UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

DETERMINACION DEL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE SITIO PARA CAMALDULENSIS (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) EN CUATRO DEPARTAMENTOS DE GUATEMALA.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

CESAR ALEJANDRO SANTOS LOPEZ

en el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADEMICO

DE LICENCIADO

Guatemala, Septiembre de 1,997.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR
Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
VOCAL I	Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
VOCAL II	Ing. Agr. William Roberto Escobar López
VOCAL III	Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
VOCAL IV	Br. Estuardo Enrique Lira Prera
VOCAL V	P.Agr. Edgar Danilo Juárez Quim
SECRETARIO	Ing. Agr. Guillermo Edilberto Méndez Beteta

Guatemala, Septiembre de 1,997.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Respetados señores:

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"DETERMINACION DEL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE SITIO PARA CAMALDULENSIS (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) EN CUATRO DEPARTAMENTOS DE GUATEMALA".

Trabajo que presento como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

A la espera de una resolución favorable me despido de ustedes.

Atentamente,

César Alejandro Santos López

ACTO QUE DEDICO

A

DIOS: Porque donde quiera que estés y la forma que toméis, siempre serás la luz y el enigma más hermoso que entretiene el avance intelectual del ser humano.

MIS PADRES: *César Augusto Santos García*, a quien le agradezco Todo

Sonia Mercedes López de la Roca, por ser sobre todo, el sentido del amor.

MI ESPOSA: *Jeannetxi Morales León*, con quien se mira la vida desde un lugar muy especial.

MI SOBRINO: *Alejandro José*

MIS HERMANAS: *Ana Karla e Isabel*

MIS ABUELOS: Especialmente a *Roderico López Pivaral y Carmencita R. de López*

MIS TIOS: Especialmente a *Dorita Chupina, Delmy Santos y Liz López*

MIS PRIMOS: Especialmente a *Helen y Ligia López Chupina y Brenda González*

MI SUEGRA: *Angélica León de Morales*

LAS FAMILIAS: *Noguera Morales*
Morales Paz
García Morales
Turcios Samayoa, especialmente a Marvin
Santos Barrios, especialmente a Guillermo
Zuñiga Aragón, especialmente a los Raúles

TESIS QUE DEDICO

A

CADA UNA DE LAS PERSONAS QUE HAN ENCONTRADO EL VERDADERO SIGNIFICADO DE LA VERGÜENZA, LA CUAL AYUDARA A CAMBIAR EL FUTURO DE LO QUE QUEDA DE GUATEMALA.

AGRADECIMIENTOS

SINCEROS AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Agr. Msc. Edwin Enrique Cano Morales e Ing. Agr. Msc. Edwin Oliva Hurtarte por su amistad y asesoría en la realización de este trabajo de tesis.

Ing. Agr. Msc. Víctor Alvarez Cajas, por toda su amistad, confianza y apoyo incondicional para con esta investigación.

Ing. Agr. Msc. Hugo Tobías e Ing. Agr. Msc. Maxdelio Herrera por su apoyo en mi formación profesional.

Contenido General

Indice de Cuadros

PAGINA

Indice de Figuras

PAGINA

"CRECIMIENTO Y CALIDAD DE SITIO DE Eucalyptus camaldulensis Dehnh (CAMALDULENSIS) EN CUATRO DEPARTAMENTOS DE GUATEMALA".

"GROWTH AND SITE QUALITY OF Eucalyptus camaldulensis Dehnh (CAMALDULENSIS) IN FOUR DEPARTMENTS OF GUATEMALA".

RESUMEN

Estudios realizados en América Latina con árboles de uso múltiple han demostrado que los fracasos obtenidos en especies tanto nativas como introducidas se deben principalmente a la mala elección de los sitios donde crecerán los arboles. Por su alta capacidad de colonización, los Eucaliptos y en especial **Eucalyptus camaldulensis** han ido poblando extensiones de la Vertiente Pacifico de Guatemala por medio de plantaciones, las que se han regenerado naturalmente. Sin embargo hasta antes de este estudio no se conocían las características que influyen principalmente en el crecimiento de esta especie.

El crecimiento de **Eucalyptus camaldulensis** se estudió a partir de la agrupación de las localidades por índices de sitio previamente determinados, luego se procedió al ajuste de modelos de regresión entre la altura y la edad de los árboles agrupados en sus respectivas localidades. Seguido, se estudió los incrementos medio anual y corriente anual (IMA e ICA respectivamente) que junto con el análisis del crecimiento, determinaron la localidad que presenta los mejores crecimientos para la especie arbórea en estudio. La localidad de Suchitepéquez fue la que mejores crecimientos presentó en sitios con un índice de sitio 7, los mejores crecimientos para el índice de sitio 4 fueron en la localidad de Jutiapa.

La calidad de sitio se determinó a partir del análisis de los factores ambientales de sitio con el objeto de encontrar los factores que influyen principalmente en el crecimiento de **Eucalyptus**

camaldulensis. El análisis multivariado de correlación canónica fue una herramienta muy útil para el estudio, ya que explicó los factores que influyen en la calidad de sitio, el crecimiento y el índice de sitio.

Los factores que principalmente influyen en el crecimiento en general de **Eucalyptus camaldulensis** son la profundidad radical, la exposición al viento y la pendiente de los sitios. Otros factores son complementarios pero igual de importantes debido a que tienen influencia en alguna etapa especifica de desarrollo de dicha especie arborea. En función del anterior análisis se determinó que las localidades del Sur Occidente de Guatemala están catalogadas como calidades excelentes de sitio, así como algunos sitios del Sur Oriente. Sin embargo la mayoría de sitios de las localidades del Sur Oriente se consideran inadecuados para el buen desarrollo de la especie.

Con los resultados obtenidos se dan las bases que contribuyan al desarrollo de una mejor planificación de los sitios productivos forestales en Guatemala y no solo para **Eucalyptus camaldulensis** sino para todas las especies nativas del país.

1. INTRODUCCION

En Guatemala el porcentaje de área con suelos aptos para bosques es de un 72% en relación al territorio, del cual aproximadamente el 25% de esta área corresponde a la vertiente del pacífico (15). Actualmente los bosques cada vez son menos, el Instituto Nacional Forestal (INAFOR) en 1,981 determinó que en Guatemala existían 4 millones 322 mil hectáreas de bosque denso, para 1,992 el Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAFG) y la Agencia para el Desarrollo Internacional del gobierno de los Estados Unidos de América (USAID) se vieron en la necesidad de agrupar en dos categorías a los bosques de Guatemala determinando que existían 180 mil hectáreas de bosque de coníferas y 3 millones 464 mil hectáreas de bosque latifoliado. El bosque latifoliado ha perdido considerables cantidades de extensión en los últimos 3 años en toda Guatemala; y la Costa Sur del país no escapa a esta situación, donde los suelos de esta región se utilizan en grandes extensiones para cultivos agrícolas como caña de azúcar, café y para el establecimiento de pastizales, provocando con ello la pérdida de diversidad biológica en general y particularmente una disminución de especies forestales, situación que provoca una escasez de este recurso en la zona. Por tal razón, la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Oficina Regional para Programas Centroamericanos de la Agencia para el Desarrollo de los Estados Unidos de Norteamerica (ROCAP), unieron esfuerzos y crearon el Proyecto Diseminación del Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (Madeleña III), el cual ha investigado y evaluado especies forestales que llenen los requisitos que la población necesita para la implementación de Sistemas Agroforestales. Dicho sistema amplía las opciones para los agricultores con respecto al uso sostenido de la tierra y posibilita mejoras en sus ingresos económicos, como consecuencia de dicha opción.

Dentro del proceso de priorización que ha hecho Madeleña III, Eucalyptus camaldulensis Dehnh es considerada una especie promisoria y aunque es introducida en Guatemala, ofrece buenas perspectivas para la reforestación y usos agroforestales debido a su adaptabilidad y sus características como árbol de uso múltiple, lo cual es muy ventajoso para la población, razones suficientes para hacer un estudio intensivo de carácter científico del comportamiento de esta especie bajo diferentes calidades o condiciones de sitio donde se encuentran establecidos, con el objeto de determinar los factores ambientales que influyen en su crecimiento.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Guatemala, el proceso de deforestación está muy ligado a los problemas socioeconómicos que afronta el país y a la falta de información relacionada con los aspectos silviculturales, lo cual es un reflejo de la escasa investigación que se realiza en el país.

En materia de silvicultura, en muchos casos se utilizan estudios hechos en otros países para tener parámetros en cuanto a las especies forestales que también crecen en este país. El análisis de la calidad de sitio no es una excepción, habiéndose hecho trabajos casi solamente en especies forestales coníferas, como es el caso de ciprés común Cupressus lusitanica Miller (20) y Pinus pseudostrobus Lindl (9) entre otros. Para el género Eucalyptus, en Guatemala no se tienen mayores estudios y obviamente no se tiene suficiente información sobre el crecimiento e incremento de la especie, así como la relación con los factores de sitio y el efecto de los mismos.

La determinación de índices de sitio se ha realizado para estimar en forma indirecta la productividad de especies forestales a través de la relación altura-edad. Esta relación por sí sola no proporciona información acerca de los factores abióticos que influyen en el crecimiento de los árboles, cuya interacción en cierto modo definen la calidad de un sitio o área. Además para las especies forestales es muy importante analizar su crecimiento en base a la calidad de sitio respectivo y para Eucalyptus camaldulensis Dehnh no ha sido la excepción. Para finales de la decada de los ochenta, Campos (2) creó un modelo para estimar la productividad en función de Indices de Sitio de esta especie a nivel de la región Centroamericana, de tal forma que con los datos anuales que se tienen en Guatemala, se puede contribuir a explicar la calidad de sitio en función de factores ambientales para distintos índices de sitio donde crece Camaldulensis.

Con esta investigación se proporcionarán herramientas que contribuyan a una adecuada planificación del manejo forestal de esta especie para cualquier sitio dentro de la vertiente pacífico de Guatemala y mejorar la producción de ésta.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Generalidades

A. Productividad

Se define a la productividad forestal como la capacidad que un árbol individual o una masa forestal tiene para acumular biomasa, bajo determinadas condiciones climáticas, ecológicas y genéticas en un área y en un tiempo determinado (9).

Zepeda y Rivero (1984), citados por Escobedo (9) consideran que debido a la dificultad para determinar la productividad de los terrenos forestales, se ha recurrido a enfocarla en función de factores ambientales; tal es el caso de la calidad de sitio, que se estima mediante la máxima cosecha de madera que el bosque produzca en un tiempo determinado.

La calidad de sitio es la suma de muchos factores ambientales: la profundidad del suelo, su textura, las características de sus perfiles, su composición mineral, lo pronunciado de las pendientes, el microclima, las especies que viven sobre él y otros más. Estos factores a su vez son función de la historia geológica, fisiográfica, macroclima y del desarrollo de la sucesión vegetal (9).

B. Crecimiento

De acuerdo con Klepac (14), el crecimiento de un árbol es el desarrollo del mismo o una masa forestal expresado en rendimiento o incremento. Al referirse a rendimiento se entenderá como el crecimiento de un árbol o una masa forestal por unidad de superficie en un período de tiempo. Por incremento se entiende como el crecimiento de un árbol o una masa forestal en un período de tiempo determinado. Al determinar el crecimiento de un árbol o una masa forestal

durante el resto de su vida, este crecimiento definirá el incremento total. Los tipos de incremento mencionados son los siguientes:

a) El incremento Corriente Anual -ICA-, que se define como el crecimento que logra un árbol o una masa forestal en el curso de un año determinado.

b) El incremento Medio Anual -IMA-, el cual es el promedio anual del incremento total, o sea es el resultado de las dimensiones totales del árbol dividido entre la edad total del mismo.

B.1 **Crecimiento de Eucalyptus camaldulensis**

El factor que parece determinante en el crecimiento de la especie es la superficie disponible por árbol (17). En los cuadros 1 y 2 se muestra que el área mínima

Cuadro 1. Espaciamientos iniciales recomendados para plantación de **Eucalyptus camaldulensis** según usos y productos

Espaciamiento inicial (m * m)	Producto Principal	Necesidad de raleos (edad-años)	Turno (años)
1.0x1.0	Leña, postes, tutores	____	2-4
1.0x2.0	Leña, postes, tutores	3	5
2.0x2.0	Leña	3	5
2.5x2.5	Cortinas	3-5	8
2.5x3.0	Leña, postes		8-10
3.0x3.0	Cercos, cortinas	6-8	8-10
3.0x4.0	de madera, otros productos en asocios agroforestales		10-12

Fuente: Martinez (17)

necesaria por árbol cambia con la edad; durante los primeros dos años de crecimiento un área de 4m²/árbol es adecuada para edades de 5 a 7 años. Edades superiores, dependiendo del producto final, requieren áreas mayores. En diferentes sitios de América Central se han obtenido incrementos hasta de 3.8 cm/año en diámetro y 4m/año en altura, los cuales son muestra de la rapidez de crecimiento de la especie.

Cuadro 2. Efecto del espaciamiento sobre el crecimiento en diámetro y altura y la sobrevivencia de **Eucalyptus camaldulensis** Dehnh en varios sitios de Centroamérica.

Sitio	zona de vida	Edad (meses)	Espaciamiento (cm)	Densidad (A/ha)	Sobrevive. %	Altura (m)	IMA (m/año)	DAP (m)	IMA (cm/a)
029NIC	bs-t	56	100*200	5000	68	8.5	1.8	5.9	1.3
			150*200	3333	69	8.7	1.8	6.7	1.4
			200*200	2500	74	9.8	2.1	8.1	1.7
			200*250	2000	75	9.5	2.0	8.8	1.9
052NIC	bs-t	53	125*160	5000	72	8.5	1.9	5.6	1.3
			200*160	3125	73	9.2	2.1	6.6	1.5
			250*160	2500	76	8.8	2.0	6.7	1.5
			300*160	2083	71	9.9	2.2	7.9	1.8
167NIC	bs-t	44	100*160	6250	75	6.1	1.7	4.6	1.2
			120*160	5208	63	6.6	1.8	4.9	1.3
			160*160	3906	55	6.8	1.8	5.9	1.6
			220*160	2840	53	6.8	1.8	6.4	1.7

Fuente: Martinez (17)
A/ha: Arboles por hectárea
IMA: Incremento Medio Anual
DAP: Diámetro a la Altura del Pecho

Como se puede observar en el cuadro 3, los rendimientos de Eucalyptus camaldulensis en América Central han respondido a la variación de las densidades iniciales de plantación (17), en iguales condiciones de índice de sitio.

Cuadro 3. Tablas de predicción del rendimiento de **Eucalyptus camaldulensis** Dehnh, en América Central para el índice de sitio 10 y densidades iniciales de plantación de 1,111; 1,600; 2,500 y 4,444 árboles/Ha.

Edad (años)	N (arb/ha)	DAP (cm)	Alt (m)	AB (m^2/ha)	VOL (m^3/ha)
DENSIDAD INICIAL = 1111					
1	983	1.7	1.7	0.2	0.4
2	983	3.1	3.9	0.7	2.1
3	983	4.2	5.2	1.4	4.7
4	983	5.2	6.0	2.1	7.7
5	983	6.0	6.5	2.8	10.8
6	983	6.6	6.9	3.4	13.9
7	983	7.2	7.1	4.0	16.7
8	983	7.7	7.4	4.5	19.3
9	983	8.0	7.5	5.0	21.6
10	983	8.4	7.7	5.4	23.7
DENSIDAD INICIAL = 1600					
1	1416	1.7	1.7	0.3	0.5
2	1416	3.1	3.9	1.1	3.0
3	1416	4.2	5.2	2.0	6.8
4	1416	5.2	6.0	3.0	11.2
5	1416	6.0	6.5	4.0	15.6
6	1416	6.6	6.9	4.9	20.1
7	1416	7.2	7.1	5.8	24.0
8	1416	7.7	7.4	6.5	27.7
9	1416	8.0	7.5	7.2	31.1
10	1416	8.4	7.7	7.8	34.1
DENSIDAD INICIAL = 2500					
1	2213	1.7	1.7	0.5	0.8
2	2213	3.1	3.9	1.7	4.8
3	2213	4.2	5.2	3.1	10.6
4	2213	5.2	6.0	4.7	17.4
5	2213	6.0	6.5	6.2	24.4
6	2213	6.6	6.9	7.7	31.2
7	2213	7.2	7.1	8.9	37.5
8	2213	7.7	7.4	10.2	43.3
9	2213	8.0	7.5	12.2	53.2
DENSIDAD INICIAL = 4444					
1	3933	1.7	1.7	0.9	1.5
2	3933	3.1	3.9	3.0	8.4
3	3933	4.2	5.2	5.6	18.9
4	3933	5.2	6.0	8.3	31.0
5	3933	6.0	6.5	11.0	43.4

Fuente: Martínez (17).
AB: Area Basal
VOL: Volumen
Alt: Altura
DAP: Diámetro a la Altura del Pecho

El crecimiento de Eucalyptus camaldulensis se ve afectado por causas como suelos compactados (ver Cuadro 4), que impiden la penetración de las raíces, y la corteza se agrieta por falta de humedad, la altura sobre el nivel del mar y la textura del suelo influye también en el crecimiento aunque la especie puede medrar en suelos arcillosos, los mejores crecimientos se presentan en suelos franco arenosos.

Cuadro 4. Crecimiento de **Eucalyptus camaldulensis** Dehnh (a los 41 meses de edad) con espaciamientos iniciales de plantación diferentes, Mateare, Nicaragua.

Espaciamiento inicial (m * m)	Sobrevivencia (%)	Area efectiva crecimiento	ALTURA Promedio	ALTURA IMA	DIAMETRO Promedio	DIAMETRO IMA
1.5*1.5	100	2.25	7.2	2.1	6.0	1.7
2.0*1.5	100	3.00	7.6	2.2	6.6	1.9
2.0*2.0	95	4.21	8.1	2.3	7.4	2.1
2.0*3.0	99	6.06	8.4	2.4	8.0	2.3
2.5*2.5	95	6.58	9.1	2.6	8.6	2.5
3.0*3.0	95	9.47	9.6	2.8	9.6	2.8

Sitio: Altitud 100 msnm; Temp 28.4°C; Pp 1261 mm; 7 meses de déficit hídrico
Suelos: **Mollic Vitrandept** ; zona de vida bs-t
Fuente: MARTINEZ, 1986 (17).

Otra característica fundamental de Eucalyptus camaldulensis Dehnh, es que crece en suelos degradados, y aunque no es una especie que fija el nitrógeno atmosférico, puede aportar nutrimentos al suelo y provocan efectos beneficiosos sobre el suelo con el aporte en forma de hojarasca y marchitamiento de raíces. También Eucalyptus camaldulensis se adapta muy bien a suelos ácidos, pero esta especie no acidifica más el suelo debido a que la hojarasca tiene altos contenidos de calcio.

C. Sitio

El sitio es definido por la Sociedad de Forestales Americanos como un "área considerada en términos de su ambiente, que determina la calidad y el tipo de vegetación que en ella se puede generar" (21).

De acuerdo a López (15), con este concepto se logra identificar la productividad potencial de los terrenos forestales, lo cual permite seleccionar las especies, delimitar áreas homogéneas como unidades de manejo y estimar su rendimiento, mejorar condiciones difíciles del suelo y prever riesgos de enfermedades.

D. Calidad de Sitio

Escobedo (9), quien cita a Zepeda et al define la calidad de sitio como "el carácter o cualidades distintivas que indican, en forma un tanto relativa, el grado de productividad de un lugar bajo las condiciones imperantes en el momento en que se efectúa la estimación de ésta; considerando que tal productividad es la resultante de la suma de todos los efectos de los factores de sitio que interactúan en ese lugar, que está determinado por el producto entre la capacidad y eficiencia de producción del sitio y que se entiende, en la generalidad de los casos, como la aptitud o susceptibilidad de ese sitio para sostener o soportar el crecimiento de cierta cantidad y tipo de biomasa".

