

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
(U.N.A)

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
FARENA

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
(ECFOR)

"CURVAS DE INDICE DE SITIO PARA
Pinus oocarpa EN EL MUNICIPIO DE
JALAPA SEGUN SERIES DE SUELO"

Tesís presentada para optar al grado de Ingeniero
Forestal, en la carrera de Ingeniería Forestal.

Autores :

Br. Margie Vanessa Ortega Carranza.
Br. Freddy Ramirez Castillo.

Asesor :

Ing. Msc. Ediberto Duarte.

Managua, Diciembre de 1997.

"ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION FUE
REALIZADO GRACIAS AL SOPORTE FINANCIERO
Y TECNICO DEL PROYECTO "PIE DE MONTE,
JALAPA", BAJO ACUERDO DE COLABORACION
CON LA ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA"

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por estar a nuestro lado y ayudarnos a vencer todos los obstáculos y contratiempos a a lo largo del camino, siempre nos dió la fortaleza y salud necesaria para culminar este trabajo.

A nuestro asesor Ing. MSc. Edilberto Duarte López, por ser la luz que iluminó el sendero de nuestro camino, con sus sabias explicaciones para la elaboración de este trabajo.

Al personal del proyecto "Pie de Monte, Jalapa", especialmente a los Ing. Erick Maravilla y Jaime Talavera por el apoyo logístico, a la técnica forestal Celia Sandoval por su incondicional apoyo en la etapa de campo, de igual forma a los compañeros Domingo, Jairo, Don Isidro, "Beto", Omar y a todos los que de una u otra forma colaboraron con este trabajo.

De manera muy especial agradecemos al personal de la Escuela de Ciencias Forestales, en especial a la Directora Ing. MSc. Lucía Romero y al Subdirector Ing. MSc. Javier López, por el apoyo brindado.

Al Ing. Benjamin Herrera por su colaboración en la descripción de las series de suelo.

Al Ing. Fernando Mora por sus oportunas aclaraciones sobre la metodología a implementar.

Al Ing. y amigo Alberto Sandino, por su apoyo e incondicional colaboración en el análisis y procesamiento de la información.

Al Br. y amigo Marvin Reyes Molina, por facilitarnos el equipo necesario para el procesamiento de la información y presentación del documento.

Gracias a nuestras familias y amigos por ser el motor que nos impulsa a seguir adelante.

A todas las personas, que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo queremos dejar constar nuestro agradecimiento hacia ustedes, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible culminarlo.

Margie Ortega Carranza

Freddy Ramírez Castillo

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mi Madre Lyla Carranza Montiel por su apoyo incondicional y por ser el pilar en mi vida, a mis tíos Julio y Alba Rosa Carranza Montiel que me apoyaron en todo momento.

Margie Ortega Carranza.

Este trabajo se lo dedico a mi familia, en primer lugar a la luz de mi vida, mi madre Yamileth Castillo, a mi padre Freddy Ramírez, a mi hermana Emperatriz, a mi abuela Guicela y en particular a mi esposa Margie Ortega y a mi hija Margie Ramírez Ortega.

Freddy Ramírez Castillo.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTO.....	1
DEDICATORIA.....	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1.- Descripción de la especie.....	4
2.1.1.- Taxonomía	4
2.1.2.- Morfología.....	4
2.1.3.- Distribución y requerimientos.....	5
2.2.- Calidad de sitio.....	6
4.3.- Objetivos de la evaluación de la calidad de sitio.	7
2.4.- Métodos de evaluación de la calidad de sitio.....	8
2.4.1.- Evaluación en base en la altura.....	10
2.4.2.- Evaluación en base al volumen.....	12
2.4.3.- Evaluación en base a plantas indicadoras.....	12
2.4.4.- Evaluación en base al medio ambiente físico..	13
2.5.- Índice de sitio.....	14
2.6.- Construcción de curvas de índice de sitio.....	15
2.6.1.- Construcción por métodos gráficos.....	17
2.6.2.- Construcción por métodos matemáticos.....	17
III MATERIALES Y METODOS.....	19
3.1.- Localización y descripción general del área.....	19
3.2.- Descripción de las series de suelo.....	20
3.2.1.- Serie Poza Redonda, Sitio Macaralí.....	20
3.2.2.- Serie Fila Los Coyotes, Sitio El Carbón.....	23
3.2.3.- Serie Cerro Chichigüiste, Sitio El Limón.....	24
3.2.4.- Serie Campo Hermoso, Sitio Campo Hermoso.....	25
3.2.5.- Serie Teotecacinte, Sitio Teotecacinte.....	26
3.2.6.- Serie Aranjuez, Sitio Aranjuez.....	27
3.3.- Etapa de campo.....	28
3.3.1.- Instalación de parcelas temporales de muestreo en las series de suelo.....	28
3.3.2.- Toma de datos.....	28
3.4.- Procesamiento y análisis de la información.....	29
3.5.- Elección del modelo.....	31
3.6.- Construcción de las curvas de índice de sitio....	33
3.7.- Comparación entre curvas de índices de sitio....	33

IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
	4.1.- Análisis de regresión.....	34
	4.1.1.- Coeficientes de correlación, de determinación y desviación estandar.....	35
	4.1.2.- Distribuciones F y T-Student.....	36
	4.2.- Elección del modelo.....	36
	4.3.- Construcción de las curvas de índice de sitio....	37
	4.4.- Comparación entre las curvas construidas en este trabajo, con las curvas utilizadas en Honduras.....	41
V	CONCLUSIONES.....	42
VI	RECOMENDACIONES.....	44
VII	BIBLIOGRAFIA.....	45
VIII	ANEXOS.....	48

INDICE DE CUADROS

Número	Página
1 - Descripción general del municipio de Jalapa.....	20
2 - Distribución de las parcelas en las series de suelo.....	30
3 - Modelos probados para la construcción de las curvas de índice de sitio para cada serie.....	32
4 - Modelos probados para la construcción de curvas de índice de sitio para la zona de Jalapa.....	32
5 - Valores de los coeficientes de regresión y de los coeficientes de determinación (R^2), coeficiente de correlación(R) y desviación estandar residual (S) del modelo elegido para la construcción de curvas de índice de sitio en cada serie.....	34

INDICE DE FIGURAS

Número	Página
1 - Distribución de las parcelas de muestreo temporales en las diferentes series de suelo.....	29
2 - Curva promedio de índice de sitio del municipio de Jalapa.....	39
3 - Familia de curvas de índice de sitio del municipio de Jalapa.....	41
4 - Curvas de índice de sitio para Pinus oocarpa, utilizadas en Honduras.....	42

RESUMEN

El bosque de pino, actualmente es uno de los principales rubros forestales que aportan beneficios económicos al país, dada la calidad de la madera, su aceptación en el mercado nacional e internacional, así como los beneficios sociales que éste conlleva con la generación de empleos.

Para facilitar el avance del desarrollo forestal, es necesario disponer de herramientas que ayuden a maximizar su rendimiento, mediante la planificación adecuada del recurso por lo que es impostergable dar inicio a la búsqueda y consolidación de éstas.

Dentro de este contexto, el proyecto forestal "Pie de Monte, Jalapa" auspició la presente investigación, la cual tuvo como finalidad desarrollar una metodología para evaluar la calidad de sitio en los bosques de pino del municipio de Jalapa, mediante la construcción de curvas de índices de sitio que explican el crecimiento en altura de los árboles en función de la edad.

Los datos usados en este trabajo provienen de mediciones en parcelas temporales, establecidas en los pinares del municipio según las series de suelo, se tomó una muestra de 251 parcelas, cada una de las cuales representa un par de datos de altura dominante y edad. Estos fueron analizados en los programas Lotus 123 Versión⁹ y MINITAB para Windows.

