	1.000						
Cu	0.423	0.245	-0.369	-0.656	0.224	0.028	-0.306	-0.067	-0.216	0.397	1.000					
Zn	0.855	0.582	-0.060	-0.170	-0.110	-0.041	-0.041	0.017	-0.202	0.127	0.422	1.000				
Mn	0.343	0.454	0.243	0.344	-0.120	0.148	0.010	0.046	0.420	0.054	-0.029	0.392	1.000			
Ca/Mg	-0.274	-0.243	0.704	0.358	-0.313	0.229	0.166	-0.316	0.715	-0.194	-0.701	-0.306	0.412	1.000		
Mg/K	-0.319	0.046	-0.219	0.577	0.399	-0.384	-0.149	0.573	0.302	-0.155	-0.270	-0.334	-0.294	-0.250	1.000	
IS	0.197	-0.235	0.041	-0.107	-0.244	0.583*	-0.099	-0.098	0.011	-0.132	-0.022	0.254	0.273	-0.222	-0.316	1.000

Cuadro A.21. Tabla de las propiedades fisiográficas y físicas que se determinan en el campo y su código para pendientes menores del 15% .

CODIGO	T O P O G R A F I A		S U E L O		DRENAJE
	Pendiente (%)	Erosión	Profundidad efectiva (cm) .	Textura	
0	Plana	Nula	muy profundo (> 150 cm)	F, FA, FL	Bueno
1	Suavemente inclinada	Ligera	Profundo (100 - 150 cm)	FC, FCL	Moderado
2	Inclinada	Moderada	Moderadamente profundo (50 - 100 cm)	C, L.	Imperfecto
3	Moderadamente escarpado	Severa	Delgado (25 - 50 cm) .	A, AL'	

Cuadro A.22. Guía para la clasificación preliminar de clases de sitio para Eucalyptus camaldulensis en El Salvador.

-
- | | |
|----|---|
| 1. | Sitios con pendiente 0; erosión 0; profundidad efectiva 0; textura 0 (0-20 cm) y 0 (20-60 cm); drenaje 0.
<div style="text-align: right;">..... Clase de sitio I</div> |
| 2 | Sitios con pendientes 0, 1; erosión 0, 1; profundidad efectiva 0, 1, 2; texturas 0,1 (0-20 cm) y 0,1 (20-60 cm); drenaje 0.
<div style="text-align: right;">..... Clase de sitio II</div> |
| 3 | Sitios con pendientes 0, 1, 2; erosión 0, 1, 2; profundidad efectiva 1, 2; textura 0, 1, 2 (0-20 cm) y 0, 1, 2 (20-60 cm); drenaje 1, 2.
<div style="text-align: right;">..... Clase de sitio III</div> |
| 4 | Sitios con pendientes 0, 1, 2; erosión 0, 1, 2; profundidad efectiva 1, 2, 3; texturas 0, 1, 2 (0-20 cm) y 0, 1, 2, 3 (20-60 cm); drenaje 1, 2.
<div style="text-align: right;">.....Clase de sitio IV</div> |
| 5 | Sitios con pendientes 0, 1, 2, 3; erosión 2,3; profundidad efectiva 2, 3; texturas 1, 2, 3 (0-20 cm) y 1, 2, 3 (20-60 cm); drenaje 2.
<div style="text-align: right;">.....Clase de sitio V</div> |
-

A.23. Procedimiento para generar curvas de índice de sitio.

a) Cálculo curva guía

$$\text{Log (Hm)} = a + b (1/E)$$

Donde : Hm = Altura mayor de los sitios

$$E = E D A D$$

Utilizando los datos de altura mayor y edad de cada sitio, se realizó una regresión lineal para obtener los coeficientes "a" y "b"; generándose la siguiente ecuación:

$$\text{Log (Hm)} = 1.21574 - 0.52289 (1/E)$$

Así tenemos :

$$\text{Edad} = 3 \text{ años (36 meses)}$$

$$\text{Log (Hm)} = 1.21574 - 0.52289 (1/3)$$

$$\text{Log}^{-1} (\text{Hm}) = 1.04144$$

$$\text{HM} = 11.0 \text{ mt}$$

b) Cálculo de la curva de índice de sitio

$$\text{Log (Hm)} = \text{Log I.s} + b (1/E - 1/Ec)$$

Donde : Is = Índice de sitio

$$E = \text{Edad}$$

$$Ec = \text{Edad clave}$$

Utilizando una edad clave de 4 años (48 meses) y variando el intercepto de la ecuación guía se generaron las curvas de índice de sitio

- Curva clase de sitio IV

$$\text{Log (Hm)} = 1.07555 - 0.52289 (1/E - 1/EC)$$

Así se tiene que :

$$\text{Edad} = 3 \text{ años (36 meses)}$$

$$\text{Edad clave} = 4 \text{ años (48 meses)}$$

$$\text{Log (Hm)} = 1.07555 - 0.52289 (1/3 - 1/4)$$

$$\text{Log}^{-1} (\text{Hm}) = 1.03198$$

$$\text{Hm} = 10.76 \text{ mt.}$$

Una vez claculadas las curvas de índice de sitio se pro
cedió a agrupar los sitios considerando un intervalo de
 ± 1.5 a cada curva de índice de sitio.

- Para el sitio 405

$$\text{Con : edad clave} = 4 \text{ años (48 meses)}$$

$$\text{Altura (mt)} = 13.25$$

$$\text{Le corresponde clase de sitio IV} = 19.5 \pm 1.5.$$

- Determinación del incremento medio anual.

I.M.A. = Es el crecimiento acumulado dividido por la
edad, para el sitio 204.

$$\text{Altura : } 16.0 \text{ m}$$

$$\text{Edad : } 64.0 \text{ meses}$$

$$\text{I.M.A.} = \frac{16.0 \text{ m}}{64.0 \text{ meses}} \times 12 \text{ meses} = 3.0 \text{ m.}$$