Los mismos autores deducen que:

a. La calidad de sitio no puede estar definida como un término vago ya que como se vio en el concepto anterior es lo suficientemente claro y concreto como para caracterizársele contrariamente.

b. La calidad de sitio no indica la productividad relativa de una localidad, lo que señala en forma un tanto relativa, es el grado de productividad de un lugar bajo las condiciones imperantes en el momento en que se efectúa la estimación de ella.

Al referirse al sitio y sus condiciones medio ambientales es necesario tomarle como un complejo de factores bióticos y abióticos y la calidad de este será el resultado de la interacción de éstos factores.

E. Métodos para cuantificar la Calidad de Sitio

Oliva (21) cita a Clutter et al. para dividir la cuantificación de la calidad de sitio de la siguiente forma:

Metodos Indirectos

1. Estimación a través de la relación de las especies del sotobosque.
2. Estimación a través de los factores climáticos, edáficos y topográficos.

A nivel mundial, los métodos indirectos son menos empleados que los directos para determinar la calidad de los sitios, por ser estos últimos más fáciles de estimar y los resultados se ajustan mejor a la realidad; sin embargo los métodos indirectos tienen la ventaja que no dependen de la presencia de la especie de interés (21). Existen diferencias entre autores para clasificar los métodos, Daniel y Mogren (1990), quienes son citados por Escobedo (9), proponen que los metodos indirectos son "Todos aquellos procedimientos con los que se evalúan los factores de sitio que definen la capacidad productiva de un lugar (suelo, clima, topografía, etc.) pretendiendo su integración. (método factorial, índice edáfico, clasificación holística que consiste en una evaluación conjunta de los factores ambientales y edáficos)".

Métodos Directos

1. Calidad de sitio por registro histórico de rendimiento.

Oliva (21) indica que en la actividad forestal es cuestionable la utilidad de este método, debido a que los rendimientos de los bosques a una edad determinada son fuertemente afectados por la densidad del rodal, la composición de las especies y las prácticas culturales, entre otras.

2. Estimación de la calidad de sitio basada en datos de volumen del rodal.

"Es una forma de determinar la calidad de sitio en rodales coetáneos por medio de la relación volumen-edad; aunque tiene el inconveniente de que el volumen de un rodal a una edad se ve afectada por factores como raleos y densidad del rodal, entre otros" (21).

3. Calidad de sitio mediante datos de altura del rodal.

"La altura de un rodal uniforme a una edad dada, es un buen indicador del potencial productivo de un bosque en el sitio particular" (21).

Según Voorhorve y Schulz (1986), citados por Oliva (21), puede emplearse dos criterios:

a. El promedio de la altura de los 100 arboles de mayor diámetro por hectárea.
b. El promedio de la altura de los 100 arboles más altos por hectárea (Altura dominante).

De acuerdo con Oliva (21), "se estima que la altura dominante es una manifestación de la productividad del sitio, debido a que los arboles más altos son los más desarrollados y sufren menos competencia de sus vecinos. La utilidad práctica de correlacionar el potencial del volumen y el crecimento en altura estriba en el hecho de que el desarrollo de la altura de los árboles más grandes de un rodal coetáneo es poco afectada por la

densidad del rodal y las cortas intermedias. La relación altura-edad-índice de sitio es básica para la predicción del crecimiento en bosques uniformes, a esta relación generalmente se les denomina "curvas de índice de sitio". "Las curvas formadas por las relaciones de crecimiento pueden ser construidas por medio de metodos gráficos o por metodos matemáticos" (1). Schumacher en 1939 (12), creó una relación simple de crecimiento de altura la cual es la base de los métodos matemáticos para expresar la calidad de sitio:

$$Ho = Hmax * \exp(b/A^k) \quad \text{(ecuación 1)}$$

donde:

Ho: Altura dominante

Hmax : Parámetro que representa la altura máxima que la especie puede alcanzar

exp: (2.7128) "e"

b: Pendiente

A: Edad del rodal **k**: Constante a ajustar

Para que la ecuación 1 pueda ajustarse por regresión lineal, se utilizarán logaritmos naturales en ambos lados, de la siguiente forma:

$$LnHo = LnHmax + b/A^k \quad \text{(ecuación 2)}$$

Si Ln Hmax es un intercepto, entonces los parámetros a seguir serán:

$$LnHo = a + b/edad^k \quad \text{(ecuación 3)}$$

Donde "**a**" es un intercepto que se hallará entre 2 y 7;

"**b**" es la pendiente de la ecuación y siempre será negativa;

"**k**" se encontrará dentro de una variación de 0.2 y 2.

De acuerdo a Hughell (12), dentro de los métodos matemáticos, el de la regresión jerárquica es el apropiado para la construcción de curvas de índices de sitio por ser lo

suficientemente simple para realizar el calculo manual de los parámetros y se ajusta mejor cuando se tiene datos de varias mediciones, ya que el modelo explica la variación entre parcelas, pero tiene la restricción que los datos deben ser de varias mediciones para las mismas parcelas, como se puede visualizar en el cuadro 4.

Alder (1), indica que para llegar a una ecuación que estime el índice de sitio con base en la edad y la altura máxima se aplica el método de la curva guía con la ecuación de Schumacher, el cual describe una familia de curvas de diferentes índices de sitio. Según este método existen dos modelos para describir la familia de curvas de índice de sitio; el modelo **"a común"** y el modelo **"b común"**, los cuales describen familias de curvas polimórficas y anámorficas, respectivamente. La familia de curvas polimórficas forman pendientes variables, que generalmente no guardan una relación de paralelismo entre sí; es decir, no dependen unas de otras y sus puntos de inflexión ocurren en edades diferentes. Mientras que las curvas anamórficas son familias de líneas proporcionales con pendiente constante entre ellas a una misma edad, pero son interceptadas al origen, esta situación provoca que el punto de inflexión de todas las curvas ocurra a una misma edad.

Ambos modelos permiten estimar el índice de sitio (IS) con base en una altura dominante dada o estimarla con base en un índice de sitio dado.

3.1.2 Factores de Crecimiento que influyen en la Calidad de Sitio

A. Definición de un Factor Ambiental de Crecimiento

Un factor de crecimiento es cualquier característica ambiental que en su mínima expresión es capaz de crear un efecto en el crecimiento de un árbol y que una vez es

estudiado y analizado puede generar una predicción en la productividad de una especie forestal [1].

Los factores ambientales de crecimiento suelen ser conocidos también como factores de sitio y son clasificados en tres grandes grupos; **climáticos, fisiográficos y edáficos.** En el Cuadro 5 se puede apreciar en forma resumida la agrupación de los factores ambientales de crecimiento, en cada grupo se encuentran reunidas todas las características ambientales posibles para formar una referencia que ayude a estudiar los factores que específicamente podrían influir en el crecimiento de una especie arbórea. El análisis de los factores puede variar dependiendo de las características genéticas de la especie arbórea y de los intereses institucionales, nacionales o regionales. Una de las formas más comunes de discriminación de factores es cuando el investigador desde el sitio puede determinar características sobresalientes que influyan. Este método aunque es subjetivo es utilizado dependiendo del criterio de la investigación; si por ejemplo, se desean evaluar las procedencias de una especie en particular en un sitio dado, el investigador estará muy interesado en determinar que influencia provoca sobre su crecimiento el efecto de la variación de la latitud y longitud del sitio con respecto a su lugar de origen, esto implica entonces que se pueden asociar otros factores que sean representativos a la ubicación del sitio o región y que puedan influir en el crecimiento de un rodal (5).

1 Apuntes del curso de Silvicultura, Facultad de Agronomía, USAC. 1992

Cuadro 5. Resumen de los principales grupos que conforman a los factores de Crecimiento.

FACTORES DE CRECIMIENTO	CLIMATICOS	Precipitación, temperatura, horas luz, Evapotranspiración Potencial, humedad relativa, zona de vida, velocidad del viento.
	FISIOGRAFICOS	Latitud, Longitud, Geología, superficie y exposición de laderas, topografía, pedregosidad.
	EDAFICOS	Propiedades físicas y químicas de los suelos, profundidad radical, tipo de humus y contenido de materia orgánica.

La información estadística, es una herramienta confiable si su interpretación es adecuada y minuciosamente analizada. Actualmente, la forma más común de discriminar los factores de sitio que influyen en el crecimiento de una especie arbórea es a través del método multivariado de componentes principales. Es multivariado debido a que todos los factores de sitio se consideran como variables de influencia. En este método estadístico, los factores se evalúan en forma independiente dejando a un lado los grupos en los cuales se han agrupado normalmente. La formación de matrices de variables será la nueva forma de agrupación y el análisis de las varianzas será como se representen los resultados, generando modelos que podrán predecir la influencia de los factores de sitio en el crecimiento de una especie arborea. Continuando con el mismo ejemplo, se pueden analizar los factores con mayor influencia por medio de otro método multivariado (correlación canónica), que sugiere retomar las variables de mayor influencia obtenidas en el análisis discriminante y volverlas a agrupar en los grupos definidos teóricamente (grupos

climáticos, fisiográficos y edáficos. El resultado de este análisis determinará que grupo de factores ambientales será el que más influye en el crecimiento de una especie arbórea; sin generar un modelo de predicción, este método proporciona información estadística importante para determinar que variables pueden tomarse en cuenta en la planificación y uso de futuros sitios con una especie en particular [2].

B. Definición de Factores Climáticos

Son todos los factores relacionados con los fenómenos ambientales y que identifican al clima de un sitio o región. Los principales factores que se han estudiado son:

1. Precipitación pluvial, considerada como la condensación del vapor de agua proveniente del calentamiento de masas de agua de los océanos. La Precipitación más común es la Orográfica que resulta del choque de los vapores de agua provenientes de los océanos y la disminución de temperaturas en el sistema orográfico (montañas). Se define como la lámina (mm de precipitación) de agua precipitada en un área determinada. Se presume que este sea el factor más importante para el buen funcionamiento fisiológico de las plantas en general(6).

2. Temperatura ambiente, medida en grados centígrados, es el grado de calor que impera en el ambiente al que se encuentra sujeto un árbol (6).

3. Velocidad del viento, puede medirse con un anemómetro y es determinada en metros por hora(6).

---

2 Víctor Alvarez Cajas, apuntes del curso de Análisis Multivariado, Maestría en Estadística, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 1,989.

C. Definición de factores fisiográficos

Están relacionados con la fisiografía del sitio, es decir la formación original del paisaje del sitio o región. Los principales factores a estudiar son:

1. Geología, se considera como el material original en el que descansan los suelos de un sitio, la presencia de material geológico puede influir de manera positiva o negativa en el crecimiento de una especie arborea (11).

2. Topografía, se utiliza para determinar el grado de pendiente de un sitio, expresado en porcentaje (11) .

3. Superficie, estudia las características de un perfil superficial en el sitio a estudiar, puede expresarse dependiendo de la ondulación o planicie de los sitios (11).

4. Orientación de las laderas, se expresa de acuerdo a la exposición de las laderas al sol. La orientación de una ladera puede ser Este-Oeste o Norte-Sur. Es de esperarse que en las laderas orientadas Este-Oeste, la recepción de la energía solar sea más eficiente puesto que se recibe bien la mayor parte del año, mientras que la exposición Norte-Sur, en algunas épocas del año una de las laderas recibe menos energía solar que las otras (11).

5. Pedregosidad, es la cantidad de piedra encontrada por metro cuadrado en un sitio determinado. La acción volcánica y los sismos que caracterizan a Guatemala, hacen que sea una región en la que algunos sitios pueden contener excesiva cantidad de piedra, la cual perjudica al desarrollo de las plantas en general (11).

D. Definición de factores Edáficos

Las características físicas y químicas de los suelos se pueden determinar a través de la construcción de calicátas de 1 por 1.5 m. en lugares que sea representativos al sitio. Este grupo de variables genera información importante ya que el sustrato donde crecen los

árboles es el suelo, por lo tanto los resultados de este grupo de factores ayudan a una zonificación más adecuada de los sitios. Las características de este grupo de variables pueden hacer que factores climáticos como la Precipitación se conviertan en factores que influyan de manera positiva como negativa para el crecimento de una masa forestal en un sitio determinado. Algunos factores son definidos a continuación:

1. Profundidad radical, es la profundidad efectiva de un suelo capaz de sostener a un árbol (11).

2. Textura, es el porcentaje de partículas como arenas, limos y arcillas de las que se compone la textura de un suelo (26).

3. Capacidad de intercambio catiónico, las bases son intercambiadas para obtener los nutrientes necesarios para el desarrollo de los árboles a través de sus raíces, esto depende principalmente del pH de los suelos y su textura. El análisis químico de los suelos puede informar la influencia en el crecimiento de los árboles ya que estos dependen de los nutrientes presentes en los sitios (11).

4. Materia Orgánica, es toda materia vegetal en descomposición presente en las capas superficiales y subsuperficiales de los suelos de un sitio determinado. La materia orgánica es una fuente que incorpora nutrientes al suelo, su relación C / N dependerá de las condiciones físicas y químicas del suelo, así como de las condiciones climáticas del sitio (26).

5. Nutrimentos, una masa boscosa depende de nutrimentos así como un cultivo agrícola cualquiera, cada especie arborea tiene diferentes requerimientos de nutrimentos y micronutrientes, para el caso del género Eucalyptus, "altas concentraciones de Calcio (Ca) en el suelo provocan que la planta sufra de clorosis (amarillamiento de las hojas y posteriormente el marchitamiento de la planta en general)" (17).

3.1.3 Interacción entre los factores ambientales y la calidad de sitio

La relación que existe entre los factores ambientales y el crecimiento de una especie forestal, se puede analizar por medio de la interacción de los factores y el crecimiento, y por último a través de cuantificar la interacción de los factores ambientales en forma directa.

La interrelación entre los mismos factores ambientales se puede analizar estadísticamente por medio de un método multivariado de **COMPONENTES PRINCIPALES** con el propósito de obtener funciones lineales que expliquen la mayor variabilidad posible, esto es, que tengan varianza máxima (22).

El método de Componentes Principales se aplica cuando se dispone de un conjunto de datos multivariados y no se puede postular, sobre la base de conocimientos previos del universo en estudio, una estructura particular de las variables.

Los objetivos del análisis de Componentes Principales son:

1. Reducir la dimensionalidad del problema que se está estudiando, como paso previo para futuros análisis.
2. Eliminar, cuando sea posible, algunas de las variables originales si ellas aportan poca información.
3. Obtener funciones lineales que expliquen el comportamiento de los factores ambientales en el crecimiento de una especie forestal.

El método de Componentes Principales, permite interpretar mucha información por medio de **sustituir un gran número de variables por un número menor de las mismas** o por funciones de ellas sin perder mucha información.

El número de variables a utilizar (factores ambientales) o la selección de componentes, será en función de la cantidad de factores que se crean influyentes en la calidad de sitio de una especie forestal.

El objeto de un análisis de Componentes Principales es construir en cada paso funciones lineales que tengan varianza máxima y que sean no-correlacionadas con las anteriores. Una segunda posible función obtenida explicará la mayor proporción posible de la varianza que no está explicada por la primera y análogamente las subsecuentes.

Otra forma de interpretar los efectos de los factores de sitio sobre el crecimiento forestal es agrupando todas las características de cada factor en conjuntos que permitan explicar su influencia en la calidad de sitio.

El método de análisis de **CORRELACION CANONICA** permite determinar funciones para correlacionar dos conjuntos de variables que expliquen su relación por medio de sus máximas varianzas.

Los objetivos de la Correlación Canónica son:

1. Determinar vectores-coeficientes que se utilicen para correlacionar dos o más conjuntos de variables.
2. Determinar que variables del conjunto "Factores Ambientales" influyen directamente en el crecimiento y la calidad de sitio de una especie forestal.

La magnitud de los coeficientes de las variables canónicas indican, en cierta forma, la importancia que tiene cada variable, lo cual permite la interpretación. Usando técnicas apropiadas, se llega a que el cuadrado de la primera correlación canónica es el mayor valor característico (eigen-valor en inglés) de las matrices. La segunda correlación canónica es el segundo valor característico y sus variables canónicas son los respectivos vectores y así sucesivamente hasta completar el análisis (32).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Descripción de Eucalyptus camaldulensis_Dehnh

Pertenece a la familia **Myrtaceae** y genero **Eucalyptus**. Es una especie nativa de todas las latitudes de Australia, se caracteriza por ser una especie siempre verde, de 24-40 m de altura, tiene un fuste grueso de base recta y tronco generalmente torcido, de 0.60 - 1 m de diámetro, con copa abierta e irregular, tiene una corteza lisa, blanca, ligeramente grisácea, que se desprende en tiras largas o en placas irregulares que exponen capas internas de corteza blanquecina, en suelos sueltos forma un sistema radical profundo y bastante amplio, puede formar raíces aéreas en la base (10).

Tiene ramillas terminales rojizas, largas y delgadas que cuelgan en ángulos agudos; las hojas juveniles son opuestas y posteriormente alternas; las hojas adultas son lanceadas, pecioladas, delgadas y pendientes, tienen un borde liso, glabras; en el haz de las hojas tienen un color verde opaco, y en el envés, ocasionalmente gris. Las flores tienen color blanco y ocasionalmente blanco-amarillo, están dispuestas en una cabezuela (umbelas), con botones florales de forma aovada, de base semiredonda y cubierta larga, cónica, punteada o rostrada. Los frutos están generalmente en ramilletes al final, de peciolos delgados de color ligeramente marrón, con una tapa redondeada con 3-4 dientes prominentes de casi 2 mm de longitud, elevados y curvados hacia adentro (10).

Las semillas son numerosas y pequeñas de color ligeramente marrón y tienen aproximadamente de 110000 a 220000 semillas/kg. (17)

En Centro América se ha plantado desde el nivel del mar hasta 1200 msnm y los mejores crecimientos se han registrado abajo de los 650 msnm (17).

3.2.2 Distribución nativa de Eucalyptus camaldulensis

Se trata de la especie de eucalipto más difundida en Australia Continental, se halla en todo los Estados, con excepción de Tasmania; debido a que existe una forma meridional (zona templada) y una forma tropical. Es una especie ribereña (30-600 msnm), con un rango de precipitación de 250-650 mm y un tipo de lluvias de invierno a lluvias de verano, predomina en una estación seca de 4-8 meses o más; el régimen de temperatura es de 29-35°C como mínima. (10)

A. Características generales desde su procedencia

La altura promedio del árbol de **Eucalyptus camaldulensis** en Australia es de 25-50 m; aunque el tronco de muchas procedencias es bastante torcido, las copas tienden a ser bastante ralas. El tipo de corteza es "Red Gum" (goma roja), lisa y en placas. Las características de la madera son en color roja, textura cerrada, grano entrelazado y ondulado; es madera dura, durable, resistentes a los termes (comejen); tienden a torcerse con el secado; es madera muy útil cuando se necesita en 15 planos sólidos de grandes dimensiones, tiene una densidad de 980 kg/m^3; tiene una viabilidad de 773 semillas por gramo (10).

B. Usos más generales

"Es la especie latifoliada más importante del interior de Australia, con fines que van desde la miel, a las cortinas de abrigo, hasta la madera aserrada. Camaldulensis (así es como se le conoce comúnmente), es buen carbón vegetal y es importante para durmientes (madero horizontal sobre el cual se apoyan objetos)" (10).

C. Capacidad colonizadora de los Eucaliptos

Su capacidad de colonizar la tierra desnuda, sin protección, es de fundamental importancia para permitir que los Eucaliptos lleguen a ser tan predominantes en una difícil tierra de origen. La mayoría de las especies de este género tienen semillas muy pequeñas con poco material de reserva en cada una, pero producen semillas en grandes cantidades. Esto hace que, aún cuando caen sobre la tierra desnuda por el fuego, inundaciones o acción volcánica, una pequeña cantidad, a veces tan baja como una en un millón logra sobrevivir bajo la protección de algún objeto que la cobija, lo que es suficiente para asegurar la supervivencia de la especie y de la tierra forestal (26).

D. Características de la corteza de Eucalyptus camaldulensis

La corteza se desprende, cuando cada capa se renueva, el descortezado es en láminas bastante anchas. Es difícil definir el color y la textura superficial de esta corteza porque casi siempre son placas de diferentes edades (10).