Para construir las curvas de índice de sitio en las series de suelo, se probaron siete modelos, dentro de los cuales resultó elegido el modelo $\text{LnH} = \beta_0 + \beta_1 * 1/E$. En la construcción de la familia de curvas de índice de sitio para la zona, se utilizó el método de pendiente común, se probaron once modelos, siendo elegido el modelo $\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * E - \beta_2 * \text{LnE} + \beta_3 * \text{LnE}^2$.

Los criterios para elegir los modelos están basados en los coeficientes de determinación (R^2), coeficientes de correlación (R) desviación estandar residual (S) y los estadígrafos de distribución F_c y T_c -Student para efectos de comparación.

Las curvas promedio de índice de sitio de cada serie presentan un crecimiento en altura que va de los 19.1 metros en Campo Hermoso a los 26.6 metros en Macaralí.

La familia de curvas de índice de sitio de la zona se construyeron con una separación de cinco metros entre cada índice de sitio, las cuales inician en los 13 metros y culminan en los 33 metros, utilizando una edad base de 35 años.

I.- INTRODUCCION

En los últimos años en América Latina ha despertado el interés de aumentar la producción de los recursos forestales sin dañar el medio ambiente, esto requiere de grandes inversiones y además de innumerable información para optimizar el rendimiento de los recursos que existen en estos ecosistemas. En este sentido un sinnúmero de organizaciones inscritas dentro de convenios multilaterales han financiado la formulación y ejecución de proyectos forestales para ensayar métodos que generen una producción sostenida (Hughell, 1990).

Sin embargo, un alto porcentaje de estos no han cumplido con las expectativas que se han trazado, debido a la complejidad de factores adversos, especialmente a la falta de información adecuada y oportuna a la hora de tomar decisiones para definir con menores riesgos las proyecciones y además a la falta de herramientas eficientes, que permitan transformar los datos de campo en información que sirva para realizar el manejo adecuado de los recursos forestales, con el objetivo de obtener una producción óptima (Fonseca, 1986).

En Nicaragua los bosques de coníferas constituyen una importante contribución económica dentro de los rubros productivos. El aporte de estos bosques motiva a los investigadores a realizar ensayos, con el objetivo de ayudar a optimizar los recursos.

Uno de los temas de mayor urgencia en el país para ser investigado es la evaluación de la calidad de sitio, el cual condiciona el crecimiento de cualquier especie (Luque, 1981). El presente trabajo, es el punto de partida en este tipo de investigaciones, en particular, se pretende clasificar una parte de los sitios de Jalapa, en donde tiene lugar el crecimiento de las Pinaceas, mediante un sistema de clasificación basada en el desarrollo de curvas que expresen la correlación entre la altura dominante y la edad, a través de las cuales se pueda estimar el índice de sitio.

Las variables de estado que normalmente se utilizan para el estudio de los índices de sitio (IS) son la edad y la altura dominante (Zepeda, 1984), éstas se tomaron de parcelas temporales ubicadas al azar, de acuerdo a una estratificación preestablecida a través de estudios cartográficos. Para realizar el análisis estadístico, se probaron una diversidad de modelos matemáticos definidos, para ajustarlos a bases de datos conformadas por las variables de estado, el modelo elegido en este trabajo, estima con exactitud el crecimiento en altura de los árboles en función de la edad.

Los objetivos planteados en este trabajo son los siguientes:

GENERALES:

- Realizar estudios de índices de sitio, a través de muestreos en parcelas temporales ubicadas al azar, en los bosques de *Pinus oocarpa* del municipio de Jalapa.

ESPECIFICOS:

- Ajustar un modelo matemático para generar curvas de índices de sitio de acuerdo a series de suelo.

- Construir una curva promedio de índice de sitio en cada serie de suelo del municipio de Jalapa.

- Construir una familia de curvas anamórficas de índice de sitio para el municipio de Jalapa.

- Comparar las curvas de índices de sitio construidas en este trabajo, con las curvas utilizadas en Honduras.

II.- REVISION DE LITERATURA

2.1.- DESCRIPCION DE LA ESPECIE

2.1.1.- TAXONOMIA

El *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlecht Subsp *oocarpa*. es conocido en Nicaragua con el nombre de Pino ocote, Pino de altura entre otros nombres, taxonómicamente la especie se ubica dentro del género de las gimnospermas y pertenece a la familia de las Pinaceae (CMG y BSF, 1994).

2.1.2.- MORFOLOGIA

Es un árbol que normalmente crece hasta 36 metros de altura, algunas veces alcanzando los 48 metros con un DAP de 50 a 65 cms. Copa cónica pero irregular en árboles viejos con ramas más o menos péndulas. Corteza áspera, café oscura o negruzca; profundamente fisurada, descascarándose en plaquetas gruesas, elongadas e irregulares; anaranjado rojizo en las fisuras. Follaje verde oscuro, erecto o esparcido, tosco y grueso. Cinco ascículas por fascículo (raramente seis) gruesas y toscas de 12 a 28 cms. de longitud; vainas persistentes, amplias, café oscuras, ásperas y escamosas, de 10 a 30 mm. de longitud. De 3 a 8 canales resinosos, la mayoría septales (que toca tanto al hipodermo como

al endodermo). Conos ovoides abriéndose para formar rosetas, muy variable en tamaño, pero usualmente de 2.5 a 10 cms. de largo por 4 a 7.5 cms. de ancho; color café mate, nacen pedúnculos rígidos de hasta 3 cms. de longitud; escamas gruesas, planas o ligeramente convexas con apófisis alzados (CMG y BSF, 1994).

2.1.3.- DISTRIBUCION Y REQUERIMIENTOS

La distribución natural en América se extiende desde Guatemala hasta el centro de Nicaragua (IRENA, 1992) se presenta entre los 700 a 1,300 metros sobre el nivel del mar en las montañas del norte del país en los departamentos de Nueva Segovia, Madriz, Jinotega, Matagalpa, Chinandega y León. Generalmente los rodales son muy irregulares y degradados por la sobreexplotación y los fuegos frecuentes. La distribución esta restringida a los sitios ecológicos más pobres y secos con una precipitación anual de 800 a 1,200 mm. Los rodales son abiertos, muchas veces crecen en suelos superficiales con poco humus o a veces sobre rocas descubiertas. Generalmente los suelos se derivan de granitos dando paso a arenas con abundante cuarzo o de rocas volcánicas, principalmente toba riolítica e ignimbritas. Estos suelos son ácidos (Ph 5.5 a 6.0) de buen drenaje (CMG y BSF, 1994).

Su madera es usada en ebanistería, construcción, plywood, postes de alumbrado eléctrico, resinas, etc. Del tronco se extrae una gomoresina llamada trementina de la cual se pueden preparar

una gran variedad de productos como agua ras, betunes, etc. (IRENA, 1992).

2.2.- CALIDAD DE SITIO

La calidad de sitio es uno de los factores de mayor influencia en el crecimiento y rendimiento de la producción forestal. Al hablar de calidad de sitio se está evaluando la productividad que puede generar un determinado sitio en el tiempo y en el espacio (Salas, 1987).

La calidad del sitio es una variable de estado que se utiliza como criterio para evaluar una estación de procedencia, sin embargo, diversos autores la definen de conformidad a sus propias experiencias sin que ello genere algunas contradicciones, ya que al mismo concepto se le puede interpretar de distintas maneras y significa lo mismo, siempre que sus elementos principales se mantengan presentes.

Por ejemplo:

Fonseca (1986), citando a la sociedad Americana de Forestales indica que la calidad de sitio, también denominada estación, se define como un área ecológica con capacidad de producir bosques mediante la combinación de factores bióticos y abióticos.

Luque (1981), señala que la calidad del sitio es uno de los principales determinantes del crecimiento y rendimiento de la

producción forestal por lo que su estudio es básico para el manejo forestal óptimo.