E. Resumen de las principales características para Eucalyptus camaldulensis según FAO (10) y CATIE (17)

1. Capacidad de prosperar y de producir cosechas aceptables en suelos relativamente pobres y sitios con una estación seca prolongada.
2. Capacidad de tolerar inundaciones periódicas.
3. Alta capacidad de rebrote por tocón.
4. Copa pequeña poco apta para suprimir rápidamente el crecimiento de las hierbas, aunque este le da una ventaja para el asocio con cultivos.
5. Produce madera dura, pesada, muy coloreada, lo cual significa que es de buena calidad para leña y muebles con pequeñas dimensiones, aunque no sirve para pasta

de papel.

6. Tiene mala forma (torcido) y con bifurcaciones a diferentes alturas lo cual lo hace apto solamente para postes de cerca y piezas pequeñas.

7. Es una especie que se pone clorótica sobre suelos calcáreos.

3.2.3 Requerimientos ambientales de Eucalyptus camaldulensis

A. Temperatura

Se le ha plantado en sitios con temperatura promedio entre 20 °C y 29°C. Los mejores crecimientos se han registrado en zonas bajas con temperaturas superiores a 22 grados centígrados como por ejemplo en el parcelamiento La Máquina en Guatemala. Es una especie que requiere de exposición al sol, o sea que no necesita sombra para su crecimiento satisfactorio (25).

B. Precipitación

Eucalyptus camaldulensis se le ha plantado en zonas con precipitación entre 600 mm y 2900 mm anuales y hasta ocho meses con déficit hídrico. Las zonas de vida bosque seco subtropical y bosque húmedo premontano parecen brindar las mejores condiciones para el crecimiento de la especie (1000-2000 mm anuales).

De acuerdo a observaciones realizadas por Martinez (17), en la zona seca oriental de Guatemala en el sitio Palo Amontonado, Departamento de El Progreso con precipitaciones inferiores a 400 mm y cerca de 9 meses de déficit hídrico la especie ha respondido bien.

C. **Altitud**

Es una especie de zonas bajas que crece naturalmente a la orilla de ríos, algunas procedencias pueden plantarse en zonas altas, hasta 1400 msnm. En América Central se ha plantado desde el nivel del mar hasta 1200 msnm y los mejores crecimientos se han registrado abajo de os 650 msnm(10).

D. **Suelos**

Se adapta **Eucalyptus camaldulensis** a una gama amplia de suelos, desde muy pobres hasta periódicamente inundados, no próspera en suelos calcáreos con capas de cenizas volcánicas endurecidas superficiales. Crece entre suelos con una taxonomía de Alfisoles, Entisoles e Inceptisoles(18).

E. **Vientos**

La especie de **Eucalyptus camaldulensis** resiste muy bien los vientos, por lo que se le emplea en la formación de cortinas rompevientos asociados con otras especies de porte bajo (34).

3.2.4 Localización de las Parcelas de Crecimiento y del Area de estudio.

La Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS), como organismo ejecutor encargado en Guatemala del Proyecto Madeleña III, recabó la información de los ensayos establecidos por el Instituto Nacional Forestal (INAFOR) desde 1987 para evaluar el comportamiento de varias especies de uso múltiple, realizando mediciones de altura promedio, diámetro a la altura del pecho, sobrevivencia.

Las parcelas de crecimiento que se utilizaron en este estudio se encuentran comprendidas dentro del proyecto Leña-Madeleña-Madeleña III, las cuales se consideran como parcelas permanentes de muestro distribuidas a lo largo de la vertiente pacífico de Guatemala, al Sur de

este país.

Guatemala se extiende desde los 14° a los 19° de Latitud Norte y 88° a los 92° de Longitud Oeste, específicamente los sitios a estudiar, están ubicados en los siguientes lugares:

- Parcelamiento La Máquina (Retalhuleu y Suchitepéquez)
- Atescatempa (Jutiapa)
- Jalpatagua (Jutiapa)
- El Progreso (Jutiapa)
- Palo Amontonado (El Progreso)

En el Cuadro 6 se presenta un resumen de las características de cada sitio que se estudió.

Cuadro 6. Ubicación de las parcelas de **Eucalyptus camaldulensis** Dehnh desde el Sur Occidente hasta el Sur Oriente de Guatemala.

No.	ENSAYO	SITIO	DEPTO.	UBICACION	Pp mm	TEMP prom °C	ALTURA msnm	SUELOS	ZONA DE VIDA
1	136(86-02)	P. La Máquina	Suchi	14°18'y 91°33'	1860	27	40	Typic Haplustalf	bh-S(c)
2	142(86-08)	P. La Máquina	Reu	14°18'y 91°00'	1860	27	40	Vertic Haplustalf	bh-S(c)
3	150(86-10)	Ald. Las Flores	Jut	14°20'y 89°42'	1190	18	1200	Lithic Ustorthents	bh-S(t)
4	151(87-07)	Ald. Las Flores	Jut	14°20'y 89°42'	1190	18	1200	Lithic Ustropepts	bh-S(t)
5	155(87-11)	Ald. Palo Amont	Pro	14°51'y 90°40'	470	25	360	Typic Eutropepts	ms-S
6	161(88-02)	F. El Chaparral	Jut	14°11'y 89°40'	620	27	654	Lithic Ustropepts	bh-S(c)
7	165(88-06)	F. La Gloria	Jut	14°08'y 90°00'	1179	27	567	Vertic Ustropepts	bh-S(c)

Meses secos al año, 7 meses
Espaciamiento inicial, 2.5*2.5 m
Fuente: Carpetas Madeleña, DIGEBOS

La Figura 1 ubica a cada sitio en los respectivos departamentos de la República de Guatemala

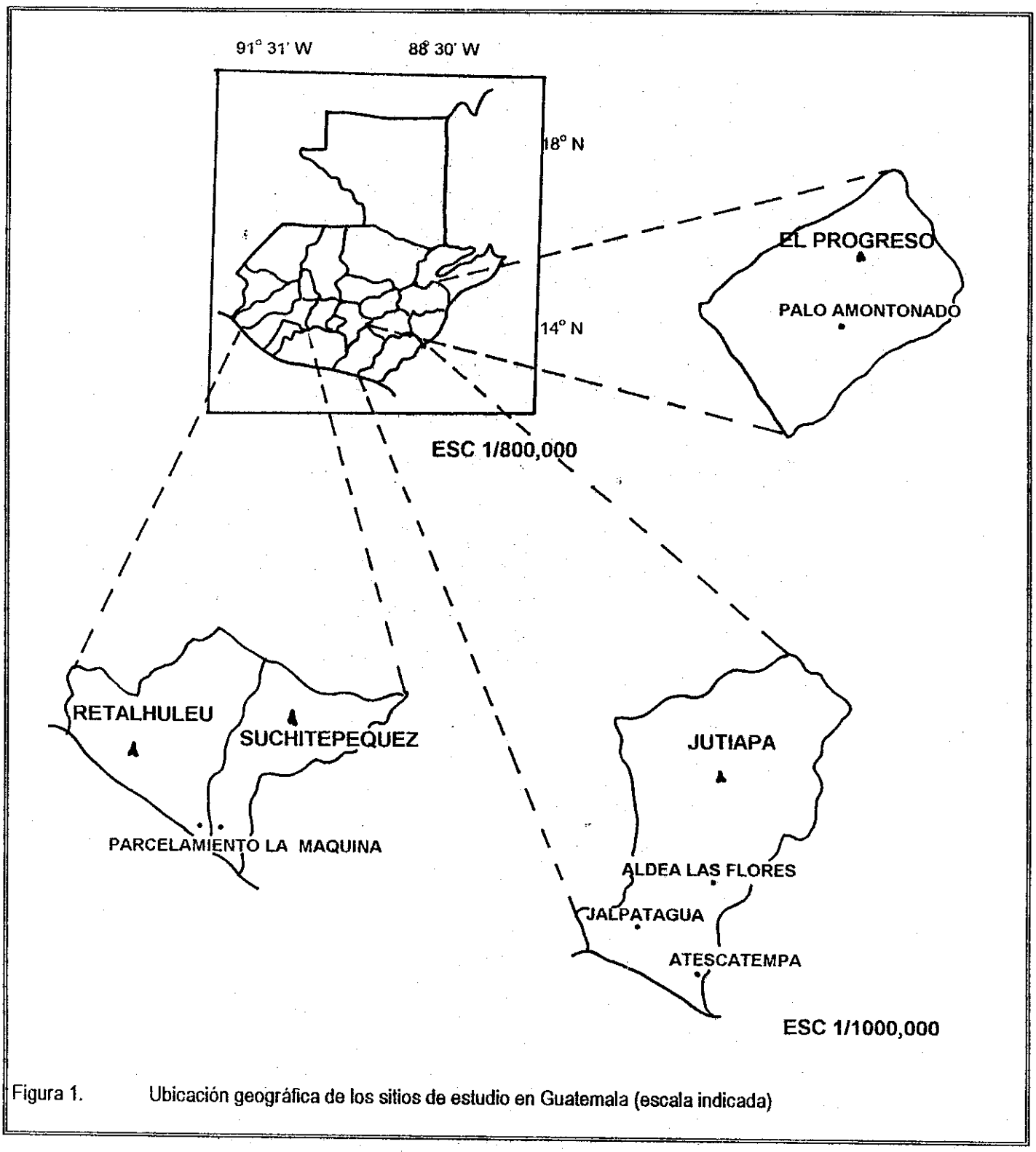

Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio en Guatemala (escala indicada)

3.2.5 Estudios relacionados con la calidad y los factores ambientales de sitio

A continuación se presenta una síntesis de metodologías empleadas por diferentes autores que han estudiado a través de años la influencia de los factores de sitio sobre el crecimiento de una especie arbórea, proponiendo cada vez, nuevas evaluaciones para definir un sitio sin diferenciar entre métodos indirectos o directos como convencionalmente se han propuesto.

Hocker (11), cita que Choate en 1961, encontró la forma de estimar la calidad de una localización para abeto Douglas por medio de fotografías aéreas. La conclusión más importante del estudio fue que las localizaciones más pobres se encuentran asociadas con las formas convexas del terreno, las mejores con las formas cóncavas, mientras que las pendientes rectas son intermedias.

En 1963, *Ralston* (24) publicó una Evaluación de la Productividad de los Sitios Forestales en la que agrupó a los Factores de la siguiente manera:

Factores Biológicos:

A. Variaciones genéticas
B. Densidad
C. Competencia de otra vegetación
D. Insectos y Enfermedades

Factores Físicos del Sitio:

A. Variables Meteorológicas
B. Variables Topográficas
C. Variables edáficas

El autor destaca que "aunque el crecimento de los árboles está condicionado por su herencia y otros factores bióticos, es evidente que el ambiente influye y es más fácil de comprobarlo y observarlo y para que los factores climáticos se puedan entender mejor es necesaria una correlación multivariada de estos y el crecimento del árbol, así de esta manera se estaría

determinando de forma indirecta la calidad de sitio".

En 1966, *Kadambi* (13), indica que "es necesario estudiar los factores que afectan a la producción de madera tales como el suelo y el factor clima". Dentro de su estudio, explica la influencia de factores de crecimiento y formación de madera tales como:

A. Radiación solar
B. Temperatura
C. Aire
D. Agua
E. Suelo

Luego de estudiar todos los factores que afectan al crecimiento, Kadambi (13), procedió a determinar un **índice de productividad**. El índice se vio influenciado por los factores climáticos y del suelo, cuando llueve mucho, se impide la transpiración, la aireación del suelo, se mantiene un imperfecto drenaje lo cual influye en la actividad fisiológica de un árbol.

Shrivasta et al en 1,978(30), determinó que "de todos los factores ambientales, el factor suelo es el principal, debido a que expresa mayor relación con el crecimiento de los árboles", el autor utilizó como metodología a la toma de muestras de suelo en plantaciones de **Fresno** Fraccsinus sp a diferentes altitudes (en msnm) y diferentes isoyetas cerca de las costas de Alemania. A las muestras de suelo se les realizó todos los análisis respectivos, también se tomaron muestras de Fresno y se le analizaron los contenidos de nutrimentos. Se construyeron parámetros para los factores de sitio, siendo los siguientes:

1. Parámetro Climático.
2. Parámetro Topográfico.
3. Parámetro Tipos de Humus.
4. Parámetro Morfológico.
5. Parámetro Cantidad de agua almacenada.
6. Parámetro Análisis de cortes de Fresno.
7. Parámetro Análisis químico del suelo.

"Estos parámetros se consideraron por ser fáciles de reconocer, de medir y mapear por métodos comunes. En el procedimiento estadístico se correlacionaron los **factores de sitio** y su

máximo crecimiento utilizando un análisis de regresión múltiple. De la correlación se redujo la cantidad de parámetros, eliminando el análisis químico del Fresno debido a que no presentó significancia. El factor mas importante en la influencia del índice de sitio fue la disponibilidad de agua, y dentro de este están ligados todas las características del suelo ya que la disponibilidad de agua está en función de dichas características. La segunda influencia o factor, es el parámetro de contenido de humus, el tercer factor es el microclima constituido por la topografía y los periodos de lluvia y por último el factor aireación del suelo"(29).

Brown et al (1,978)(3), indican que "por medio de los métodos de determinación de índices de sitio que normalmente se emplean, solo son utilizados cuando un bosque está en pie y a partir de este se pueden estimar tablas de volumen, pero cuando no existe bosque en pie, estos métodos no funcionan y el volumen total que se estime puede no ser el predicho por efectos de la influencia de factores del sitio no tomados en cuenta".

El área de estudio para demostrar lo anterior fue en Idaho EUA, con especies de Abies sp, Tsuga sp, Thuja sp, Larix sp, Pinus sp y Picea sp. En los sitios de estudio, se hicieron calicátas, de las cuales se obtuvieron todos los análisis edáficos. Las características del suelo y topografía se utilizaron para explicar la variación del índice de sitio, altura y volumen.

Se obtuvieron regresiones entre las **variables edáficas y topográficas** y el **índice de sitio**, donde 9 características de suelo y topografía fueron usadas para explicar el 70% de variación. Todas las correlaciones del suelo (8 de 9) fueron positivas y la topográfica (elevación en psnm) resultó negativa. La regresión con **la altura** fue afectada por 6 variables edáficas en un 94% donde las condiciones físicas del suelo explican un poco, y el resto son las cenizas volcánicas y sus características físicas y químicas. En ésta regresión las variables topográficas no tienen explicación efectiva en la variación de la altura.

El volumen total en su regresión utilizó la edad además de los factores del suelo y la

topografía y de hecho el 44% de explicación fueron de las variables que se estudian y 42% corresponde a la edad. Del 44% de explicación, el contenido de piedra ocupó el 18%, las características químicas del suelo 17% y las variables topográficas un 9%.

Según *Schönau et al* (1,987)(27), "su preocupación principal radica en la incorporación de especies exóticas para uso comercial y estas deben utilizar parámetros nativos de estas que muchas veces no se adaptan a los nuevos sitios de crecimiento, quizá un factor sea similar a un factor que condiciona el buen crecimiento de una especie, pero el resto no, por lo tanto el fracaso de la plantación será prominente". Los autores entonces proponen una forma no convencional de evaluar **la calidad de sitio** para especies exóticas como eucaliptos y acacias en áreas de suráfrica. Utilizaron 11 especies de eucalipto y una especie de acacia que tienen como caracteristicas que se adaptan a temperaturas ambientales bajas. La idea fundamental fue demostrar que la temperatura, la altitud y las condiciones climáticas (épocas del año) como factores del sitio son fundamentales en la relación de la calidad de sitio y demostrar que los métodos convencionales para determinar la calidad de sitio son inapropiados; la sobrevivencia de especies exóticas también depende de la calidad de sitio, por lo tanto los autores indican que es necesario por lo menos para especies exóticas, determinar adecuadamente los factores ambientales que afecten a una plantación de árboles, antes de sugerir los diferentes usos de las especies. En este caso, las condiciones de temperatura, provocaron en la mayoría de las especies que su resistencia a enfermedades y ataque de insectos se vea disminuida. De todos los eucaliptos, 3 fueron considerados como resistentes a condiciones heladas del ambiente y ataque de enfermedades. De todas las especies estudiadas, la acacia fue la que mostró su favorable resistencia a soportar condiciones infavorables del clima y ataques severos de diferentes pestes.

Arteaga publicó en 1,988(2) un estudio en el que utilizó como factores a la **pedregocidad**

Arteaga publicó en 1,988(2) un estudio en el que utilizó como factores a la **pedregocidad** (cantidad de piedras alrededor del árbol dentro de un área de 1m², **profundidad del horizonte A_1, superficie en la pendiente** (ubicación del sitio en llano, loma, ladera cóncava o convexa), **exposición** (orientación del sitio respecto a los rumbos magnéticos), **pendiente** (inclinación), **altitud** (altura en msnm) y **precipitación pluvial**. Luego analizó el grado de asociación entre el **índice de sitio** con edad base de 35 años y cada una de las variables a través del coeficiente de correlación. En los resultados, la relación conjunta de los factores del sitio con el índice de sitio para Pinus patula, se estudió por medio del análisis de regresión múltiple, considerándose en el modelo general a todos los factores medidos. Los factores más importantes en orden fueron Pendiente, Profundidad radical (horizonte A), posición de la pendiente, exposición, interacción exposición-pendiente, Pp, altitud y pedregocidad del terreno.

Campos (1,989)(4), realizó un análisis de productividad para tres especies de uso múltiple en Centroamérica. Entre ellas analizó al Eucalyptus camaldulensis, a través del análisis de edad-altura determinó las curvas de Indice de Sitio para dicha especie, luego Campos procedió a determinar qué factores de sitio eran los más influyentes en el índice de sitio, para ello procedió a crear una matriz con todos los factores y utilizó el método multivariado de Componentes Principales generando un modelo de predicción, donde la **Precipitación, pendiente, superficie topográfica, pedregosidad y contenido de Calcio y Potasio**, fueron los principales factores que influyen en el índice de sitio para dicha especie arbórea.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General:

Estudiar el crecimiento de camaldulensis (Eucalyptus camaldulensis Dehnh) y determinar la calidad de sitio en base a factores ambientales de sitio característicos de 4 Departamentos de Guatemala.

4.2 Objetivos Específicos:

Estudiar el crecimiento de Eucalyptus camaldulensis por índice de sitio y para cada localidad, con base en la altura y la edad de los árboles.

Determinar la calidad de sitio de cada localidad, e identificar los factores del sitio que influyen en el crecimiento de Eucalyptus camaldulensis.

Establecer que sitio es el más adecuado de las 4 localidades para el crecimiento de Eucalyptus camaldulensis en Guatemala.

5. METODOLOGIA

5.1 Análisis de Crecimiento e Incremento en Eucalyptus camaldulensis

5.1.1 Determinación de Indices de sitio

Con el objeto de llevar un orden adecuado en el análisis de crecimiento e incremento en Camaldulensis fue necesario recurrir a la determinación de Indices de Sitio para homogeneizar el estudio de las localidades donde crece dicha especie. Para estimar el índice de sitio se procedió a utilizar datos de altura[3]-edad de los sitios correspondientes para cada localidad y se utilizaron en las curvas de índices de sitio que previamente fueron generadas por Campos (4) para la especie en cuestión. Luego se procedió a agrupar los datos de altura de las localidades por similares índices de sitio para estudiar el crecimiento de camaldulensis en una forma mas homogénea.

5.1.2 Determinación del Crecimiento e Incremento por Indice de Sitio

A. Crecimiento

Para analizar el crecimiento de la especie, se utilizó la información de mediciones recopiladas a partir de 1987 de las parcelas de crecimiento. El resumen de la información recopilada se encuentra en archivos de la institución Madeleña-DIGEBOS, que incluye los datos altura total, edad, DAP, estado fitosanitario, y porcentaje de sobrevivencia. De acuerdo con los fines de la investigación, los datos que se utilizaron para estudiar específicamente el crecimiento fueron los de altura total ya que se les consideró como los registros más representativos y completos dentro de las carpetas.