Rowe (citado por Chinchilla, 1989), lo define como la combinación de condiciones bióticas, climáticas y edáficas de un área con referencia a su capacidad de producir bosque.

Zepeda (1984), define calidad de sitio como el carácter o cualidades distintivas, que indican en forma un tanto relativa el grado de productividad en un lugar, bajo las condiciones imperantes del momento en que se efectúa la estimación de ésta.

Salas (1987), define la calidad de sitio como la suma de muchos factores ambientales; profundidad del suelo, textura, características de sus perfiles, su composición mineral, pendientes, erosión, microclima, las especies que viven dentro y sobre él y otros más.

2.3.- OBJETIVOS DE LA EVALUACION DE LA CALIDAD DEL SITIO

El objetivo fundamental es determinar el potencial del sitio para producir árboles, tomando en cuenta tanto el crecimiento de los árboles como los factores ambientales que lo determinan, esto permite realizar una mejor planificación del manejo que se le debe dar, ya que nos brinda información acerca de la capacidad productiva de dicho sitio.

Según Vincent (1975), el estudio de la calidad de sitio tiene como objetivo:

- Estimación de rendimiento total en bosques tanto naturales como plantaciones.
- Planificación y realización de trabajos de investigación.
- Extrapolación de los valores de calidad de sitio a áreas no limitadas.
- Elaboración de mapas de calidad de sitio y su utilización práctica, que conlleva una disminución de las operaciones básicas.

2.4.- METODOS DE EVALUACION DE LA CALIDAD DE SITIO

Para la determinación de la calidad de sitio se han utilizado una gran variedad de métodos, de los cuales hoy en día no se ha llegado a determinar cuál es el mejor, aunque se utilice con mayor frecuencia la altura en función de la edad.

Existen clasificaciones diversas, de las cuales algunas coinciden en los aspectos que toman en cuenta, mientras que otras generalizan o profundizan más la información de la calidad de sitio.

El primer problema acerca del sitio es como medirlo y en que términos. Se ha intentado separar un factor ambiental que sirva como indicador de la calidad de sitio, labor compleja y difícil, ya que para llegar a entender el crecimiento de los árboles relacionados con su medio ambiente no se pueden estudiar los factores individuales del sitio en forma aislada (Velez, citado por Chinchilla, 1989).

La dificultad en separar factores que componen la calidad de sitio, ha hecho que los esfuerzos para evaluarla se hayan orientado a encontrar un conjunto de características del bosque y del medio (sitio) que más afectan y mejor expresan el potencial de sitio de un área (Pulido, citado por Fonseca, 1986).

Clutter et al (citado por Chinchilla, 1989), señala que los métodos para la determinación de la calidad del sitio se pueden clasificar en directos e indirectos.

Los primeros usan información directa de los arboles, mientras que los otros usan factores que no son característicos del árbol, sino aspectos del medio ambiente, que influyen en el crecimiento.

Este clasifica dentro de los métodos indirectos los siguientes:

- Estimación mediante la relación entre especies del sotobosque.
- Estimación mediante características de la vegetación menor.
- Estimación mediante factores topográficos, edáficos y climáticos.

Por otra parte los métodos directos los clasifica de la siguiente forma:

- Estimación mediante el rendimiento por registros históricos.
- Estimación basada en el volumen del rodal.
- Estimación basada en la altura del rodal.
- Estimación mediante registros periódicos de altura.

Carpenter, Heiber y White (citados por Fonseca, 1986), presentan tres enfoques para la evaluación de la calidad de estación.

-Criterios ecológicos: Utilizando elementos del clima y del suelo ligados al desarrollo de los árboles.

-Criterios dasométricos: Estudiando la producción de las masas forestales por el desarrollo y evolución de las características métricas estrechamente relacionadas con el volumen maderable.

-Criterios florísticos: Establecimiento de tipos de bosques que responden a requerimientos en cuanto a clima y suelo.

En relación a las características de la vegetación a considerar en los estudios de calidad de sitio, en varias conferencias en los Estados Unidos se discutía con base en los siguientes puntos (Vincent, 1975):

-Evaluación en base en la altura.

-Evaluación en base al volumen.

-Evaluación en base a tipos de bosques o tipos fisiográficos.

2.4.1.- EVALUACION EN BASE A LA ALTURA

Entre las características de la vegetación, la altura es el parámetro de uso más práctico en la evaluación de la calidad de sitio. Algunos autores señalan que entre los factores que intervienen en la formación del volumen, la altura total o altura dominante es el parámetro que refleja más fielmente las variaciones del sitio, ya que es casi independiente o insensible

a la densidad o espesura del rodal y a los tratamientos realizados a la masa, además, la determinación de la altura es una operación sencilla y fácil de lograr (Chinchilla, 1989).

Entre los principales métodos para determinar la capacidad productiva de un sitio con base a la altura de la masa están los siguientes (Vincent, 1975):

-Altura mayor-Altura dominante: Altura media de los 100 árboles más altos y bien distribuidos por hectárea.

-Altura promedio: Altura promedio de los árboles dominantes y codominantes.

-Altura máxima: Altura media de los 100 árboles más gruesos y bien distribuidos por hectárea.

La altura promedio es el indicador más ampliamente utilizado en los Estados Unidos y Canadá; aplicado a bosques de coníferas (Vincent, 1975); sin embargo, el mismo autor y Spurr (citado por Fonseca, 1986), apuntan algunos inconvenientes en su uso:

-Las clases de dominancia y codominancia son subjetivas.

-Las labores silviculturales pueden cambiar la altura promedio de los dominantes y codominantes.

-Algunos codominantes pueden desaparecer del dosel principal y no pueden ser medidos.

-Con frecuencia es difícil ver el tope de los codominantes en arbolados altos y densos y por lo tanto es difícil medir sus alturas con exactitud.

Por otra parte y respecto a la altura máxima se menciona que no siempre los árboles más gruesos son los más altos. Ante estas desventajas de los indicadores descritos se considera la altura dominante como el mejor indicador para asignar calidad de sitio (Vincent, 1975).

2.4.2.- EVALUACION EN BASE AL VOLUMEN

Según Fonseca (1986), si se pretende evaluar la calidad de sitio, el volumen es el parámetro más adecuado, sin embargo, su aplicabilidad es limitada debido a varios inconvenientes:

- El cálculo del volumen es una operación laboriosa y compleja.
- Pocas veces se conoce el volumen de madera extraído de las parcelas antes de la edad base (edad tomada como base para determinar la calidad del sitio).
- El volumen está influenciado por la edad, especie, densidad, tratamientos aplicados a la masa y factores genéticos.
- Otros factores que afectan su aplicabilidad son la tabla de cubicación empleada y los errores en la determinación de las variables que determinan el volumen.

2.4.3.- EVALUACION EN BASE A PLANTAS INDICADORAS

Según Spurr (citado por Chinchilla, 1989), la presencia, abundancia relativa y dimensión relativa de ciertas especies, reflejan la naturaleza del ecosistema del bosque en que viven,

por tal razón pueden considerarse como indicadores de la calidad de sitio.

Este método se basa en que algunas de las especies de la vegetación menor que forman un tapiz más o menos rastrero, son tan sensibles a la fertilidad de un sitio que su ausencia o presencia permite establecer criterios de clasificación en cuanto a calidad de estación.

El uso de este método está respaldado por las experiencias en Finlandia, Europa Central y América del Norte (Fonseca, 1986).

2.4.4.- EVALUACION EN BASE AL MEDIO AMBIENTE FISICO

Existen casos en donde debido a alteraciones en la vegetación no es posible utilizar elementos de la misma para evaluar o clasificar la capacidad productiva de un sitio (Fonseca, 1986). Ejemplos de estos son las tierras agrícolas y tierras sin bosques por reforestar; áreas recientemente quemadas o afectadas por el pastoreo y las plagas, masas con extremos de espesura o áreas que sustentan un tipo de bosque y quieren convertirlo en otro (Vincent, 1975).

En estos casos, la productividad de un sitio es a menudo obtenida o estimada mediante un análisis de habitat, prescindiéndose del uso de la vegetación. Cualquier otro factor o factores de medio ambiente, simple o combinados, pueden ser usados como índices de la calidad de sitio, con la condición de que para ser un índice útil, su medición debe ser sencilla,

económica y además estar altamente correlacionada con la productividad del bosque (Vincent, 1975).

No es posible estudiar factores individuales del medio ambiente en relación con la calidad de la estación. En tal caso las interrelaciones e interdependencias no se tomarían en cuenta. La calidad de sitio depende de factores efectivos (climáticos y edáficos) de los cuales uno o varios son más dominantes; siendo necesario determinar su importancia (Vincent, 1975).

Este tipo de evaluaciones de calidad de sitio con respecto al medio ambiente, pueden hacerse en base al clima, tomando elementos como precipitación y temperatura; para comparar el crecimiento actual y potencial del bosque en varias regiones geográficas, asumiendo similares condiciones de suelo.

Es posible realizar una evaluación de calidad de sitio en base a factores edáficos y topográficos, considerando las condiciones del suelo, topografía, exposición, etc.; siendo útil este tipo de evaluación para estudios locales de calidad de sitio (Vincent, 1975).

2.5.- INDICE DE SITIO

Huguell (1990), menciona que una de las formas de clasificar la calidad del sitio es mediante el Índice de Sitio, el cual lo define, como la altura dominante que tiene un rodal a una edad base, que no es más que el número de años que se eligen para determinar un índice de sitio.

Vélez (citado por Chinchilla, 1989), lo define como un índice de la capacidad productiva del suelo en función del bosque, que a la vez constituye el medio más usual para la clasificación de tierras forestales.

Chinchilla (1989), señala que en Estados Unidos usualmente se expresa la productividad de los terrenos por medio del índice de sitio, como una expresión de la calidad del sitio forestal, basado en la relación de altura de los árboles dominantes y codominantes de igual edad, en un momento determinado.

Normalmente el Índice de Sitio se expresa en forma de curvas y su empleo sirve para mostrar el desarrollo de la altura a una edad determinada o para determinar los índices de calidad de un sitio forestal (Velez, citado por Chinchilla, 1989).

Para construir estas curvas es necesario contar con suficientes datos obtenidos de un muestreo adecuado, en el cual deben estar incluidas todas las variaciones posibles tanto de altura del dosel, como de las variaciones existentes en el terreno (Fonseca, 1986).

2.6.- CONSTRUCCION DE CURVAS DE INDICE DE SITIO

Una de las formas de clasificar la calidad de sitio es mediante los índices de sitio . El Índice de Sitio es aquel que expresa cuantitativamente la relación de la altura con la edad de los árboles. Es el resultado de una gran variedad de factores, unos controlables por el hombre (espaciamiento y fertilidad) y

otros incontrolables, como el clima, los cuales condicionan la calidad de sitio (Zepeda y Rivero 1984).

Tschinkel (citado por Chinchilla, 1989), anota que las curvas de índice de sitio son una representación idealizada del crecimiento de la altura de los árboles dominantes de un rodal durante su vida. Su construcción requiere la medición de la altura de los árboles dominantes de numerosas parcelas de edad conocida y el cálculo de la regresión entre la edad y la altura, usando modelos matemáticos que expresen la tendencia del fenómeno biológico.

La construcción de curvas altura-edad para diferentes clases de sitio es el primer paso en la construcción de modelos de crecimiento y rendimiento. Estas curvas se desarrollan midiendo la altura y la edad de muchas comunidades en un momento determinado, ajustando estos datos a una curva promedio de altura-edad y construyendo una serie de curvas más altas o más bajas, con la misma forma que la forma guía (Alder, 1980).

Las curvas de índice de sitio se construyen para mostrar el desarrollo de rodales que alcanzan una altura dada a una edad dada y para propósitos de clasificación.

Para la construcción de curvas de índices de sitio los datos para el análisis y elaboración pueden provenir de parcelas temporales, parcelas permanentes o de análisis fustales. Para la elaboración de este trabajo los datos provienen de parcelas temporales, de las cuales se obtiene información inmediata de aceptable precisión y a bajos costos.

Alder (1980), plantea que la construcción de curvas de índice de sitio puede hacerse por métodos gráficos o por métodos matemáticos.

2.6.1.- CONSTRUCCION POR METODOS GRAFICOS

El procedimiento consiste en plotear todos los datos de altura-edad (altura en el eje " Y " y edad en el eje " X ") de un número de árboles investigados de una especie.

Los datos de las parcelas deben unirse por medio de líneas rectas; luego se trazan tres curvas a mano, dichas curvas deben seguir la tendencia de los datos de las parcelas del borde superior, inferior y la tendencia central, (Alder, 1980).

Las curvas trazadas deben ser tan paralelas como sea posible a la curva generada por los datos provenientes de las parcelas.

2.6.2.- CONSTRUCCION POR METODOS MATEMATICOS

Estos métodos tienen la ventaja del uso de computadoras si el número de datos es grande, además facilita obtener modelos estimativos y permite tener versatilidad en el manejo de la información. Sin embargo, no debe suponerse que los resultados obtenidos son más precisos que el trazado de curvas por métodos gráficos, pues esta precisión dependerá del modelo de crecimiento

escogido y de la validez de las inferencias estadísticas usadas en el ajuste de los parámetros del modelo (Alder, 1980).

El primer paso es estimar el valor de los coeficientes β_0 , β_1 , β_2, \dots, β_n del modelo mediante una regresión, para luego incorporarlos al mismo, con éste se construye la curva guía, posteriormente se aplica el método de intercepto o pendiente común, según sea el caso, para describir una familia de curvas de diferentes índices de sitio. Estos modelos permiten estimar el índice de sitio con base en una altura dominante o estimar la altura dominante con base en un índice de sitio (Huguell, 1990).

Cabe mencionar que con el avance de la ciencia y la tecnología, en especial de la informática, este método es el de mayor uso en la actualidad, ya que se tiene la ventaja de trabajar con una gran cantidad de información a alta velocidad y con un alto nivel de precisión, ésta puede ser seguramente almacenada y puede ser intercambiada y analizada por varios investigadores al mismo tiempo lo que facilita y mejora el trabajo, con la única desventaja de que a veces resulta caro disponer de un equipo de computadoras para realizar estos análisis estadísticos.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- LOCALIZACION Y DESCRIPCION GENERAL DEL AREA

El área de estudio se localiza en el municipio de Jalapa, el cual cuenta con una extensión de 596 Km² y representa el 17.83% del departamento de Nueva Segovia que tiene una superficie de 3,341 Km². Se compone de un paisaje formado por valles, lomeríos, vegas en las riveras de los ríos, llanos de pie de monte y montañas (IRENA ,1993).

El relieve que predomina es el de plano a escarpado, presentando rangos de pendientes que van desde 1% hasta mayores del 50%. Las altitudes sobre el nivel del mar, van desde los 600 msnm. en el valle y a los 1,200 msnm. en las colinas.

La precipitación promedio anual oscila entre los 1,400 mm en el Sur y 2,000 mm en el Norte caracterizándose por una distribución regular durante el año con mayor peso en los meses de Junio a Octubre y un verano de 3 a 4 meses.