---

3 Resumen de información del ProyectoMadeleña - DIGEBOS - CATIE

Después de agrupar las localidades por índices de sitio, los datos fueron procesados para determinar funciones de crecimiento, utilizando como herramienta de análisis el programa Stadistical Analisys Sistem (SAS) y específicamente dentro del programa de regresiones lineales (ver apéndice 3). El paquete analizó todos los modelos de regresión posibles para luego determinar cual de éstos eran los más apropiados para cada localidad. El criterio para seleccionar los modelos se hizo en base a los estimadores estadísticos, tales como el coeficiente de variación (cv), cuadrado medio del error (cme) y coeficiente de determinación (r^2). El criterio de análisis para los dos primeros estimadores fue aceptando sus mínimas expresiones, mientras que para el coeficiente de determinación se tomaron los valores máximos. Luego en cada modelo seleccionado se sustituyeron la variable edad con los datos de edad de cada árbol para comparar los valores de altura determinados y los obtenidos originalmente en las mediciones.

B. **Incremento**

De los resultados de crecimiento obtenidos se procedió a determinar el incremento medio anual (IMA) y el incremento corriente anual (ICA) en altura para **Eucalyptus camaldulensis**. El análisis del incremento se realizó a través de las curvas generadas en cada localidad agrupadas en similar índice de sitio.

5.1.3 Crecimiento e Incremento por Localidad

A. **Crecimiento e Incremento**

Este análisis se realizó solo para la localidad que hubiese sido agrupada en varios índices de sitio diferentes, si este fuera el caso entonces se procedió a analizar las posibles diferencias en crecimiento e incremento en función de los modelos generados anteriormente.

5.2 Calidad de Sitio

5.2.1 Determinación de la calidad de sitio en función de los factores de sitio

A. Factores de Sitio

Para la decisión de qué factores de sitio considerar en el estudio, se utilizó como punto de partida los análisis realizados por Campos (1,989)(4) y Cannon (1,984)(5), estos estudios orientaron el sentido de la investigación hacia el análisis de factores que fueran fáciles de identificar y comprender por parte de las personas relacionadas con el aprovechamiento de **Eucalyptus camaldulensis.**

A continuación se presenta la descripción de los factores de sitio que se midieron en el estudio:

Profundidad radical, se consideró como factor de sitio y se cuantificó realizando un corte en profundidad, estos cortes fueron al azar dentro de cada parcela de muestreo, para medir la profundidad de las raíces, de acuerdo con Cannon (5) la profundidad radical menor a 30 cm, provoca efectos considerables en el crecimiento de Eucalyptus camaldulensis.

Exposición al viento, fue otro factor que se consideró ya que existen claras diferencias de este factor en todos los sitios evaluados.

Otros factores que se tomaron en cuenta porque presentan variaciones considerables en los sitios estudiados fueron: **Precipitación pluvial, pendiente del terreno, pedregosidad y superficie del paisaje.** Este último factor se tomó en cuenta para el crecimiento contra los efectos erosivos y/o los problemas de drenaje de los suelos de los sitios estudiados.

La textura del suelo fue otro factor que se tomó en cuenta ya que Campos (4) sugiere que la textura del suelo es un factor determinante en el crecimiento de esta especie.

B. **Calidad de Sitio**

En el Cuadro 7 se incluyen los factores de sitio a los cuales se les asignó una codificación con valores de 0 hasta 5 en algunos casos (5), de tal forma que la sumatoria total (máximo valor que puede obtenerse) de estos valores represente su máxima calidad, en otras palabras, el valor máximo teórico obtenido en altura, a partir de los valores de las curvas de índice de sitio para la especie en estudio. (12).

En cada sitio se estimó el valor para cada uno de los factores, luego se sumó el puntaje de los factores para obtener un valor total que se evaluó como lo indica el Cuadro 8. El cuadro fue modificado del original para aplicarlo en este estudio a sugerencia del mismo autor.

Cuadro 7. Sistema de evaluación de sitio para el crecimiento de **Eucalyptus camaldulensis**

PENDIENTE %	VALOR	PRECIPITACION ANUAL mm	VALOR
0<pendiente<29	2	1200<Pp	3
29<pendiente<49	1	800<Pp<1200	2
49<pendiente	0	450<Pp<800	1
		Pp<450	0

SUPERFICIE	VALOR	PEDREGOCIDAD	VALOR
cóncava	2	0<PIEDRA<45	2
homogénea	1	45<PIEDRA<60	1
convexa	0	60<PIEDRA<100	0

PROFUNDIDAD RAICES cm	VALOR	EXPO. VIENTO	VALOR
70<profundidad<100	4	sin influencia	2
50<profundidad<70	3	media influencia	1
35<profundidad<50	2	fuerte influencia	0
20<profundidad<35	1		
profundidad<20	0		

TEXTURA	VALOR
gruesa	2
media	1
fina	0

FUENTE: Cannon (3)

Cuadro 8. Clasificación de la calidad del sitio de acuerdo al valor total obtenido.

VALOR TOTAL	*CALIDAD DE SITIO*
13 - 17	SITIO EXCELENTE
11 - 12	BUEN SITIO
9 - 10	SITIO MARGINAL
<8	SITIO INADECUADO

Fuente: Cannon (5).

5.2.2 **Análisis de la relación factores de sitio con la calidad de sitio y el crecimiento.**

Los resultados de calidad de sitio y crecimiento se utilizaron para analizar los efectos que los factores ambientales de sitio tienen sobre las anteriores variables, para las cuales se formaron los grupos de variables dependientes conformado por los resultados de altura total de cada año registrado y la calidad de sitio obtenida a partir de la sumatoria de todas las variables registradas en la de evaluación de calidad de sitio (Cuadros 7 y 8). Todos los grupos fueron sometidos a un análisis estadístico de tipo multivariado, este análisis es el conocido como correlación canónica, que analiza grupos de variables y sus respectivas influencias entre grupos, que, a partir de las varianzas se puede conocer que variables tienen mayor influencia sobre el crecimiento de camaldulensis. Este tipo de correlación se corrió dentro del programa "cancorr" de SAS (Stadistical Analisys Sistem).

La correlación canónica desarrolla un mínimo de correlaciones entre los grupos a partir del mínimo número de variables que tenga cualquiera de los grupos, por ejemplo, los dos grupos de variables que se tomaron para el análisis de la calidad de sitio de **Eucalyptus camaldulensis** fueron los correspondientes a factores de sitio (variables de sitio) y el otro que agrupó a los distintos crecimientos registrados y la calidad de sitio determinada (variables de crecimiento).

Walker (33) sugiere que el orden para analizar los resultados de una correlación canónica está en función de la correlación con mayor varianza, en este caso, se construyeron cuadros para el orden de análisis, los cuales presentan las correlaciones entre variables originales y sus respectivas variables canónicas

Las variables canónicas son coeficientes que resultan de la correlación entre las variables de los grupos originales que se estudian, para este caso, corresponden a las variables de Sitio y las variables de Crecimiento. Las variables canónicas resultantes, indican la influencia del grupo de variables de Sitio sobre el grupo de variables de Crecimiento y viceversa. Por lo tanto, las variables canónicas son coeficientes que representan la intersección entre dos conjuntos de variables y por su información les permite estadísticamente, regresar a sus orígenes para ser correlacionadas con las respectivas variables originales de cada grupo. El resultado de las correlaciones entre variables originales y sus respectivas variables canónicas es la Correlación Canónica. Para el caso en estudio se obtuvieron 6 correlaciones canónicas en el primer análisis y la información esencial se obtuvo en las primeras tres correlaciones a partir de la obtención de máximas varianzas. Las correlaciones canónicas que tienen efecto dentro del estudio se resumieron en cuadros de información para compararles entre sí ya que representan a los grupos de variables; después de esta comparación, se culminó la interpretación representando a las variables de influencia de ambos grupos dentro de figuras que representaron sus relaciones.

5.2.3 Análisis de la relación factores de sitio y los índices de sitio de las localidades estudiadas.

Tomando en cuenta el procedimiento para el análisis de los factores de sitio con la calidad de sitio y el crecimento, se procedió de igual forma para el análisis de los índices de sitio. Se formó un grupo con los índices de sitio determinados para las localidades estudiadas y se analizó la influencia de los factores de sitio sobre los mismos.

Para este caso, el número de correlaciones canónicas fue igual a 1 ya que el grupo de índice de sitio consta de una variable.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Análisis del Crecimiento e Incremento en Eucalyptus camaldulensis

6.1.1 Determinación de Indice de Sitio para Eucalyptus camaldulensis

En el Cuadro 9, se presentan los índices de sitio para cada localidad. Puede observarse que, para el caso de la localidad de El Progreso únicamente se encontró un índice de sitio; mientras que para las localidades de Retalhuleu, Suchitepéquez y Jutiapa se encontraron dos índices de sitio.

Cuadro 9. Indices de sitio determinados para cada Localidad.

LOCALIDAD	INDICES DE SITIO
RETALHULEU	IS 7 IS 4
SUCHITEPEQUEZ	IS 7 IS 4
JUTIAPA	IS 4 IS 3
EL PROGRESO	IS 4

6.1.2 Crecimiento e incremento de Eucalyptus camaldulensis por Indice de Sitio

A. Crecimiento

En el Cuadro 10, se presentan los modelos de crecimiento por índice de sitio para cada localidad. Puede observarse que para cada uno de los índices de sitio, el modelo matemático que se ajustó fue el cuadrático; considerando para el efecto sus diferentes estimadores; es decir coeficientes de determinación (r^2) altos (que varían entre 0.913 a 0.982) lo cual indica que la mayor variabilidad de los datos es explicada por el modelo. Además, se tienen coeficientes de variación (cv) y cuadrado medio del error (cme) bajos lo que indica un adecuado ajuste.

Cuadro 10. Modelos de crecimiento en **Eucalyptus camaldulensis** para cada localidad agrupados dentro del Indice de Sitio 7.

INDICE DE SITIO 7

Localidad Retalhuleu (R)

h = -0.4585 edad^2 + 5.2283 edad; r^2 = 0.955; cv % = 10.31; cme = 0.61

Localidad Suchitepéquez (S)

h = -0.4823 edad^2 + 5.5469 edad; r^2 = 0.915; cv % = 15.82; cme = 1.49

INDICE DE SITIO 4

Localidad Retalhuleu (R)

h = -0.2577 edad^2 + 3.3627 edad; r^2 = 0.982; cv % = 14.14; cme = 1.20

Localidad Suchitepéquez (S)

h = -0.2010 edad^2 + 2.9907 edad; r^2 = 0.979; cv % = 16.68; cme = 1.79

Localidad Jutiapa (J)

h = -0.2051 edad^2 + 3.1560 edad; r^2 = 0.936; cv % = 32.99; cme = 1.45

Localidad El Progreso (P)

h = -0.1615 edad^2 + 2.6281 edad; r^2 = 0.949; cv % = 29.05; cme = 0.87

INDICE DE SITIO 3

Localidad Jutiapa (J)

h = -0.1067 edad^2 + 1.8002 edad; r^2 = 0.913; cv % = 37.78; cme = 1.98

observación: h = altura (m) ; edad (años)

En la Figura 2, se puede observar la tendencia general del crecimento en altura en diferentes localidades para el índice de sitio 7. Como se puede apreciar, aunque existe una ligera variación en cuanto al crecimento; es importante resaltar que la tendencia de las curvas es muy similar para cada localidad, lo cual refuerza o ratifica que el índice de sitio es un buen indicador de la capacidad productiva de un área en particular.

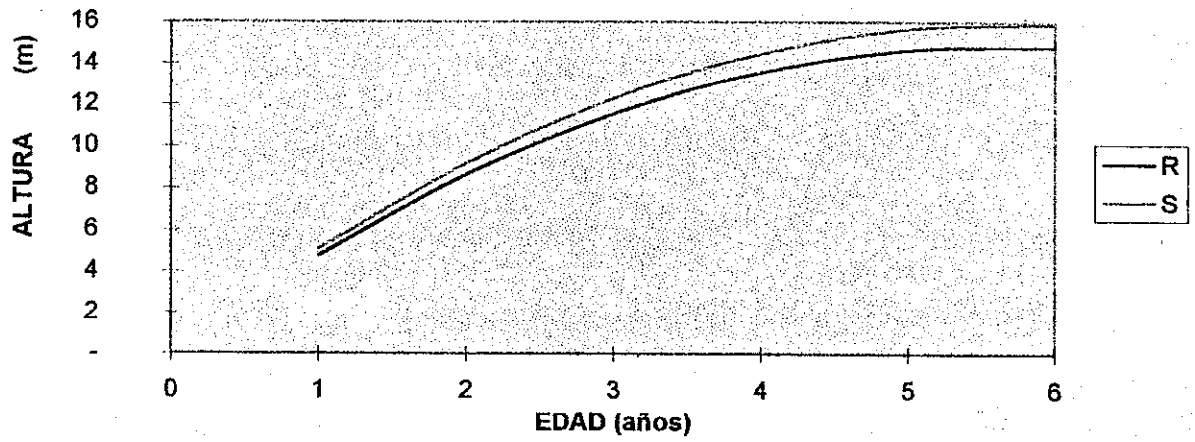

Figura 2. Crecimiento de Eucalyptus camaldulensis para las localidades de Retalhuleu (R) y Suchitepéquez (S) agrupadas en el índice de sitio 7.

Similar comportamiento presentan las curvas de crecimiento para el índice de sitio 4, en el cual se agrupan todas las localidades estudiadas. Como se aprecia en Figura 3 existen diferencias de los crecimientos entre localidades, pero que no se consideran significativas.

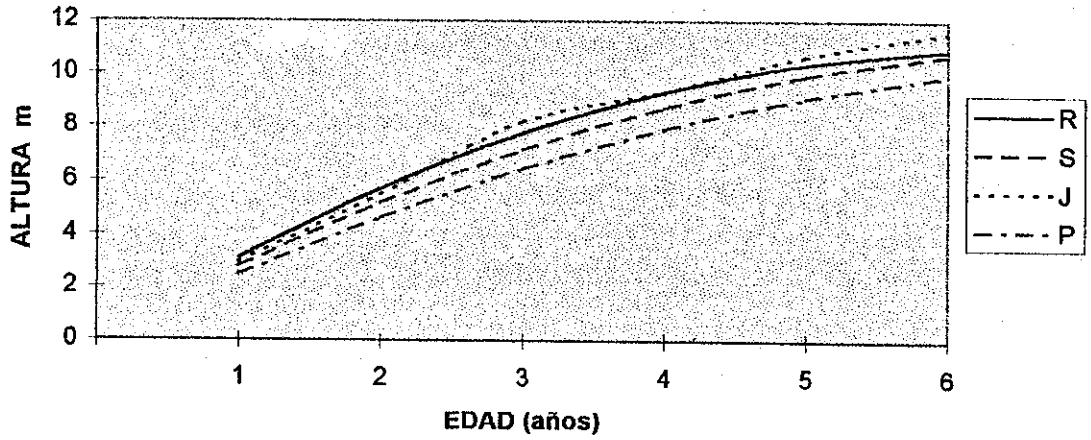

Figura 3. Crecimiento de Eucalyptus camaldulensis para las localidades agrupadas en el índice de sitio 4 R (Retalhuleu); S (Suchitepequez); J (Jutiapa); P (El Progreso).

B. Incremento

En el Cuadro 11 se presenta el incremento medio anual (IMA) y el incremento corriente anual (ICA) para las localidades de Retalhuleu y Suchitepéquez agrupados en el índice de sitio 7. Se puede apreciar que existen ligeros o pequeñas diferencias entre el ICA de cada una de las localidades. En términos generales el ICA disminuye al aumentar la edad; mientras que el IMA tiene una tendencia diferente, aumenta en los primeros 2 a 3 años; y posteriormente tiene a disminuir.

Cuadro 11. Crecimiento, Incremento Corriente Anual (m/año) e Incremento Medio Anual (m/año) para las localidades de Retalhuleu y Suchitepéquez agrupadas dentro del Indice de Sitio 7.

	INDICE DE SITIO 7					
	CREC. POR LOCALIDAD		ICA POR LOCALIDAD		IMA POR LOCALIDAD	
EDAD (años)	*REU*	*SUCHI*	*REU*	*SUCHI*	*REU*	*SUCHI*
0	-	-	-	-	-	-
1	4.77	5.06	5.45	5.13	1.53	2.30
2	8.62	9.16	5.32	4.80	2.73	3.03
3	11.56	12.30	4.20	3.75	3.00	2.98
4	13.58	14.47	3.56	2.87	2.74	2.62
5	14.68	15.68	1.90	1.54	1.90	2.23
6	14.86	15.92	0.88	0.67	1.16	1.88

En la Figura 4, se puede apreciar que los mejores IMA se obtuvieron entre el segundo año y cuarto año de plantación. En cuanto al comportamiento marginal de los incrementos (ICA) ambas localidades presentan una disminución constante con forme el pasar de los años. En forma general, esta información de incrementos podría servir de base para la planificación de actividades silviculturales así como para la determinación de la edad de turno en función de los objetivos y los productos de la plantación.

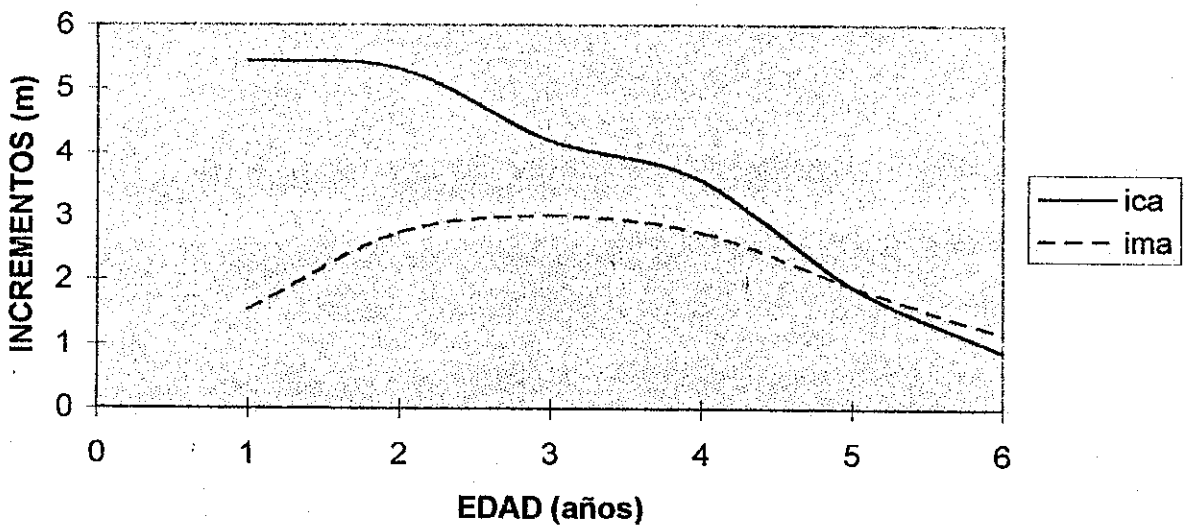

Figura 4. Incrementos Medios y Corrientes Anuales para la localidad de Retalhuleu agrupada en el índice de sitio 7.

En la Figura 5 se observa el comportamiento de los incrementos para la localidad de Suchitepéquez agrupada en el índice de sitio siete. El mejor incremento medio anual (IMA), inicia en el segundo año y como se puede apreciar en el resto de los años de crecimiento, los incrementos disminuyen, pero la variación con el máximo incremento es mínima.

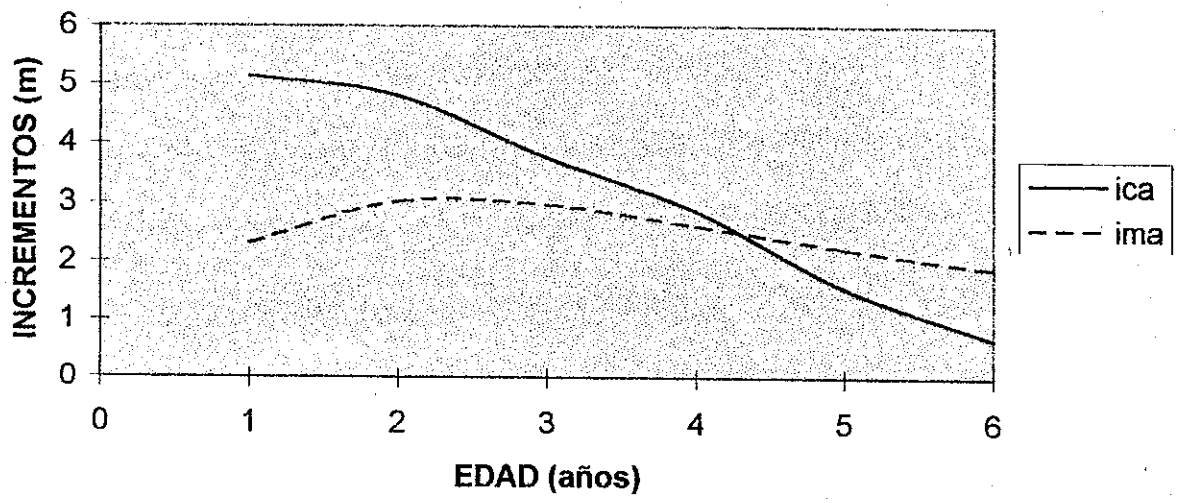

Figura 5. Incrementos Medios y Corrientes Anuales para la localidad de Suchitepéquez, agrupada en el Indice de Sitio 7.

El Cuadro 12 presenta el crecimiento e incremento para el índice de sitio 4 donde se encuentran agrupadas las cuatro localidades en estudio. Al igual que para el índice de sitio 7 el IMA e ICA varían entre localidades debido a las variaciones del crecimiento. En forma general el ICA disminuye con forme avanza la edad de crecimiento, mientras que el IMA tiende a aumentar en los primeros años de plantación alcanzando el máximo incremento en el segundo año para luego descender en los últimos años analizados.

Cuadro 12. Predicción del Crecimiento, Incremento Corriente Anual (m/año) e Incremento Medio Anual (m/año) para las localidades de Retalhuleu, Suchitepéquez, Jutiapa y El Progreso agrupadas dentro del Indice de Sitio 4.

	INDICE DE SITIO 4											
	CREC. POR LOCALIDAD				ICA'S POR LOCALIDAD				IMA'S POR LOCALIDAD			
EDAD (años)	*REU*	*SUCHI*	*JUT*	*PRO*	*REU*	*SUCHI*	*JUT*	*PRO*	*REU*	*SUCHI*	*JUT*	*PRO*
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	3.105	2.709	2.950	2.466	4.003	3.825	3.721	2.553	1.032	1.500	1.468	1.266
2	5.694	5.181	5.491	4.609	3.754	3.258	3.243	2.233	1.963	2.302	2.475	1.750
3	7.768	7.172	7.622	6.430	2.632	2.831	2.915	1.652	2.301	2.012	2.433	1.466
4	9.327	8.762	9.342	7.927	1.673	2.107	2.575	1.125	1.718	1.803	2.012	1.133
5	10.371	9.953	10.65	9.100	1.032	0.792	1.268	0.673	0.972	0.963	1.235	0.803
6	10.899	10.74	11.55	9.950	0.563	0.501	0.526	0.235	0.325	0.284	0.332	0.299

Como se puede apreciar en la Figura 6, los incrementos medios anuales (IMA) máximos para la localidad de Jutiapa se encuentran entre el segundo año y cuarto de plantación. A nivel general estos incrementos son máximos para las localidades agrupadas en el índice de sitio cuatro.

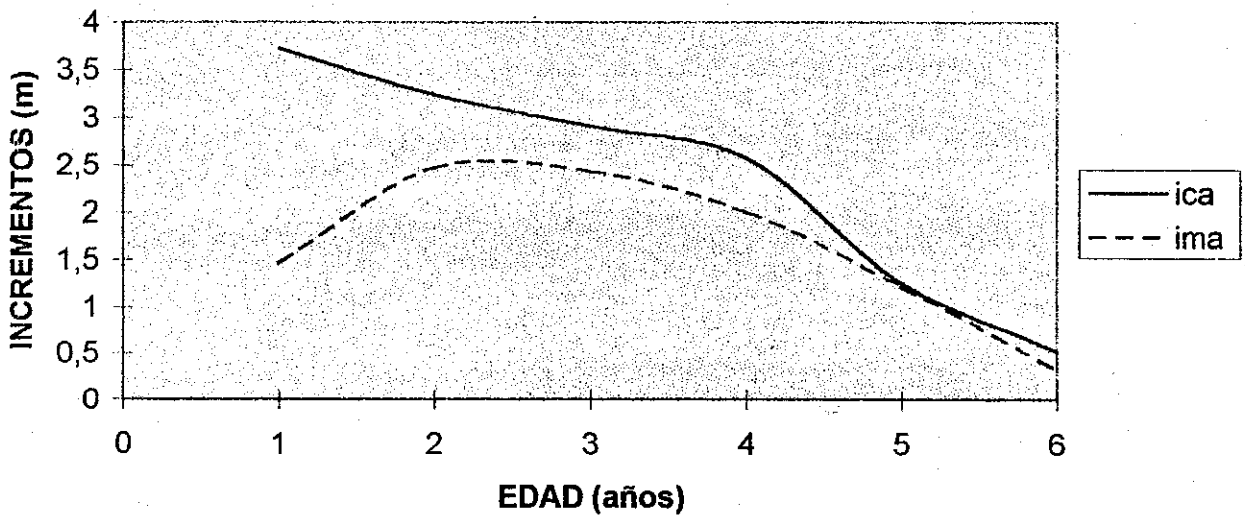

Figura 6. Incrementos Medios y Corrientes Anuales para la localidad de Jutiapa agrupada en el Indice de Sitio 4.

Para la localidad de Retalhuleu los cambios diferenciales en incrementos (ICA) se comportan mejor que en las otras localidades agrupadas, caracterizando a esta localidad como localidad típica de crecimiento para Eucalyptus camaldulensis dentro del índice de sitio cuatro. En la Figura 7 se presenta en forma gráfica los incrementos para la localidad de Retalhuleu en el índice de sitio 4 donde se puede apreciar que los IMA máximos se encuentran entre el segundo y cuarto año de plantación.

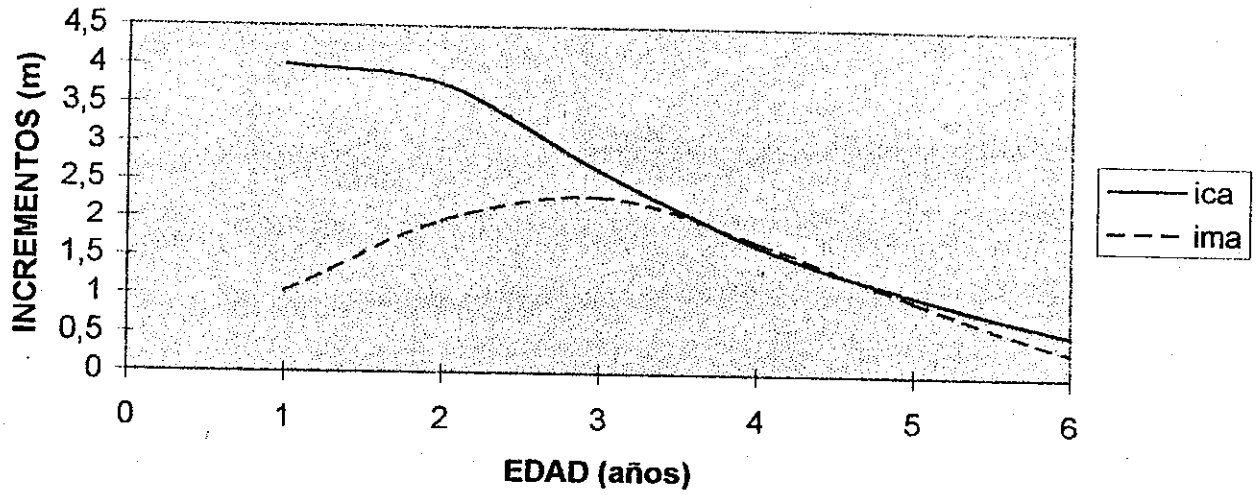

Figura 7.Incrementos Medios y Corrientes Anuales para la localidad de Retalhuleu, agrupada en el Indice de Sitio 4.

Para el caso de la localidad de Suchitepéquez en el índice de sitio 4, la Figura 8 presenta el comportamiento de los ICA e IMA de dicha localidad, como se puede observar el máximo IMA se encuentra entre el segundo y tercer año de plantación, luego disminuye.

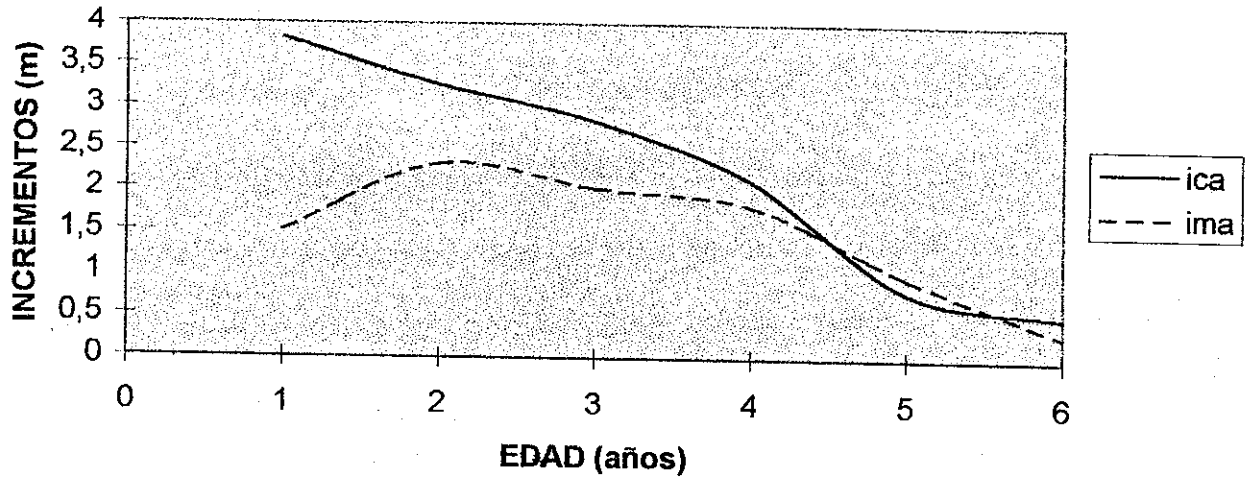

Figura 8.Incrementos Medios y Corrientes Anuales para la localidad de Suchitepéquez, agrupada en el Indice de Sitio 4.

La localidad de El Progreso tiene su máximo IMA en el segundo año de plantación (Figura 9), luego disminuye en forma inversamente proporcional a la edad de la plantación.

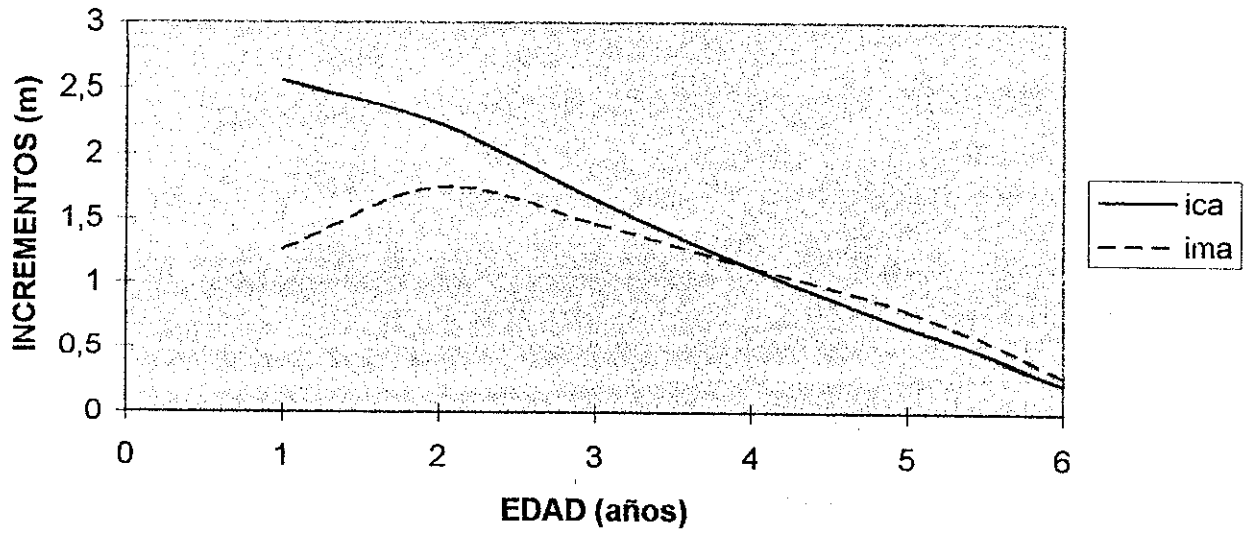

Figura 9.Incrementos Medios y Corrientes Anuales para la localidad de El Progreso, agrupada en el Indice de Sitio 4.

En forma general, agrupar las localidades por índice de sitio permite identificar la tendencia de los modelos y los incrementos para demostrar que el índice de sitio es un buen indicador de la productividad del mismo, independientemente de las características ambientales de ese sitio.

Sin embargo, como se dijo en el análisis de crecimiento en localidades con índices de sitio 4 y como se verá en análisis posteriores, el factor ambiental que influye en el índice de sitio en forma general es la precipitación pluvial, comparado este factor con la agrupación de los crecimientos de las localidades por índice de sitio, se puede determinar que el crecimiento e incrementos a nivel de **extra-localidad** dependen de la precipitación pluvial, esto quiere decir que las localidades que registren mayores tasas anuales de precipitación garantizan el mejor desarrollo de Eucalyptus camaldulensis.

6.1.3 Crecimiento e Incrementos de Eucalyptus camaldulensis por Localidad

El análisis de crecimiento e incremento por índices de sitio permitió observar que para un mismo índice de sitio el crecimiento e incremento de **Eucalyptus camaldulensis** presenta un comportamiento similar independientemente del área o localidad, lo cual permite reafirmar que el índice de sitio puede ser utilizado como herramienta para ubicar áreas de similar productividad.

Para el caso del análisis por localidad, se puede apreciar claramente las diferencias de crecimiento existentes dentro de cada localidad cuando existen dos o más Indices de Sitio. A continuación se presenta el análisis de crecimiento e incrementos por cada localidad para **Eucalyptus camaldulensis.**

A. Localidad de Suchitepéquez

Los índices de sitio encontrados en esta localidad (IS 7 e IS 4); presentan diferencias en crecimiento tal y como se puede observar en la Figura 10. Al comparar el crecimiento a una misma edad puede observarse las diferencias existentes, por ejemplo, para una edad de 6 años existe una diferencia de 5.18 m. de altura entre índices de sitio.

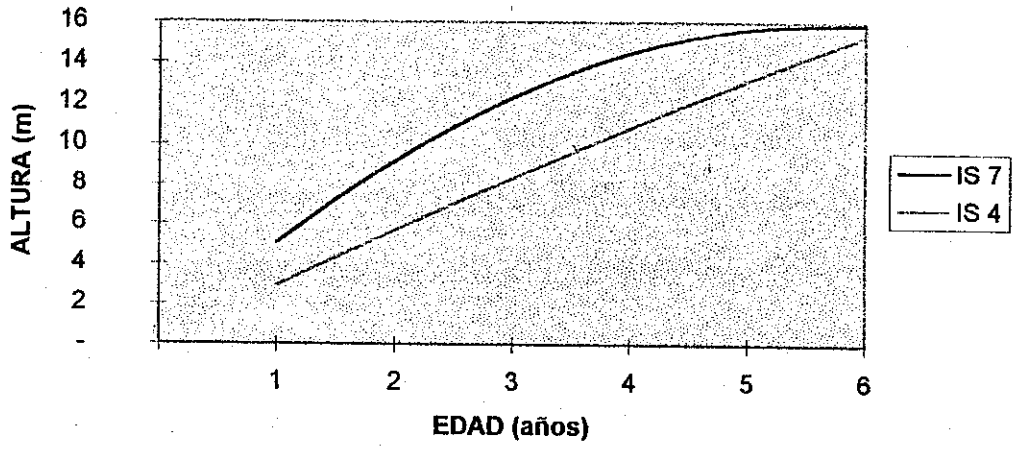

Figura 10. Crecimiento de Eucalyptus camaldulensis en la localidad de Suchitepéquez con diferentes índices de sitio.

Los incrementos en la localidad de Suchitepéquez también presentan evidentes diferencias, los cambios marginales del incremento (ICA) son mejores en el índice de sitio 7. Sin embargo, al sexto año de crecimento la diferencia de los ICA es mínima. Esto quiere decir que es necesario darle énfasis a los tratamientos silviculturales en la localidad para que las diferencias de ICA e IMA sean proporcionales a la calidad de sitio.

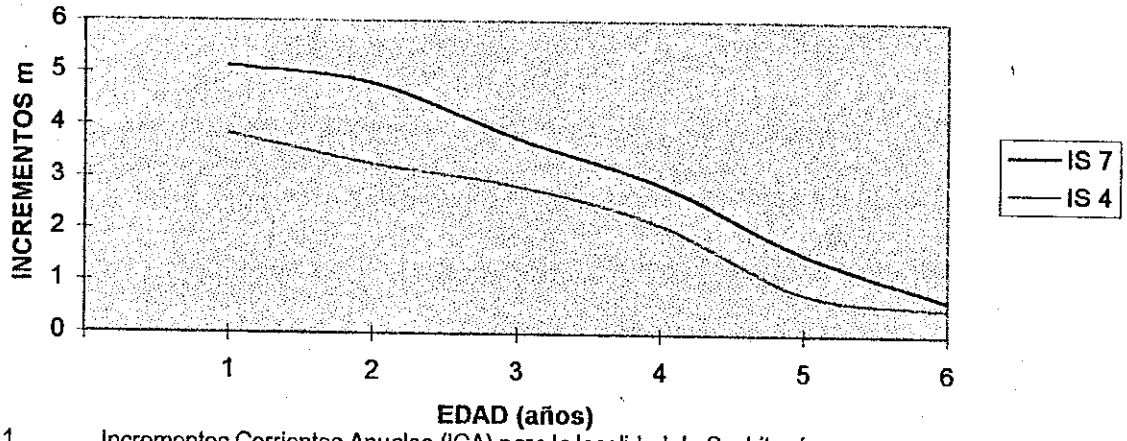

Figura 11. Incrementos Corrientes Anuales (ICA) para la localidad de Suchitepéquez

En la Figura 12 se observan los incrementos medios anuales (IMA) de cada índice de sitio encontrado para la localidad de Suchitepéquez, como se aprecia existe una diferencia clara entre cada IMA. Ambos IMA coinciden en que sus máximos incrementos son cuando Camaldulensis tiene una edad entre dos y tres años de edad, sin embargo el IMA para el índice de sitio 7 disminuye poco a poco manteniendo altos incrementos medios con forme la edad avanza, mientras que para el índice de sitio 4 su máximo incremento comienza a disminuir sensiblemente hasta alcanzar incrementos cercanos a cero cuando la edad es de 6 años. Este comportamiento puede servir de referencia para la planificación de tratamientos silviculturales a una plantación; siempre y cuando se contemplen otros factores como densidad inicial y productos a obtener.