La población total del municipio es de unos 46,000 habitantes, de los cuales 33,000 se distribuyen en la zona urbana (IRENA, 1993), aunque el municipio tiene su limitante hasta la comunidad La Mía, la planicie del valle se extiende más hacia el Sur llegando a las comunidades Santa Barbara, Aranjuez y San Nicolás, estas, comunidades pertenecen a los municipios San Fernando y Jícaro pero históricamente han venido siendo atendidas

por el municipio de Jalapa; por lo tanto el área física del territorio de Jalapa y de las demás comunidades llega aproximadamente a 730 Km², de los cuales 567 Km² son montañosos, 161 Km² cubren lo que se ha llamado el valle de Jalapa y sus colinas, de estos 80.5 Km² son de la parte plana y los otros 80.5 Km² corresponden a colinas (cuadro No. 1).

Cuadro No. 1 Descripción general del municipio de Jalapa en 1993.

DESCRIPCION DEL AREA	SUPERFICIE Km ²	PENDIENTE %	PRECIPITACION mm/anuales	ALTITUD msnm.	NUMERO DE HABITANTES
Montañoso	567	> 30	1,400 - 2,000	600-1,200	13,000
Valle de Jalapa:					33,000
Parte plana	80.5	1 - 10			
Colinas	80.5	15 - 30			

3.2.- DESCRIPCION DE LAS SERIES DE SUELO

La información de la descripción de las primeras tres series de suelo fue recopilada del trabajo realizado por IRENA en 1993, el cual consistió en levantamientos topográficos y análisis físico-químico de los suelos de la zona en estudio. La descripción de las series de suelo restantes fue realizada durante la elaboración del presente trabajo siguiendo la metodología descriptiva usada por IRENA.

La descripción de la vegetación mayor se realizó por observaciones propias durante la etapa de campo, donde fueron observados tres estados diferentes.

En los sitios Teotecacinte y Macaralí la vegetación mayor se observó en buen estado, predominando el estrato de bosque en

desarrollo, esto se debe sin duda al adecuado manejo que recibe el bosque por parte de sus propietarios.

En los sitios El Carbón y El Limón la vegetación mayor se encontraba en regular estado, producto de un inadecuado manejo, indicios de incendios, ataques de *Dendroctonus frontalis* y de una excesiva intervención del hombre, principalmente en El Limón.

En los sitios Aranjuez y Campo Hermoso apreciamos un bosque en mal estado, situación que empeoró en Campo Hermoso, debido a los incendios y a las excesivas intervenciones del hombre en décadas anteriores.

3.2.1.- SERIE "POZA REDONDA". SITIO MACARALI. COLECTIVO "LOS CRUCES"

Descripción general:

Suelos profundos, bien drenados moderadamente erosionados, con una permeabilidad moderada y un escurrimiento superficial de moderado a rápido, relieve ondulado a escarpado, con pendientes de 4 a 50%, alturas que oscilan entre 500 y 900 metros sobre el nivel del mar. Desarrollados a partir de rocas ácidas (granito).

Todas las series de suelo objeto de estudio se encuentran en la zona de vida bioclimática de Bosque Húmedo Subtropical y su precipitación pluvial varía entre los 1,500 y 2,000 mm. anuales, con una temperatura media anual de 24°C y una biotemperatura menor de 24°C.

Características morfogénéticas:

Son suelos minerales con una secuencia de horizontes A-Bt-C. El horizonte A es de espesor moderado (20 cms.); franco, de color negro y bien estructurado. El horizonte B (argílico), es grueso (70 cms.); franco arcilloso a franco arenoso, de color pardo a pardo amarillento oscuro, bien estructurado. El horizonte C es de espesor grueso (30 cms.) franco arcillo arenoso, color pardo fuerte y sin estructura (masivo).

Características fisicoquímicas:

El contenido de materia orgánica es medio (5.3 %) en el horizonte A y muy bajo (0 a 1.1 %) en el resto del perfil. La reacción química es medianamente ácida (Ph de 5.6 a 6.6) en todo el perfil. La capacidad de intercambio catiónico (NH_4OAc) es baja (21.0 meq/100 gr. de suelo) en el horizonte A; media (27.3 a 27.9 meq/100 gr. de suelo) en el horizonte B; media (23.9 meq/100 gr. de suelo) en el horizonte C.

El porcentaje de saturación de bases es alto (49 %) en el horizonte A; y muy alto (69 a 77 %) en el resto del perfil. El contenido de fosforo aprovechable es bajo (1 a 6 ppm.) en todo el perfil; el de potasio asimilable es bajo (70 ppm) en el horizonte A; medio (80 a 130 ppm) en el horizonte B y bajo (50 ppm) en el horizonte C (Anexo No. 1).

Taxonómicamente fueron clasificados como: *Typic Tropudalfs*.

3.2.2.- SERIE "FILA LOS COYOTES". SITIO "EL CARBON"

Descripción general:

Suelos profundos, bien drenados, moderado a fuertemente erosionados, gravosos, con una permeabilidad moderada y un escurrimiento superficial rápido, relieve moderadamente escarpado a montañoso, con pendientes de 30 a 75 % y elevaciones entre 700 y 900 msnm. desarrollados a partir de rocas ácidas (granito).

Características morfogenéticas:

Son suelos minerales con una secuencia de horizontes A-Bt-C. El horizonte A es delgado (16 cms. de espesor), franco de color negro y bien estructurado. El B (argílico) es grueso (66 cms. de espesor), franco arcillo arenoso, colores de pardo a pardo oscuro y bien estructurado. El horizonte C es moderado (30 cms. de espesor), franco arenoso, color pardo amarillo y sin estructura.

Características fisicoquímicas:

En todo el perfil se encontró un contenido de materia orgánica que va de bajo a muy bajo (4.4 a 0.3 %). La capacidad de intercambio catiónico (NH_4OA_c) es muy baja (8.1 a 14.2 meq/100 grs. de suelo). La saturación de bases es alta (55 a 79 %). La reacción química es medianamente ácida a ligeramente ácida (Ph 5.7 a 6.5). El contenido de fósforo aprovechable es bajo (1 a 3 ppm.). El potasio asimilable es de medio a bajo, con valores de 100 a 20ppm. (Anexo No. 2) .

Taxonómicamente fueron clasificados como: *Typic Tropudalfs*.

3.2.3.- SERIE "CERRO CHICHIGÜISTE". SITIO "EL LIMON"

Descripción general:

Son suelos profundos, bien drenados, poco erosionados, gravosos, con una permeabilidad moderada a rápida y un escurrimiento superficial de moderadamente rápido a rápido, relieve suavemente ondulado a muy escarpado, con pendientes de 4 a 75 % y elevaciones entre 700 y 1,100 msnm. Fertilidad media a baja y desarrollados de rocas igneas ácidas (granito).

Características morfogenéticas:

Son suelos minerales relativamente jóvenes y están en una etapa reciente de desarrollo genético, con una secuencia de horizontes A-B-C. El horizonte A es delgado (14 cms. de espesor), pardo grisáceo, muy oscuro, franco a franco arcilloso y moderadamente estructurado. El horizonte B (cámbrico), es moderado (36 cms. de espesor), pardo oscuro a pardo, franco arcillo-arenoso, con pocas gravas de cuarzo e igualmente estructurado. El horizonte C, en este caso es grueso (50 cms. de espesor), con muchas gravas de cuarzo (60 a 90 %), pardo oscuro a pardo amarillento y masivo.

Características fisicoquímicas:

El contenido de materia orgánica es bajo a muy bajo va de 4.4 a 0.2 % en todo el perfil. La capacidad de intercambio catiónico (NH_4OA_c) con un rango de 19.0meq/100 grs. de suelo, es de igual forma baja en el horizonte A y muy baja (11.5 a 14.5 meq/100 grs. de suelo) en los horizontes subsiguientes.

La saturación de bases es media (43 a 50 %) en todos los horizontes y la reacción del suelo es medianamente ácida (Ph de 5.6 a 5.8) en todo el perfil. Además, se encontró un bajo contenido de fósforo (2 a 6 ppm.) y un contenido medio de potasio de 90 ppm en el horizonte A y bajo (70 ppm.) en el resto del perfil, (Anexo No. 3).