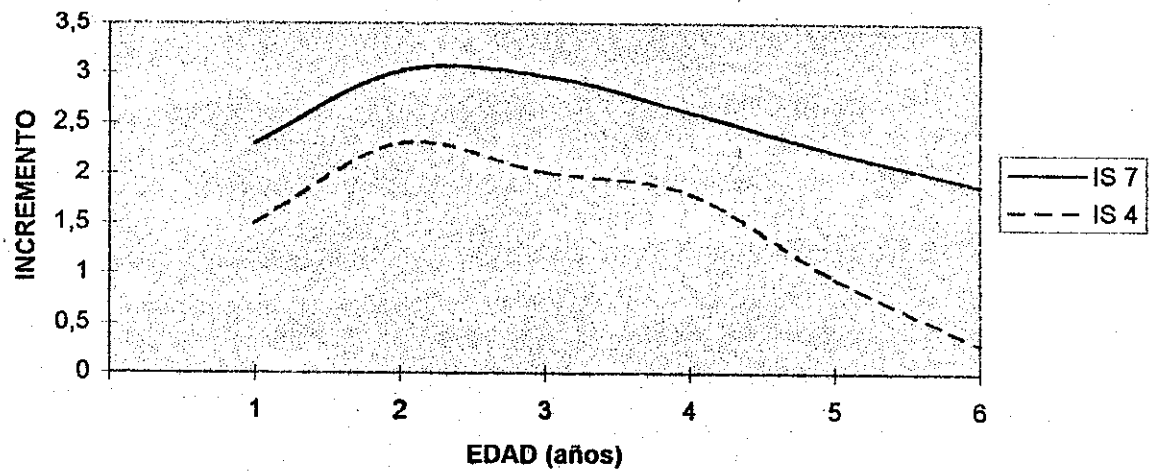

Figura 12. Incrementos Medios Anuales (IMA) para la localidad de Suchitepéquez

B. **Localidad de Retalhuleu**

En la Figura 13 se puede apreciar la diferencia de crecimento que existe dentro de la localidad de Retalhuleu debido a que los individuos están creciendo en dos índices de sitio diferentes. Cuando los individuos crecen en áreas con índice de sitio 7, los máximos crecimientos alcanzan hasta 14 metros de altura a la edad de 6 años, para la misma edad las alturas mínimas para la localidad se encuentran en 10 metros de altura pertenecientes a áreas con un índice de sitio 4.

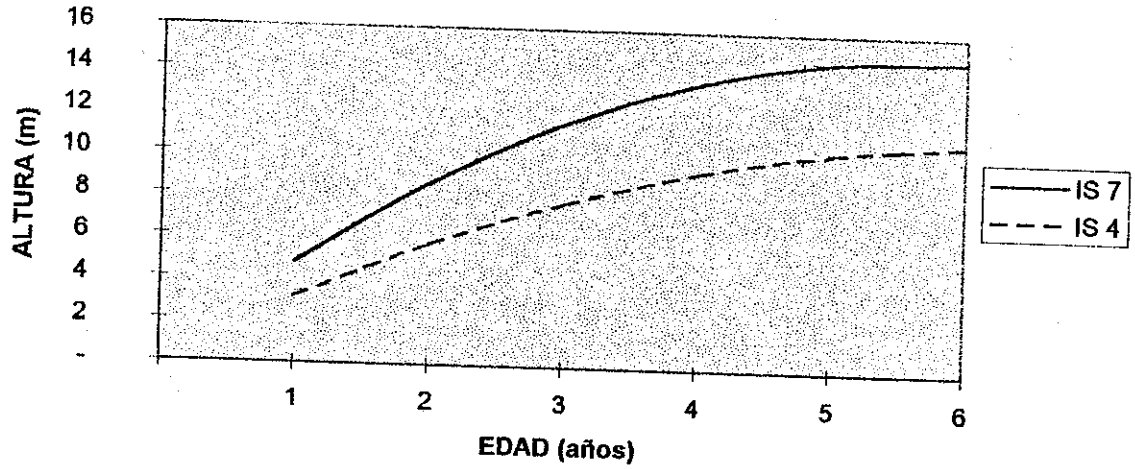

Figura 13. Crecimiento de Eucalyptus camaldulensis en la localidad de Retalhuleu con diferentes índices de sitio.

El incremento corriente anual (ICA) para la localidad es mejor en sitios con índice 7, que para sitios con índice 4 como se puede apreciar en la Figura 14.

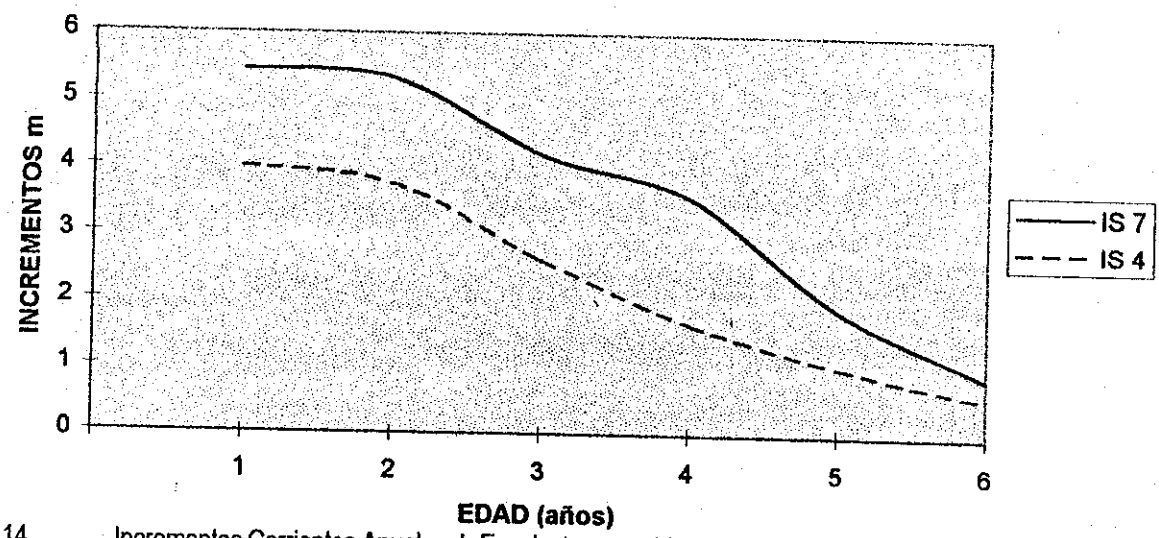

Figura 14. Incrementos Corrientes Anuales de Eucalyptus camaldulensis para la localidad de Retalhuleu.

En la Figura 15 se aprecia el comportamiento del incremento medio anual (IMA) para la localidad de Retalhuleu. El IMA máximo para los sitios se presenta en el tercer año de edad. Los sitios con índice 7 presentan mejores IMA que los sitios con índice 4, sin embargo las curvas presentan similitud en comportamiento.

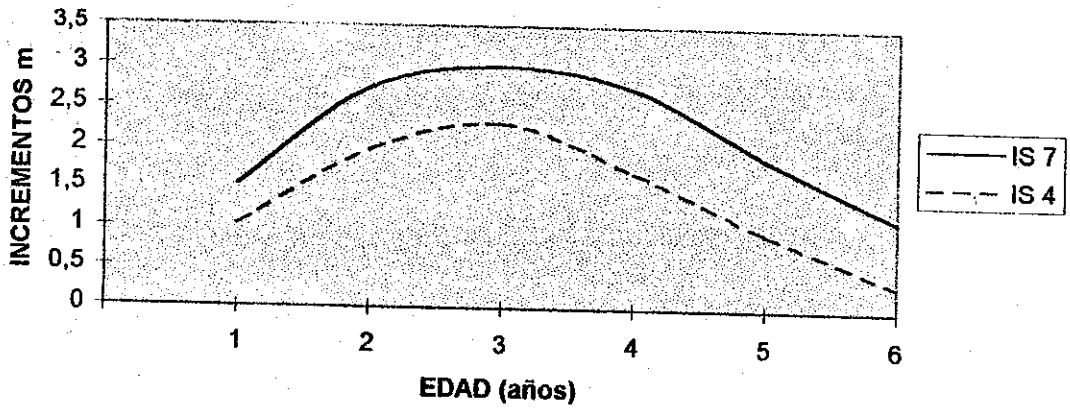

Figura 15. Incrementos Medios Anuales en Eucalyptus camaldulensis para la localidad de Retalhuleu .

C. **Localidad Jutiapa**

La localidad de Jutiapa cuenta con dos índices de sitio (4 y 3). Como se puede apreciar en la Figura 16, existen diferencias de crecimiento entre sitios de la localidad, alcanzando máximos crecimientos de hasta 11 m. para sitios con índice 4 y de 7 m. en sitios con índice 3 para una edad de 6 años.

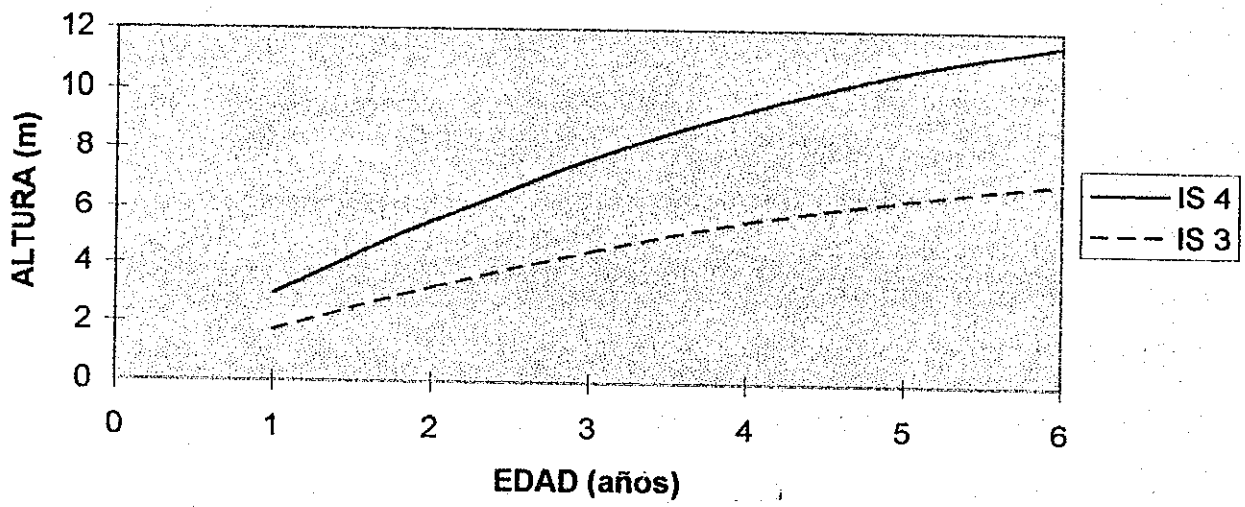

Figura 16. Crecimiento de Eucalyptus camaldulensis en la localidad de Jutiapa con diferentes índices de sitio.

En la Figura 17 se puede apreciar como el ICA de la localidad presenta diferencias debido a la existencia de dos índices de sitio diferentes, sin embargo al quinto año de edad cuando el ICA empieza a ser mínimo ya no se aprecian diferencias de incrementos entre índices de sitio, lo que sugiere que Camaldulensis en esta localidad se le puede considerar como poco productivo a partir de los 5 años de edad. Por tal motivo una planificación adecuada en el manejo de las plantaciones inducirá al comportamiento adecuado del incremento en esta localidad.

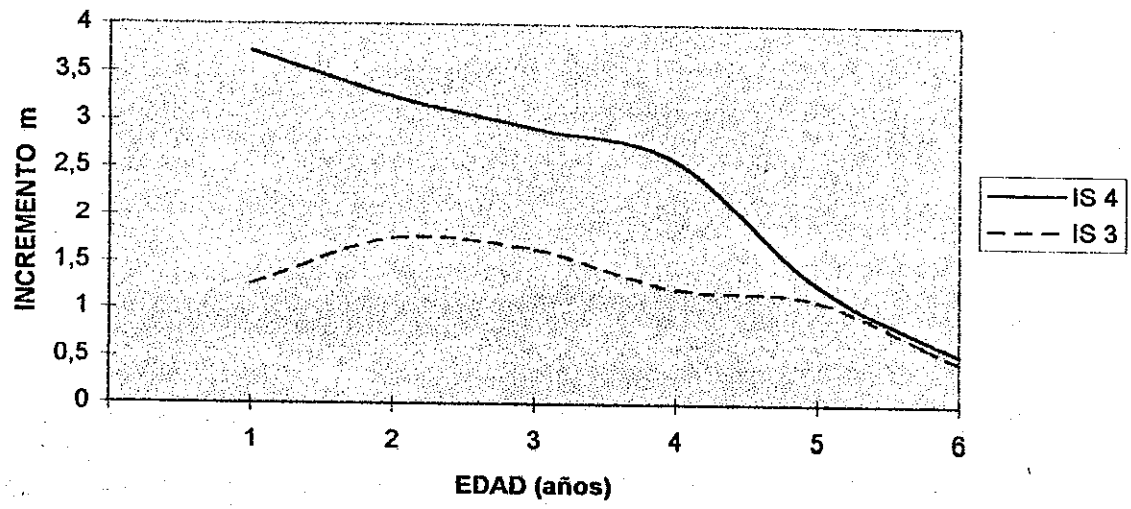

Figura 17. Incrementos Corrientes Anuales en Eucalyptus camaldulensis para la localidad de Jutiapa.

El incremento medio anual para la localidad de Jutiapa presentan claras diferencias para los distintos índices de sitio que se encuentran dentro de la localidad (Figura 18). Para los sitios con índice 4 tienen un máximo IMA al segundo año de crecimiento, mientras que los sitios con índice 3 abarcan el máximo IMA desde el segundo año hasta el cuarto, donde comienza a disminuir considerablemente.

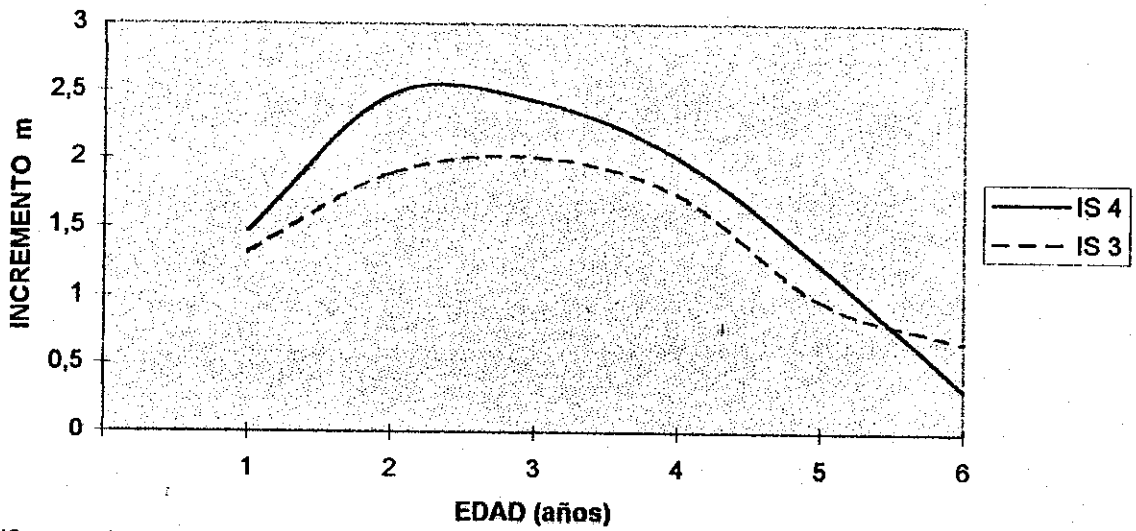

Figura 18. Incrementos Medios Anuales en Eucalyptus camaldulensis para la localidad de Jutiapa.

Dentro de cada localidad existe una clara diferencia de los crecimientos e incrementos entre índices de sitio como se ha observado en los análisis anteriores. Como se puede apreciar, existe una relación directa entre el índice de sitio y el crecimiento e incremento en cada localidad; esto expresa de una forma cuantitativa la influencia de la calidad de sitio en el crecimiento de la especie.

6.2 Calidad de Sitio

6.2.1 Determinación de la calidad de Sitio en las Localidades en función de los factores de sitio

En el Cuadro 13 se tiene un resumen de la calidad de sitio de las localidades en estudio, la mejor calidad de sitio fue para Suchitepéquez cuyos sitios se encuentran ubicados en el Parcelamiento La Máquina y catalogados como sitios excelentes, de igual forma fue catalogada la localidad de Retalhuleu, pero cualitativamente la calidad de sitio es menor debido a que los sitios se encuentran fuertemente expuestos al viento, su superficie se encuentra convexa y por consecuencia las pendientes son ligeramente inclinadas. A continuación los sitios ubicados en la finca La Gloria y finca El Chaparral fueron clasificados como sitios buenos, a simple vista se pudo

observar que el factor de mayor influencia fue la exposición al viento que es muy fuerte para el caso de los sitios ubicados en las fincas Gloria y Chaparral, así como el exceso de pedregocidad y la profundidad radical que disminuye en comparación a las localidades catalogadas como sitios excelentes.

El resto de los sitios de la localidad de Jutiapa, así como los de la localidad de El Progreso se catalogaron como sitios inadecuados, principalmente por exceso de pedregocidad, fuertes pendientes y fuerte exposición al viento; para el caso de la localidad de El Progreso su principal limitante radica en la mínima precipitación pluvial que se reporta para el área; la profundidad radical y los sitios inclinados fueron otras limitantes importantes que determinaron la pobre calificación para el crecimiento de **Eucalyptus camaldulensis** en esta localidad.

Cuadro 13. Resumen de la clasificación de la calidad de sitio de las 4 localidades de estudio.

LOCALIDAD	CALIDAD DE SITIO	*CLASIFICACION DEL SITIO*
SUCHITEPEQUEZ	16	SITIO EXCELENTE
RETALHULEU	14	SITIO EXCELENTE
JUTIAPA (fin. La Gloria)	11	SITIO BUENO
JUTIAPA (fin. Chaparral)	11	SITIO BUENO
JUTIAPA (Ald. Las Flores)	8	SITIO INADECUADO
JUTIAPA (Ald. Las Flores)	7	SITIO INADECUADO
EL PROGRESO	7	SITIO INADECUADO

Al igual que en la calidad de sitio, la diferencia de crecimiento e incremento se puede atribuir a que los factores ambientales influyen de manera positiva o negativa en el crecimiento de una

especie arbórea y en especial en **Eucalyptus camaldulensis**. Sin embargo, en el caso de que varíe al menos un factor ambiental, es probable que la calidad de sitio en general no varíe extremadamente dentro de una localidad, pero sí es posible que el crecimiento en altura si se vea afectado por mínimas variaciones de la calidad de sitio. Como se observó en los Cuadros 11 y 12 donde se analiza el crecimiento de cada localidad, existen diferencias en el comportamiento de la productividad de la especie arbórea y es en esta diferencia de productividad donde se define la influencia de un factor ambiental de sitio, por lo tanto se puede hacer énfasis en las variaciones de los factores ambientales como características limitantes que sobresalen dentro de una calidad de sitio, que al cuantificarse expresarán la predicción de una productividad a nivel de **intra-localidad**. Por ejemplo, en la localidad de Retalhuleu, la calidad de sitio que se determinó (Cuadro 13) corresponde a un sitio excelente, sin embargo existen sitios dentro de la localidad que están expuestos a una fuerte exposición del viento que proviene en dirección normalmente del océano pacifico, por lo tanto, la calidad de sitio disminuyó en una unidad (de 14 a 13), aún así se le considera un sitio excelente puesto que el rango de clasificación lo permite. Pero al comparar los Indices de Sitio, los índices determinados para estos últimos sitios corresponden al Indice de Sitio 4, y los sitios que no presentan fuertes exposiciones al viento fueron determinados como Indice de Sitio 7 que obviamente presentaron mejores crecimientos que los sitios de Indice de Sitio 4.

6.2.2 Análisis de la relación factores de sitio con la calidad de sitio y el crecimiento para Eucalyptus camaldulensis

Luego de determinar la calidad de sitio en función de los factores ambientales, se procedió a analizar la influencia de estos factores sobre la calidad de sitio y en adición, se analizaron los crecimientos con dichos factores. La herramienta de análisis que se utilizó fue un método estadístico de tipo multivariado conocido como correlaciones canónicas. Como resultado, se obtuvieron 6 correlaciones (ver apéndice 2) de las que solo tres fueron significativas para el estudio, las cuales se presentan a continuación.

A. Primera Correlación Canónica

De la relación entre los Cuadros 14 y 15, se puede apreciar que la calidad de sitio y la última medición de crecimiento mantienen una estrecha relación con el grupo de variables ambientales. En este grupo, todas sus variables tienen relación con la calidad de sitio y los crecimientos de **Eucalyptus camaldulensis.**

Cuadro 14. Correlaciones entre los factores ambientales de sitio y sus correlaciones canónicas.

VARIABLES	1era. CANCORR	2da. CANCORR	3era. CANCORR
PROF. RAD	0.9675	-0.1892	-0.1078
VIENTO	0.9251	-0.1224	0.1229
PENDIENTE	0.9217	0.3699	-0.0351
SUPERFICIE	0.8688	0.4162	-0.1037
PEDREGO	0.8513	-0.4240	-0.2054
Pp	0.8468	0.0248	0.3210

De acuerdo a criterios para determinar la calidad de sitio (Oliva 1990), la altura dominante de una especie arbórea es igual a la altura de los 100 arboles mas altos por hectárea, es decir, la calidad de sitio está relacionada con la altura de un árbol; de acuerdo con esta definición, la

similitud de correlaciones entre el crecimiento a los cinco años de edad y las máximas calificaciones de la calidad de sitio obtenidas a partir de la boleta de evaluación, indican que si existe relación entre los factores externos del paisaje de un sitio y el crecimiento de una especie arbórea.

Cuadro 15. Correlaciones entre las variables de crecimiento y sus variables canónicas.

VARIABLES	1era. CANCORR	2da. CANCORR	3era. CANCORR
CALIDAD DE SITIO	0.9709	-0.2023	-0.0589
EDAD 5	0.9711	-0.0185	-0.0826
EDAD 4	0.9581	0.2220	-0.0250
EDAD 3	0.9103	0.3803	0.0158
EDAD 2	0.6514	-0.7355	-0.0514
EDAD 1	0.4052	-0.7682	0.4803

En la Figura 19 se presenta de manera resumida los factores que influyen en el crecimiento de **Eucalyptus camaldulensis**. Como se puede apreciar, todos los factores influyen principalmente en las edades comprendidas a partir del 3er. Año de edad hasta el 5to, así como en la calidad de sitio.

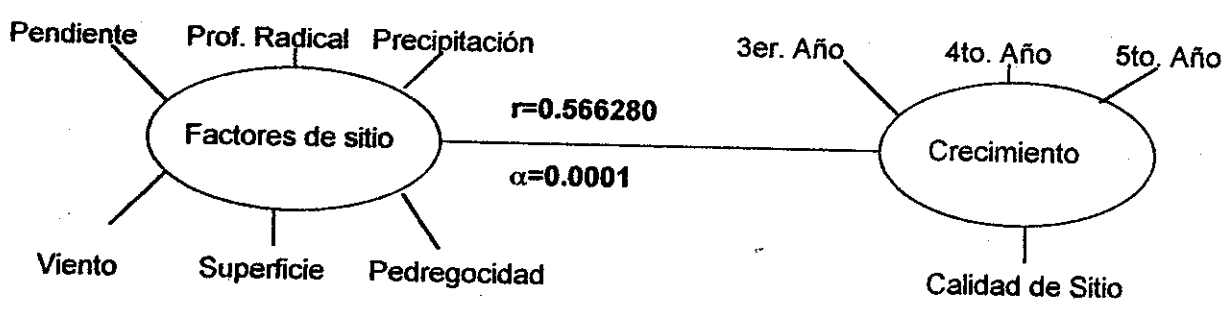

Figura 19 Relación de los factores ambientales de sitio y las variables de crecimiento en la primera correlación canónica.

Estadísticamente, la variable que influye principalmente en la calidad de sitio y en el crecimiento de **Eucalyptus camaldulensis** es la profundidad radical, o sea que los suelos deben ser suficientemente profundos para que camaldulensis crezca adecuadamente, aunque existen localidades como Jutiapa, con sitios que no son lo suficientemente profundos y presentan crecimientos cercanos a los crecimientos reportados como adecuados (11).

El siguiente factor que influye en la calidad de sitio es el factor viento, este indica que a menor exposición al viento, mejor oportunidad de crecer tendrá camaldulensis. El factor viento también es importante en el crecimiento de E. camaldulensis, como se explicó anteriormente en la calidad de sitio, la relación de dicho factor en el crecimiento se puede apreciar principalmente en las diferencias de crecimiento a nivel intra-localidad debido a la existencia de diferentes índices de sitio. A continuación, el siguiente factor de importancia para el crecimento es la pendiente, debido a que los mejores crecimientos se pueden encontrar desde sitios planos hasta sitios con ligera inclinación; los crecimientos más bajos se registraron en sitios con fuerte inclinación, por lo tanto **Eucalyptus camaldulensis** tendrá un mejor crecimiento en sitios donde la pendiente sea mínima.

Las otras 3 variables (superficie, pedregocidad y precipitación) tienen fuerte influencia en la calidad de sitio y son factores determinantes en el crecimiento de camaldulensis en forma complementaria a nivel grupal. Como se verá mas adelante, estos factores ofrecen mejores explicaciones en las primeras etapas de crecimiento de camaldulensis a sugerencia de las correlaciones canónicas obtenidas.

En forma general, la primera correlación canónica expone la estrecha relación que existe entre todos los factores externos que influyen en el crecimiento de camaldulensis y con ello se define la calidad de sitio en función de los primeros, avalada por el crecimiento de dicha especie.

B. **Segunda Correlación Canónica**

En la primera correlación canónica, el inicio del desarrollo de **Eucalyptus camaldulensis** no se toma en cuenta (de acuerdo a sus varianzas), ya que como se explicó, esa correlación canónica solo indica en forma general la relación estrecha entre los grupos de variables. Para el caso de la segunda correlación canónica los crecimientos registrados para el primero y segundo año (Cuadros 14 y 15) son relacionados principalmente con los factores fisiográficos, encontrando una relación estrecha con la pedregocidad (Figura 20). De acuerdo con lo anterior **Eucalyptus camaldulensis** en sus primeras etapas de desarrollo necesita sitios con un porcentaje mínimo de pedregocidad, esto se explica de mejor forma en la comparación de los crecimientos iniciales de cada sitio estudiado. En sitios donde la pedregocidad es excesiva, **Eucalyptus camaldulensis** (ver apéndice 2) no alcanza alturas medibles, tal es el caso de los sitios de Oriente, mientras que los sitios donde no existe pedregocidad, los arboles en el primer año ya alcanzan alturas medibles.

Otros factores que influyen en las primeras etapas del crecimiento de camaldulensis son la superficie y la pendiente (ver Figura 20), como se puede apreciar en el Cuadro 14, los signos de las varianzas son diferentes para cada factor, por lo tanto individualmente no generaría explicación, pero relacionándose estos factores entre sí y por la capacidad colonizadora de camaldulensis (10), es posible explicar que esta especie puede crecer en sitios con pendientes fuertes mientras la superficie tenga suaves ondulaciones.

De acuerdo al análisis anterior la relación de estos factores se encuentra vinculada con el término erosión; comúnmente estos factores son parte importante en el problema de la erosión de los suelos, camaldulensis es una especie que se ha destinado a la conservación de suelos por medio de la cobertura total de los mismos o por medio de barreras vivas y callejones(25), esto indica que en sitios destinados a sistemas agroforestales que reúnan las condiciones (incluyendo una fuerte inclinación), Camaldulensis puede ser utilizado como una alternativa, esperando

crecimientos no tan satisfactorios en términos silviculturales pero sí ayudando a sistemas agrícolas con los que se le relacione.

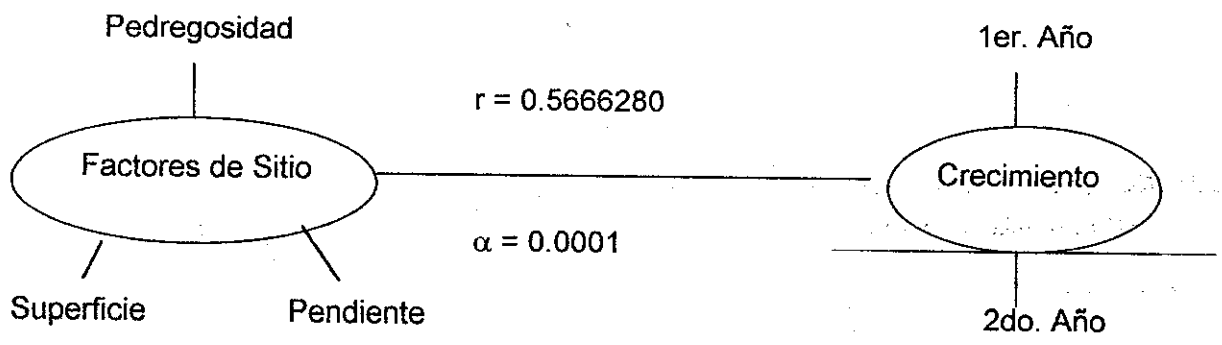

Figura 20. Relación de los factores ambientales de sitio y las variables de crecimiento en segunda correlación canónica.

C. **Tercera Correlación Canónica**

En esta correlación, se explica la influencia del factor precipitación sobre el crecimiento inicial de camaldulensis (Figura 21). En todos los sitios estudiados el régimen de lluvia es semiseco a seco, **Eucalyptus camaldulensis** puede soportar regímenes de lluvia hasta de 460 mm anuales, como es el caso de los registros de crecimiento en el sitio "Palo amontonado" en el departamento de el Progreso, cuyos resultados de crecimiento son los más bajos de todos los sitios analizados.

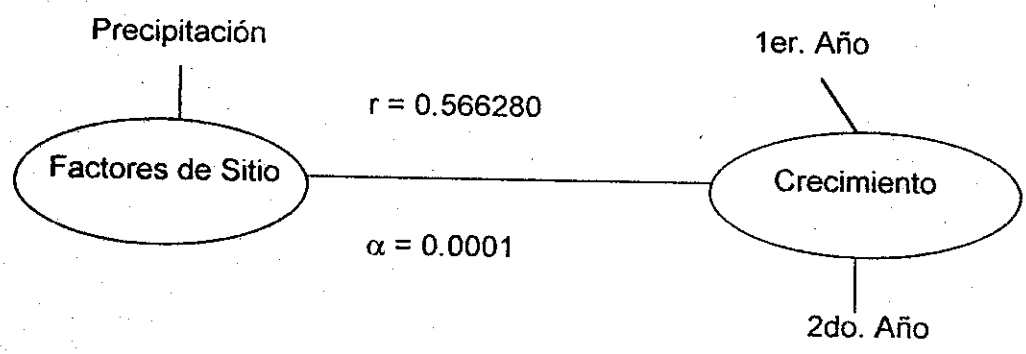

Figura 21. Relación de los factores ambientales de sitio y las variables de crecimiento en tercera correlación canónica.

A manera de resumen, los factores que principalmente influyen en la primera correlación canónica (Profundidad radical, viento y pendiente) determinan a la calidad de sitio para el crecimiento de **Eucalyptus camaldulensis**. Los sitios con fuertes pendientes estarán propensos a la perdida de suelo por efecto de la erosión hídrica y los fuertes vientos y la mínima profundidad efectiva de las raíces provocará que los árboles sean derribados. A esta relación se le puede agregar una segunda correlación canónica que presenta al factor volumen de piedra y la superficie como influyente en las primeras etapas del crecimiento de camaldulensis, el exceso de estos factores puede influir en que los sitios estén propensos a ser mas secos.

Por último, la tercera correlación canónica es consecuente a las relaciones de los otros factores antes descritos, ya que presenta a la precipitación como el factor principal. **Eucalyptus camaldulensis** puede desarrollarse en sitios donde la lluvia es mínima, pero la falta de reservas de agua en épocas secas puede llevarle a la marchitez (3). De acuerdo al análisis anterior, la disponibilidad de reservas de agua depende de las condiciones edáficas de los sitios, también

dependerá de la exposición al viento ya que es bien sabido que fuertes vientos elevan la tasa de evapotranspiración potencial de un sitio. En conjunto, todos los factores analizados influyen de una u otra forma en el crecimiento de **Eucalyptus camaldulensis**, lo cual permite obtener una forma cualitativa del comportamiento de la calidad de sitio en cada localidad estudiada.

6.2.3 Análisis de la relación de los factores de sitio y los Indices de Sitio de las Localidades

La relación existente entre los factores de sitio y los índices de sitio se presenta en el Cuadro 16, también se puede observar en la Figura 22 que el factor con mayor influencia ambiental sobre el índice se sitio es la precipitación con una máxima varianza. El análisis estadístico sugiere que entre menor es la cantidad de lluvia del sitio donde se plante E. camaldulensis así será el índice de sitio de esta especie.

Cuadro 16. Estructura canónica (varianzas) de los factores de sitio y el índice de sitio para **Eucalyptus camaldulensis.**

VARIABLES	INDICE DE SITIO
PRECIPITACION	0.8646
PENDIENTE	0.6724
PROF. RADICULAR	0.5720
PEDREGOCIDAD	0.4639
VEL. DEL VIENTO	0.4297
SUPERFICIE	0.0616

El número de correlaciones canónicas para este análisis es igual a uno debido a que el mínimo número de variables la presenta el grupo de Indice de sitio con una variable.

El segundo factor en importancia es la pendiente, le sigue la profundidad radical y la pedregocidad, al relacionar estos factores entre sí, se denota la proporción directa a la que se

encuentran ligados dentro del grupo de factores fisiográficos. Cuando la pendiente aumenta, es muy común encontrar en los sitios problemas de erosión hídrica, con la cual se pierde los horizontes superficiales del suelo, por lo tanto la profundidad radical disminuye mostrando mas cerca de la superficie a los horizontes subsuperficiales, a tal extremo que a veces fue posible observar en algunos sitios el material parental. Una de las características de los suelos de las localidades estudiadas (principalmente en la localidad de Jutiapa) es el exceso de piedra en la superficie provocada por expulsiones de la cadena volcánica, lo cual influye en la reducción de área libre para el crecimiento adecuado de la especie arbórea; entonces a mayor pendiente, profundidad radical y pedregocidad en la superficie de los suelos, menor será la calidad de sitio. Al observar el Cuadro 16, la orientación de la varianza indica una proporción directa entre factores como la pedregocidad y el índice de sitio, pero la explicación se encuentra en la codificación de la variable, por ejemplo, los valores máximos de codificación tomados en el campo corresponden a las mínimas cantidades de piedra por unidad de área en cada sitio, por lo tanto la proporción se transforma a una relación indirecta.

A continuación se presentan la figura 22 en la que se resume a las principales variables que afectan al grupo de variables Indice de Sitio. Como se aprecia el principal grupo de variables que domina es el grupo de los factores climático representado por la precipitación pluvial.

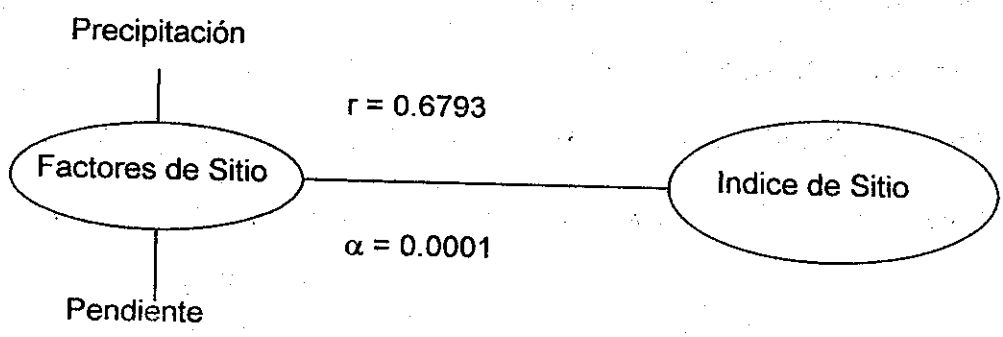

Figura 22. Relación de los factores ambientales de sitio y el Indice de Sitio en el análisis de su correlación canónica.

El esfuerzo por analizar el crecimiento y la calidad de sitio en **Eucalyptus camaldulensis** es para que el estudio se sume a estudios aplicados en los temas de silvicultura, que si se toman en cuenta, contribuirán a una mejor planificación del manejo de esta especie arbórea. Aunque Camaldulensis es una especie que se caracteriza por ser pionera y colonizar sitios inadecuados, es necesario ubicarle en los mejores sitios para un buen desarrollo y sí los sitios inadecuados persisten, se deberán tomar en cuenta otros factores como el buen manejo silvicultural de la especie, controles contra incendios e inundaciones como ejemplo, ya que otro síntoma importante de que una especie arbórea se encuentra en un sitio inadecuado es la marchitez del árbol, la cual es consecuencia de un débil desarrollo.

7. CONCLUSIONES

1. El comportamiento de los modelos de crecimiento en estudio agrupados dentro de los distintos índices de sitio presentan similares características, encontrándose una relación directa entre el índice de sitio y el crecimiento, es decir, a mayor índice de sitio mayor crecimiento, lo cual ratifica al índice de sitio como un método para estimar la productividad de un sitio en particular.

2. Los mejores crecimientos de **Eucalyptus camaldulensis** Dehnh, se encuentran en los sitios del Parcelamiento la Máquina, ubicados en las localidades de Suchitepéquez y Retalhuleu, le siguen los sitios ubicados en la finca La Gloria y la finca El Chaparral en la localidad de Jutiapa. Los crecimientos deficientes se encuentran en los sitios correspondientes a la aldea Las Flores ubicados en la localidad de Jutiapa y el sitio de Palo Amontonado en el localidad de El Progreso.

3. En cuanto a la calidad de sitio, las localidades se clasificaron de la siguiente manera:

   Localidades *excelentes*: ***Suchitepéquez y Retalhuleu***

   La localidad clasificada como *bueno*: ***Jutiapa*** (para los sitios de las fincas La Gloria y El Chaparral)

   Las localidades clasificadas como *inadecuadas*: ***Jutiapa*** (en los sitios situados en la aldea Las Flores) y ***El Progreso*** (Sitios de la aldea Palo Amontonado).

4. Los principales factores ambientales que influyen específicamente en el crecimiento y la calidad de sitio de **Eucalyptus camaldulensis** Dehnh son la profundidad radical, la exposición al viento y la pendiente de los sitios.

5. Los factores como superficie del terreno, pedregocidad y precipitación pluvial, influyen en forma complementaria en la calidad de sitio y específicamente tienen influencia en las primeras etapas del crecimiento de **Eucalyptus camaldulensis** Dehnh.

6. El factor que mayor influye en la determinación de los índices de sitio para **Eucalyptus camaldulensis Dehnh** es la precipitación pluvial. La interacción entre los factores pendiente, profundidad radical y pedregocidad forman el complemento de factores que influyen de manera determinante en los índices de esta especie.

8. RECOMENDACION

Este estudio contiene la aplicación de una herramienta práctica para poder categorizar la productividad de sitios donde se pretenda plantar **Eucalyptus camaldulensis**. Por tal motivo se puede utilizar para la planificación del uso de sitios y el manejo de plantaciones de dicha especie a lo largo de la vertiente Pacífico de Guatemala. Además la metodología en términos generales no es exclusiva para la especie que se analizó, por lo que se sugiere desarrollarle en especies nativas de interés bajo los ajustes adecuados para cada especie en particular.

9. BIBLIOGRAFIA

1. **ALDER, D.** 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos. ROMA, FAO. 197 p.

2. **ARTEAGA, B.** 1988. Factores del sitio que influyen en la productividad del Pinus patula SCHL. ET CHAM. en la región Chilgnahuapan-Zacatlan, Puebla. Agrociencia (Mex) no. 72 :121.

3. **BROWN, H. et al.** 1978. Predicting site productivity of mixed conifer stands in northern I Idaho from soil and topografic variables. Soil Science Society Journal. (EE.UU) 42 : 967-971.

4. **CAMPOS, J.** 1989. Enviromental effects on the productivity of Eucalyptus camaldulensis, Leucaena leucocephala, and Gliricidia sepium in Central América. Thesis of PhD. Oxford, England, University of Green College, 279 p.