Taxonómicamente fueron clasificados como: *Typic Dystrobepts*.

3.2.4.- SERIE "CAMPO HERMOSO". SITIO "CAMPO HERMOSO"

Descripción general:

Suelos profundos, bien drenados, de moderados a fuertemente erosionados, gravosos, con permeabilidad moderada a rápida y un escurrimiento superficial rápido, relieve moderadamente escarpado a muy escarpado con pendientes de 5 a 70% y elevaciones entre 570 y 700 msnm.

Características morfogénéticas:

Son suelos minerales con una secuencia de horizontes A-B-C. El horizonte A es delgado (8 cms. de espesor), pardo grisáceo franco arcilloso y moderadamente estructurado. El horizonte B cámbrico es delgado (16 cms. de espesor), pardo amarillento oscuro, franco arcilloso, con abundantes gravas de cuarzo, moderadamente estructurado. El horizonte C es grueso (30 cms. de espesor) de textura franco arenosa, con muchas gravas de cuarzo (50 a 70 %), de color pardo amarillento.

Características fisicoquímicas:

El contenido de materia orgánica es medio de 0.4 a 4.3% en los perfiles A y B y bajo a muy bajo en el resto del perfil, la capacidad de intercambio catiónico (NH_4OA_c) en el horizonte C es baja (18.4 a 22.3 meq/100 g. de suelo) y muy baja en los horizontes A y B (9.3 a 13.8 meq/100 g. de suelo), la reacción del suelo es ligeramente ácida (pH de 6.1 a 6.4), (Anexo No. 4).

3.2.5.- SERIE "TEOTECACINTE". SITIO "TEOTECACINTE"

Descripción general:

Suelos profundos, bien drenados, poco erosionados, con una permeabilidad moderada y un escurrimiento superficial rápido, relieve suavemente escarpado a montañoso con pendientes de 25 a 50% y elevaciones entre 750 y 1,000 msnm.

Características morfogenéticas:

Son suelos minerales con una secuencia de horizontes A-Bt-C. El horizonte A, tiene un espesor moderado de 20 cms., de color pardo muy oscuro y moderadamente estructurado. El horizonte B (argílico) es grueso (50 cms.); de color pardo rojizo a pardo amarillento oscuro, bien estructurado. El horizonte C es moderadamente grueso (27 cms.), de color pardo amarillento y de textura franco-arenoso en todo el perfil.

Características fisicoquímicas:

En el perfil A se encontró un contenido de materia orgánica medio de 3.5% y bajo a muy bajo 0.91 a 0.39% en el resto del perfil: la capacidad de intercambio catiónico es muy baja (2.4 a 4.0 meq/100 g. de suelo) y la reacción del suelo es medianamente ácida (pH de 5.7 a 6.1) en todo el perfil, (Anexo No. 5).

3.2.6.- SERIE "ARANJUEZ". SITIO "ARANJUEZ"

Descripción general:

Son suelos profundos bien drenados, suavemente erosionados, con una permeabilidad moderada y un escurrimiento superficial moderadamente rápido, relieve ondulado a muy escarpado, con pendientes de 2 a 40% y elevaciones entre 620 a 680 msnm.

Características morfoгенéticas:

Son suelos minerales con una secuencia de horizontes A-B-C. El horizonte A es delgado (12 cms. de espesor), pardo grisáceo franco y moderadamente estructurado. El horizonte B (cámbrico), es igualmente delgado con 16 cms. de espesor, pardo oscuro, franco a franco-arenoso, con abundantes gravas de cuarzo, moderadamente estructurado. El horizonte C es grueso con 38 cms. de espesor, con muchas gravas de cuarzo (60 a 85%), de color pardo muy oscuro.

Características fisicoquímicas:

En los perfiles A y B se encontró un contenido de materia orgánica medio que va 6.30 a 6.23% y muy bajo 0.26 a 0.79 en el resto del perfil, la capacidad de intercambio catiónico es baja a muy baja (2.4 a 18.4meq/100g. de suelo), la reacción del suelo es medianamente ácida con un pH que va de 5.8 a 6.5, (Anexo No. 6).

3.3.- ETAPA DE CAMPO.

3.3.1.- INSTALACION DE LAS PARCELAS TEMPORALES DE MUESTREO EN LAS SERIES DE SUELO.

Una vez seleccionadas las series de suelo, se instalaron parcelas temporales de forma circular de 500 m² distribuidas al azar en cada serie (Figura No. 1).

3.3.2.- TOMA DE DATOS.

Las variables dasométricas a medir, necesarias para la construcción de curvas de índice de sitio fueron la altura total con pistola Blume Leiss y la edad de los 2 ó 4 árboles dominantes en cada parcela (aproximadamente el 10% del total de árboles de la parcela) con barrenos de Presley. La altura a utilizar es la dominante, mientras que la edad corresponde al promedio aritmético de las edades de todos los árboles dominantes

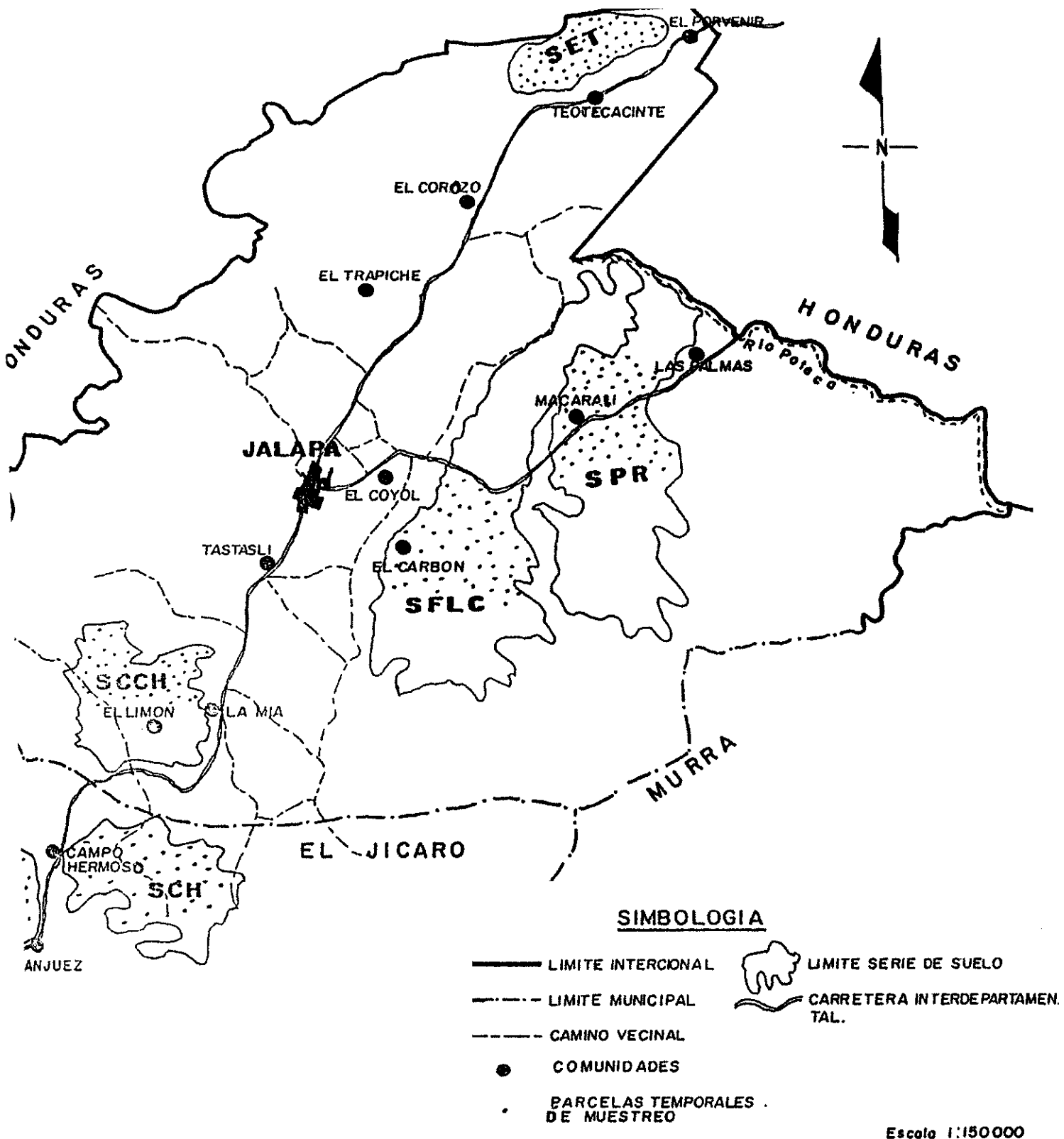


Figura No 1. Distribución de las parcelas temporales en las diferentes series de suelo.

considerados en la parcela, de esta manera cada parcela representa un par de datos de altura dominante-edad.

Las variables de sitio medidas fueron, altura sobre el nivel del mar con altímetro Sunto, el porcentaje y dirección de la pendiente con clinómetro Sunto y brújula y el grado de intervención, mediante observaciones propias.

Las variables dasométricas y las variables de sitio fueron anotadas en formatos de anotación diseñados con el objetivo de recopilar la información necesaria (Anexo No. 7).

Las muestras de suelos se obtuvieron realizando calicatas de 1.30 metros de profundidad en los sitios Aranjuez, Teotecacinte y Campo Hermoso; en cada perfil se sacaron muestras de 1 a 2 libras de cada horizonte. Luego se depositaron en bolsas plásticas debidamente etiquetadas para ser enviadas al laboratorio de Suelos y Aguas, de la Universidad Nacional Agraria, para determinar las características fisicoquímicas y morfogenéticas de cada horizonte en cada perfil.

3.4.- PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION.

Se utilizó el programa Lotus 123 versión 5 para Windows, para crear una base de datos con la información obtenida en la etapa de campo. Las mediciones se organizaron por parcela y luego por serie, para realizar el análisis estadístico y graficar los datos de la altura dominante contra la edad, para determinar la curva guía de cada serie y la zona, además, para identificar las

inconsistencias y poca cobertura de los datos en el muestreo, en estos casos las parcelas deben eliminarse o bien debe aumentarse el número de parcelas.

Se inició con un total de 273 parcelas temporales (987 mediciones), luego se realizó una depuración de los datos y se eliminaron aquellos que presentaban un crecimiento anormal al patrón de crecimiento del resto. El resultado de la depuración fue un grupo de datos de 251 parcelas (914 mediciones), que fueron usadas para la construcción de las curvas de índices de sitio (Anexo No. 8), distribuidas en cada una de las series, (cuadro No. 2).

Cuadro No. 2. Distribución de las parcelas en las series de suelo.

SERIE	No. DE PARCELAS	AREA DE LAS PARCELAS	AREA TOTAL
Aranjuez	53	500 m ²	2.65 Ha
Campo Hermoso	26	500 m ²	1.30 Ha
El Carbón	44	500 m ²	2.2 Ha
El Limón	34	500 m ²	1.70 Ha
Macaralí	52	500 m ²	2.6 Ha
Teotecacinte	47	500 m ²	2.35 Ha

La meta es llegar a obtener una muestra de datos que tengan una representación balanceada y consistente de todas las condiciones que se pretenden predecir con el modelo. Es mejor

tener una muestra pequeña de datos de buena calidad con un comportamiento lógico y real, que una muestra grande de datos poco consistentes (Hughell, 1990).

3.5.- ELECCION DEL MODELO.

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de regresión para siete (7) modelos lineales simples (cuadro No. 3), con el fin de elegir el modelo y calcular el índice de sitio en cada serie y en once (11) modelos lineales múltiples (cuadro No. 4), y así, elegir el modelo con el cual calcular el índice de sitio en la zona, estos análisis se realizaron en el programa estadístico MINITAB para Windows, tomando como variable dependiente las alturas y como variable independiente las edades de las parcelas.

Los criterios generales para seleccionar el mejor modelo están basados en sus estadígrafos más importantes los cuales deben ser: Un coeficiente de correlación (R) y el coeficiente de determinación (R^2) muy altos, una desviación estandar residual (S) baja, un buen comportamiento en las distribuciones Fisher y T-Student y en el gráfico de residuales, y que sea fácil de manipular.

Cuadro 3. Modelos probados para la construcción de las curvas de índices de sitio en cada serie de suelo del municipio de Jalapa, en 1996.

NUMERO	MODELO	ORIGEN
1	$\text{LnH} = \beta_0 + \beta_1 * 1/E$	Schumacher
2	$\text{LnH} = \beta_0 + \beta_1 * 1/E^2$	
3	$\text{LnH} = \beta_0 + \beta_1 * \text{LogE}$	Logarítmico
4	$\text{LnH} = \beta_0 + \beta_1 * E$	
5	$H = \beta_0 + \beta_1 * E^{0.5}$	Cuadrático
6	$1/H = \beta_0 - \beta_1 * \text{LnE}$	Semilogarítmico
7	$1/H = \beta_0 - \beta_1 * \text{LogE}$	Semilogarítmico

Donde:

Ln = Logaritmo Natural.

H = Altura dominante.

β_0, β_1 = Coeficientes de regresión

E = Edad de la parcela.

Cuadro 4 . Modelos probados para la construcción de las curvas de índices de sitio para todo el municipio de Jalapa en 1996.

No	MODELOS
1	$\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * 1/E$
2	$\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * 1/E'$
3	$\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * 1/E + \beta_2 * 1/E'$
4	$\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * 1/E + \beta_2 * 1/E'' + \beta_3 * 1/E^3$
5	$\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * E - \beta_2 * \text{LnE} - \beta_3 * \text{LnE}^2$
6	$\text{LnH} = -\beta_0 + \beta_1 * \text{LnE} - \beta_2 * \text{LnE}^2$
7	$\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * \text{LnE} + \beta_2 * \text{LnE}^2 - \beta_3 * \text{LnE}^3$
8	$H = -\beta_0 + \beta_1 * E - \beta_2 * E^2$
9	$H = \beta_0 + \beta_1 * E - \beta_2 * E^2 - \beta_3 * E^3$
10	$Z = \beta_0 + \beta_1 * E + \beta_2 * E^2$
11	$Z = -\beta_0 + \beta_1 * E - \beta_2 * E^2 + \beta_3 * E^3$

Donde:

Ln = Logaritmo Natural.

H = Altura dominante.

$\beta_0 \dots \beta_3$ = Coeficientes de regresión

E = Edad de la parcela.

3.6.- CONSTRUCCION DE LAS CURVAS DE INDICE DE SITIO

La construcción de las curvas de índice de sitio se realizó en dos etapas, en la primera etapa, se fijó una edad base en 35 años, ya que se considera que el turno de rotación de la especie oscila aproximadamente por los 40 años, con el modelo elegido se calculó las curvas de índice de sitio promedio en cada serie.

En la segunda etapa, con el modelo seleccionado para calcular el índice de sitio en la zona, se calcularon la curva de índice de sitio promedio y la familia de curvas de índice de sitio, en este caso se utilizó el método de pendiente común donde el intercepto " β_0 " depende del índice de sitio seleccionado a la edad base (E_i), " β_0 " se despeja del modelo y se calcula para los diferentes índices de sitio, asumiendo que $\ln H = \ln IS$.