5. **CANNON, P.** 1984. El problema de marchitez del Eucalyptus globulus en el Perú ; informe para Proyecto FAO/Holanda/INFOR. Lima, Perú, FAO. 11p.

6. **DANIELS, T. et al.** 1982. Principios de silvicultura. México, McGraw-Hill. 492 p.

7. **DAVIDSON, J.** 1985. Setting aside the idea that Eucalyptus are always bad ; assistance to the forestry sector of Bangladesh. Bangladesh. FAO. Working Paper vol. 10. 25p

8. **DELGADILLO, J.** 1985. Efecto del espaciamiento en el crecimiento de Eucalyptus camaldulensis en Mateare, Nicaragua. Silvoenergía (C.R) no. 23 :4.

9. **ESCOBEDO,M.** 1995. Indices de sitio para Pinus pseudostrobus Lindl., en los departamentos de Chimaltenango y Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 80p.

10. **FAO (Italia).** 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma, Italia. FAO. 723p

11. **HOCKER, H.** 1984. Introducción a la biología forestal. México, A.G.T. p. 275-280.

12. **HUGHELL, D.** 1990. Modelos para la predicción del crecimiento de Eucalyptus camaldulensis, Gliricidia sepium, Guazuma ulmifolia y Leucaena leucocefala en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 57 p.

13. **KADAMBI, K.** 1966. Estimating biological productivity of forests on the basis of ecological factors, climatic and edaphic-evolving of an index of productivity in Ghana. In Congreso Forestal Mundial (6., 1965, Madrid, España). Memoria. Madrid, España. p. 1804-181.

14. **KEPLAC, D.** 1983. Crecimiento e incremento en arboles y masas forestales. 2 ed. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo. 365 p.

15. **LOPEZ, J.** 1992. Determinación de índices de sitio y estudio de crecimiento de ciprés común (Cupressus lucitanica Miller) establecido en plantación, en tres localidades del Departamento de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 87 p.

16. **LUJAN, L.** 1966. Apuntes de dasometría, programa forestal CATIE. Costa Rica, IICA. pte. 1, 106p

17. **MARTINEZ, H.** 1990. Camaldulensis, Eucalyptus camaldulensis Dehnh ; especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 58 p.

18. **MIDGLEY, S.** 1989. Genetic resources of Eucalyptus camaldulensis. Forestry Review 68(4):295-308.

19. **NAVARRO, P.** 1988 Relación factores de sitio y crecimiento de Bombacopsis quinatum en Costa Rica. Silvoenergía, (C.R.) no. 26:1-4

20. **NUÑEZ, O.** 1986 Estudio de crecimiento y rendimiento de Pinus maximinoi en Cobán. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 130 p.

21. **OLIVA, E.** 1990. Comportamiento en plantación de mangium (Acacia mangium) y aripín (Caesalpinia velutina) en América Central. Tesis Mag, Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 117 p.

22. **PLA, L.** 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Argentina. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, OEA. Monografía no. 27. 94 p.

23. **POU, R.** 1,990. Algo más sobre el eucalipto. Revista Uruguay Forestal. (Uru) no. 5 : 8-9.

24. **RALSTON, CH.** 1963. Evaluation of forest site productivity. South Africa Forestry Journal, no. 90 : 30-45.

25. **RUIZ, P.** 1991. Fuentes de germoplasma de Eucalyptus camaldulensis promisorias para América Central. Silvoenergía. (C.R.) no. 47:1-4.

26. **SAARDAVUT, P. et al.** 1984. Effects of air and soil temperatures on growth of provenances of Eucalyptus camaldulensis seedlings. Forestry Review. no. 14:57-66.

27. **SALAZAR, R.** 1988. Comportamiento del Eucalyptus deglupta en Costa Rica. Silvoenergía. (C.R.) no. 27:4.

28. **SANTALO, L.** 1980. Probabilidad e inferencia estadística. Argentina, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. OEA. Monografía no. 11. 137 p.

29. **SCHöNAU, A et al.** 1987. A diferent approach to site evaluation and some preliminary results. South African Forestry Journal. no. 141: 19-25.

30. **SHRIVASTA, M et al.** 1,978. Quantitative assessment of forest site productivity. Indian Forester Journal. 104(2) :79-89.

31. **TOBIAS, H.** 1,990. Estudio de los suelos de los sitios de investigación silvicultural. Guatemala, Madeleña. 103p.

32. **VASQUEZ, W.** 1,988. Calidad de sitio de Pinus caribea en la yeguada, Panamá. Silvoenergía. (C.R). no. 25:1-4.

33. **WALKER, E.** 1,980. Metodos multivariados para el análisis de datos. México, SARH. 50p.

34. **ZOHAD, Y.** 1,985. Root distribution of a Eucalypt shelterbelt. Netherlands, Forest Ecology and Management Journal. (Netherlands)` no. 12:305-330.

Vo. Bo.

10. APENDICE

Cuadro 17 A Resultados de los análisis de correlación canónica para los factores de sitio y crecimiento e índice de sitio en el sistema estadístico SAS

Análisis de correlación canónica

	Correlación Canónica	Ajuste Correlación Canónica	Error Standard Approx	Raíz cuadrada Correlación Canónica
1	0.986462	0,985610	0.002087	0.973108
2	0.965545	0,964240	0.005256	0.932277
3	0.809917	0,803476	0.026702	0.655966
4	0.279552	0,232406	0.071549	0.78149
5	0.159318	0,136834	0.075645	0.025382
6	0.044551	.	0.077461	0.001985

Eigenvalores de INV(E)*H = CanRsq/(1-CanRsq)

	Eigenvalor	Diferencia	Proporción	Cumulativo
1	36.1851	22,4192	0.6963	0.6963
2	13.7659	11,8593	0.2649	0.9611
3	1.9067	1,8219	0.0367	0.9978
4	0.0848	0,0587	0.0016	0.9995
5	0.0260	0,0241	0.0005	1.0000
6	0,0020	.	0.0000	1.0000

	Radio Vectorial	F Approx	Num DF	Den DF	Pr > F
1	0.00056183	85,3849	36	683.4136	0.0001
2	0.02089163	42,6004	25	581.0162	0.0001
3	0.30848478	14,0951	16	480.2805	0.0001
4	0.89666891	1,9591	9	384.6811	0.0429
5	0.97268351	1,1086	4	318	0.3524
6	0.99801520	0,3182	1	160	0.5735

Estadísticas multivariadas y aproximación de F

S=6 M=-0.5 N=76.5

Estadístico	Valor	F	Num DF	DenDF	Pr>F
Wilks' Lambda	0,00056183	85.3849	36	683.4136	0.0001
Pillai's Trace	2,66686617	21.3362	36	960	0.0001
Hotelling-Lawley	51,97057147	221.3561	36	920	0.0
Roy's Greatest R	36,18512980	964.9368	6	160	0.0001

Vectores canónicos para las VARIABLES CLIMATICAS

	CLIMA1	CLIMA2	CLIMA3	
PENDI	0.0924373766	0.1261678107	0.0996639366	PENDIENTE
SUPER	-0.029575161	0.2198079646	-0.376419632	SUPERFICIE
PEDRE	0.0110922282	-0.132935246	-0.359673002	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.0198658683	-0.079692638	0.4617981617	VEL. VIENTO
PP	0.068451226	-0.035946424	0.4067587925	PRECIPITACION
PROF	0.0767021696	-0.091543688	0.0067937706	PROF.RADIC.

	CLIMA4	CLIMA5	CLIMA6	
PENDI	0.1541950464	-0.130803609	-0.835674685	PENDIENTE
SUPER	0.0045870434	0.1847472863	0.6488223034	SUPERFICIE
PEDRE	0.4829576363	0.0497918174	-0.36171269	PEDREGOSIDAD
VIENTO	-0.408025442	0.7215277408	-0.175045277	VEL.VIENTO
PP	0.477016634	-0.45661723	0.2258247238	PRECIPITACION
PROF	-0.385466785	-0.273238	0.439607505	PROF.RADIC

Vectores canónicos para las VARIABLES DE CRECIMIENTO

	CRECI1	CRECI2	CRECI3	
CRECI1	0.1018771973	-0.00226023	0.0205357044	CRECIMIENTO 91
CRECI2	0.0320287947	-0.069805836	-0.337440467	CRECIMIENTO 90
CRECI3	-0.014178724	0.099807188	0.1271367779	CRECIMIENTO 89
CRECI4	0.1132490705	0.1629636914	0.2740610157	CRECIMIENTO 88
CRECI5	-0.015729988	-0.223180683	-0.323456318	CRECIMIENTO 87
CSITIO	0.0341323478	-0.063323783	0.7975569699	CALIDAD SITIO

	CRECI4	CRECI5	CRECI6	
CRECI1	0.0787297428	-0.441350103	-0.578286866	CRECIMIENTO 91
CRECI2	0.665755627	0.6404489752	0.0273407267	CRECIMIENTO 90
CRECI3	-1.627588169	0.5735116673	-0.14065286	CRECIMIENTO 89
CRECI4	0.9559434338	-0.693559589	0.7160952873	CRECIMIENTO 88
CRECI5	-0.11722923	-0.076552465	0.6404405712	CRECIMIENTO 87
CSITIO	0.0292269876	0.1454287051	-0.117145771	CALIDAD SITIO

Coeficientes canónicos estandarizados para VARIABLES CLIMATICAS

	CLIMA1	CLIMA2	CLIMA3	
PENDT	0.4296	0.5863	0.4631	PENDIENTE
SUPER	-0.1107	0.9518	-1.6299	SUPERFICIE
PEDRE	0.0495	-0.5930	-1.6044	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.0671	-0.2693	1.5604	VEL. VIENTO
PP	0.1732	-0.0910	1.0293	PRECIPITACION
PROF	0.4645	-0.5543	0.0412	PROF. RADICAL

	CLIMA4	CLIMA5	CLIMA6	
PENDI	0.7166	-0.6079	-3.8834	PENDIENTE
SUPER	0.0199	0.8000	2.8095	SUPERFICIE
PEDRE	2.1544	0.2221	-1.6135	PEDREGOSIDAD
VIENTO	-1.3767	2.4381	-0.5915	VEL. VIENTO
PP	1.2071	-1.1554	0.5714	RECIPITACION
PROF	-2.3342	-1.6546	2.6621	PROF RADICAL

Coeficientes canónicos estadanrizados para VARIABLE CRECIMIENTO

	CRECI1	CRECI2	CRECI3	
CRECI1	0.5887	-0,0131	0.1187	CRECIMIENTO 91
CRECI2	0.1350	-0.2941	-1.4219	CRECIMIENTO 90
CRECI3	-0.0538	0.3790	0.4828	CRECIMIENTO 89
CRECI4	0.3909	0.5625	0.9460	CRECIMIENTO 88
CRECI5	-0.0564	-0.8006	-1.1603	CRECIMIENTO 87
CSITIO	0.0737	-0.1367	1.7218	CALI. SITIO

Correlaciones entre las VARIABLES CLIMATICAS y sus variables Canónicas

	CLIMA1	CLIMA2	CLIMA3	
PENDI	0.9217	0.3691	-0.0351	PENDIENTE
SUPER	0.8688	0.4162	-0.1037	SUPERFICIE
PEDRE	0.8513	-0.4240	-0.2054	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.9251	-0.1224	0.1229	VEL. VIENTO
PP	0.8468	0.0248	0.3210	RECIPITACION
PROF	0.9675	-0.1892	-0.1078	PROF. RADICAL

	CLIMA4	CLIMA5	CLIMA6	
PENDI	-0.0263	-0.0032	-0.1082	PENDIENTE
SUPER	0.1017	0.1792	0.1373	SUPERFICIE
PEDRE	0.1674	0.1587	0.0117	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.0436	0.3305	0.0548	VEL. VIENTO
PP	0.3722	0.0328	0.1992	RECIPITACION
PROF	-0.1144	-0.0312	0.0494	PROF. RADICAL

Correlación entre las VARIABLES DE CRECIMIENTO sus variables canónicas

	CRECI1	CRECI2	CRECI3	
CRECI1	0.9709	-0.2023	-0.0589	CRECIMIENTO 91
CRECI2	0.9711	-0.0185	-0.0826	CRECIMIENTO 90
CRECI3	0.9581	0.2220	-0.0250	CRECIMIENTO 89
CRECI4	0.9103	0.3803	0.0158	CRECIMIENTO 88
CRECI5	0.6514	-0.7355	-0.0514	CRECIMIENTO 87

Correlación entre las VARIABLES CLIMATICAS y las Variables canónicas de las VARIABLES DE CRECIMIENTO

	CRECI1	CRECI2	CRECI3	
PENDI	0.9092	0.3571	-0.0284	PENDIENTE
SUPER	0.8570	0.4018	-0.0840	SUPERFICIE
PEDRE	0.8398	-0.4094	-0.1663	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.9126	-0.1182	0.0995	VEL. VIENTO
PP	0.8353	0.0239	0.2600	PRECIPITACION
PROF	0.9544	-0.1827	-0.0873	PROF. RADICAL

Correlación entre las VARIABLES CLIMATICAS y las Variables canónicas de las VARIABLES DE CRECIMIENTO

	CRECI4	CRECI5	CRECI6	
PENDI	-0.0073	-0.0005	-0.0048	PENDIENTE
SUPER	0.0284	0.0286	0.0061	SUPERFICIE
PEDRE	0.0468	0.0253	0.0005	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.0122	0.0526	0.0024	VEL. VIENTO
PP	0.1041	0.0052	0.0089	PRECIPITACION
PROF	-0.0320	-0.0050	0.0022	PROF.RADICAL

Cuadro 18 A. Programa utilizado para obtener los análisis de correlación canónica en el sistema SAS

```
OPTIONS PS=60 NODATE PAGENO=1;
DATA A;
INPUT  PENDI SUPER PEDRE VIENTO PP TEX PROF CSITIO CRECI1 CRECI2
     CRECI3 CRECI4 CRECI5;
LABEL
CRECI1='CRECIMIENTO 91'
CRECI2='CRECIMIENTO 90'
CRECI3='CRECIMIENTO 89'
CRECI4='CRECIMIENTO 88'
CRECI5='CRECIMIENTO 87'
CSITIO='CALIDAD DE SITIO'
PENDI='PENDIENTE'
SUPER='SUPERFICIE'
PEDRE='PEDREGOSIDAD'
VIENTO='VELOCIDAD DEL VIENTO'
PP='PRECIPITACION'
TEX='TEXTUR'
PROF='PROFUNDIDAD RADICULAR';
CARDS;
PROC CANCORR
VPREFIX=CLIMA VNAME='VARIABLES CLIMATICAS'
WPREFIX=CRECI WNAME='VARIABLES DE CRECIMIENTO';
VAR PENDI SUPER PEDRE VIENTO PP  PROF;
WITH  CRECI1 CRECI2 CRECI3 CRECI4 CRECI5 CSITIO;
RUN;
```

....Continuación del Cuadro 18 A (Programa de cancorr para el análisis de Indices de sitio y los factores de sitio)

```
OPTIONS PS=60 NODATE PAGENO=1;
DATA A;
INPUT  PENDI SUPER PEDRE VIENTO PP TEX PROF is;
LABEL
IS='INDICE DE SITIO'
PENDI='PENDIENTE'
SUPER='SUPERFICIE'
PEDRE='PEDREGOSIDAD'
VIENTO='VELOCIDAD DEL VIENTO'
PP='PRECIPITACION'
TEX='TEXTUR'
PROF='PROFUNDIDAD RADICULAR';
 cards;
PROC CANCORR
VPREFIX=CLIMA VNAME='VARIABLES CLIMATICAS'
WPREFIX=INDICE WNAME='INDICE DE SITIO';
VAR PENDI SUPER PEDRE VIENTO PP  tex prof.;
WITH  IS;
RUN;
```

....Continuación del Cuadro 18 A (Resultados de Indices de sitio en cancorr)

Análisis de correlación canónica

	Correlación Canónica	Correlación Canónica Ajustada	Error Standard Aprox.	Raíz cuadrada de la correlación Canónica
1	0.566280	0.539030	0.066936	0.320673

Eigenvalores de INV(E)*H
= CanRsq/(1-CanRsq)

	Eigenvalores	Diferencia	Proporción	Cumulativo
1	0.4720	.	1.0000	1.0000

	Radio Vectorial	F	Num DF	Den DF	Pr > F
1	0.67932722	7.6314	6	97	0.0001

Estadística multivariadas y Estadisticos para F

S=1 M=2 N=47.5

Estadisticos	Valores	F	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.67932722	7.6314	6	97	0.0001
Pillai's Trace	0.32067278	7.6314	6	97	0.0001
Hotelling-Lawley Trace	0.47204464	7.6314	6	97	0.0001
Roy's Greatest Root	0.47204464	7.6314	6		

....Continuación del Cuadro 18 A (Indices de Sitio)

Análisis de correlación canónica

coeficientes de los vectores canónicos para VARIABLES CLIMATICAS

	CLIMA1	
PENDI	0.590722558	PENDIENTE
SUPER	0.0855001859	SUPERFICIE
PEDRE	0.4659417102	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.3203407349	VELOCIDAD DEL VIENTO
PP	1.6676394681	PRECIPITACION
TEX	.	TEXTUR
PROF	-0.276704839	PROFUNDIDAD RADICULAR

Coeficientes de los vectores canónicos para INDICE DE SITIO

	INDICE1	
IS	0.4712725548	INDICE DE SITIO

Coeficientes canónicos estandarizados para VARIABLES CLIMATICAS

	CLIMA1	
PENDI	0.2822	PENDIENTE
SUPER	0.0863	SUPERFICIE
PEDRE	0.2320	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.2516	VELOCIDAD DEL VIENTO
PP	0.7939	PRECIPITACION
TEX	0.0000	TEXTUR
PROF	-0.1699	PROFUNDIDAD RADICULAR

Coeficientes canónicos estadandarizados para el INDICE DE SITIO

	INDICE1	
IS	1.0000	INDICE DE SITIO

....Continuación del Cuadro 18 A (Indices de Sitio)

Estructura canónica

Correlaciones entre las VARIABLES CLIMATICAS y sus variables canónicas

	CLIMA1	
PENDI	0.6724	PENDIENTE
SUPER	0.0616	SUPERFICIE
PEDRE	0.4639	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.4297	VELOCIDAD DEL VIENTO
PP	0.8646	PRECIPITACION
TEX	0.0000	TEXTUR
PROF	0.5720	PROFUNDIDAD RADICULAR

Correlaciones entre las variables INDICE DE SITIO y sus variables canónicas

	INDICE1	
IS	1.0000	INDICE DE SITIO

Correlaciones entre las VARIABLES CLIMATICAS y las variables canónicas de los INDICE DE SITIO

	INDICE1	
PENDI	0.3808	PENDIENTE
SUPER	0.0349	SUPERFICIE
PEDRE	0.2627	PEDREGOSIDAD
VIENTO	0.2433	VELOCIDAD DEL VIENTO
PP	0.4896	PRECIPITACION
TEX	0.0000	TEXTUR
PROF	0.3239	PROFUNDIDAD RADICULAR

Correlaciones entre las INDICE DE SITIO y las variables canónicas de las VARIABLES CLIMATICAS

	CLIMA1	
IS	0.5663	INDICE DE SITIO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: DETERMINACION DEL CRECIMIENTO Y CALIDAD DE SITIO PARA CAMALDULENSIS (Eucalyptus camaldulensis Dehnh) EN CUATRO DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: CESAR ALEJANDRO SANTOS LOPEZ

Carnet No: 88-12186

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Eugenio O. Orozco y Orozco
Ing. Agr. Raúl Escobar
Ing. Agr. Marino Barrientos Garcia

Los asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Edwin Enrique Cano
A S E S O R

Ing. Agr. Edwin Oliva
A S E S O R

Ing. Agr. Fernando Rodríguez
Director del IIA

FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
DIRECCION
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

I M P R I M A S E

Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
D-E C A N O

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DECANO
FACULTAD DE AGRONOMIA

cc.Control Academico
Archivo

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770