Una vez calculado el intercepto " β_0 " para cada índice de sitio a la edad base, se procede a calcular las diferentes curvas de índices de sitio, graficando la edad de la parcela contra cada altura estimada por el modelo.

3.7.- COMPARACION ENTRE CURVAS DE INDICES DE SITIO

Para comparar las curvas de índices de sitio, se seleccionan los valores encontrados a la edad base de 35 años en ambas curvas y se calcula la diferencia entre éstos, si esta diferencia no excede de 1 metro, la variación entre las curvas no es grande.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.- ANALISIS DE REGRESION

Los resultados se originan del análisis de regresión en la aplicación de modelos lineales simples para cada serie, habiéndose obtenido los estimadores de los parámetros poblacionales. A continuación se presenta un cuadro donde aparecen los valores de los coeficientes de regresión y los estadígrafos del análisis estadístico del modelo que presentó los mejores ajustes.

Cuadro 5. Valores de los coeficientes de regresión y estadígrafos del análisis estadístico del modelo elegido en la construcción de curvas de índice de sitio en cada serie de suelo del municipio de Jalapa en 1996.

SERIE	MODELO $\ln H = \beta_0 + \beta_1 * 1 / \text{Edad}$		ESTADIGRAFOS DE REGRESION						
	β_0	β_1	R^2	R	S	Tc	Tt	Fc	Ft
ARANJUEZ	3.31	-11.8	92.0%	95.8%	7%	23.91	2.008	571.71	248
CAMPOHERMOS	3.37	-14.6	93.0%	96.3%	7%	17.81	2.060	317.16	248
EL CARBON	3.50	-17.3	91.4%	95.5%	8%	20.83	2.014	433.94	248
EL LIMON	3.61	-16.1	92.7%	96.2%	8%	20.13	2.030	405.38	248
TEOTECACINT	3.77	-17.7	92.3%	95.9%	7%	22.37	2.014	500.32	248
MACARALI	3.83	-19.1	97.2%	98.6%	3%	42.02	2.008	1765.45	248

Donde: Ln = Logaritmo Natural

H = Altura dominante

β_0, β_1 = Coeficientes de regresión E = Edad de la parcela

El análisis de los once (11) modelos lineales múltiples probados para toda la zona de Jalapa , derivó en la obtención de los valores de los coeficientes de regresión, los estadígrafos del análisis estadístico y las distribuciones F y T-Student de cada modelo (Anexo No. 9), que a continuación se detallan.

4.1.1-. Coeficientes de correlación, de determinación y desviación estandar.

Los modelos logarítmicos presentaron coeficientes de determinación (R^2) con valores que abarcan un rango que va de 67.1% a 80.9%, para el coeficiente de correlación (R) el rango va de 81.9% a 89.9% y la desviación estandar residual (S) oscila entre el 7% y 13%.

Los modelos no logarítmicos presentaron datos que van de 75.4% a 93.0%, para el coeficiente de determinación (R^2), de 86.8% a 96.4%, para el coeficiente de correlación (R) y de 28% a 68% de desviación estandar residual (S).

Los resultados del ajuste de los modelos confirman que los modelos transformados por la aplicación de logaritmos naturales, estiman con mejor precisión la altura de los árboles y son los más convenientes para la construcción de curvas de índice de sitio. Estos resultados son similares a los obtenidos por Hughell en 1990 y Fonseca en 1986 quienes comprobaron esta afirmación.

4.1.2- Distribuciones F y T-Student

Se aplicó una prueba de T-Student a los once (11) modelos probados para construir la familia de curvas de índice de sitio para toda la zona de Jalapa, para determinar si el aporte de la variable independiente (edad) fué o no significativo.

En los resultados se obtuvo valores de $T_c > 3.01$, a un nivel de confianza del 95% (Anexo No. 9), lo que significó que las variables independientes en cada modelo tuvieron algún efecto en éstos. De igual manera la prueba de distribución F mostró que las regresiones generadas por los todos los modelos fueron significativas, presentando valores de $F_c > 254.56$, a un nivel de confianza del 95% (Anexo No. 9).

4.2-. Elección del modelo

El modelo elegido fue $\ln H = \beta_0 - \beta_1 * E - \beta_2 * \ln E + \beta_3 * \ln E^2$, éste es el resultado de una transformación logarítmica de una ecuación original que expresa el crecimiento biológico de los árboles a través del tiempo, presentó un coeficiente de determinación de 80.9%, un coeficiente de correlación de 89.9%, una desviación estandar residual de 13%, un buen comportamiento en el gráfico de residuales (Anexo No. 10) y es fácil de manipular. No significa que sea único, pero representa un modelo aplicable a la realidad forestal del país.

Otros modelo que presentaron criterios para ser seleccionados, fueron el modelo $\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * \text{LnE} + \beta_2 * \text{LnE}^2 - \beta_3 * \text{LnE}^3$, que presentó iguales valores que el modelo propuesto, pero no fue elegido porque posee más parámetros lo que hace más difícil su manipulación, los otros modelos son $Z = \beta_0 + \beta_1 * E + \beta_2 * E^2$ ($Z = E^2/H$) y $Z = -\beta_0 + \beta_1 * E - \beta_2 * E^2 + \beta_3 * E^3$ que presentaron leves ventajas sobre el modelo propuesto (Anexo No. 9), como presentar valores de los coeficientes de correlación y determinación más altos, pero con el inconveniente de presentar una desviación estandar mayor, y presentar dificultad en su manipulación ya que la variable dependiente debe ser retransformada para calcularla, por ésto, no es conveniente usar estos modelos.

4.3-. Construcción de las curvas de indice de sitio

Para la construcción de las curvas promedios de índice de sitio para cada serie, se usó el modelo $\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * 1/E$ que quedó ajustado con diferentes parámetros en cada serie (cuadro No. 5).

Una vez estimada la altura de los árboles se graficó contra la edad observada y se obtienen las curvas de índice de sitio de cada serie (Anexos 11 al 16). Estas presentaron un rango de alturas que va de 19.1 a 26.6 metros.

En base a lo anterior las series Campo Hermoso y Aranjuez presentaron los índices de sitio más bajos, con un rango de altura que va de 19.1 a 19.6 metros, las series El Carbón y El limón presentaron índices de sitio medios, que van de 20.3 a 23.4

metros y los índices de sitio más altos los obtuvieron las series Teotecacinte y Macaralí con, un rango de altura que va de 26.2 a 26.9 metros (Anexo No. 17), estos resultados sin duda se deben, al manejo silvicultural que cada sitio ha recibido y a las características propias de los mismos, en particular, los sitios Teotecacinte y Macaralí están bajo planes de manejo bien ejecutados y poseen suelos menos degradados, en cambio, los demás sitios no reciben el manejo adecuado, han sido severamente afectados por plagas y el hombre ha intervenido en tal magnitud que en los sitios Aranjuez y principalmente en Campo Hermoso el crecimiento de los árboles es muy lento .

Para construir la familia de curvas de índice de sitio para toda la zona de Jalapa se siguió la metodología de pendiente común anteriormente descrita, en la cual el intercepto del modelo propuesto cambia según el índice de sitio.

El primer paso fue construir la curva promedio de índice de sitio para toda la zona con los datos de todas las series y con el modelo elegido, que quedó ajustado como sigue:

$\ln H = 4.36 - 0.0634 * E - 2.32 * \ln E + 0.731 * \ln E^2$. Con éste se construyó la curva que presentó una altura de 23 metros a la edad base (Figura No. 2), según este dato, se considera que el municipio de Jalapa posee un índice de sitio medio.

A partir de la curva promedio se calculó las derivadas superiores e inferiores de índice de sitio, para ésto, despejamos β_0 del modelo y calcularlo en base a los índices de sitio propuestos.

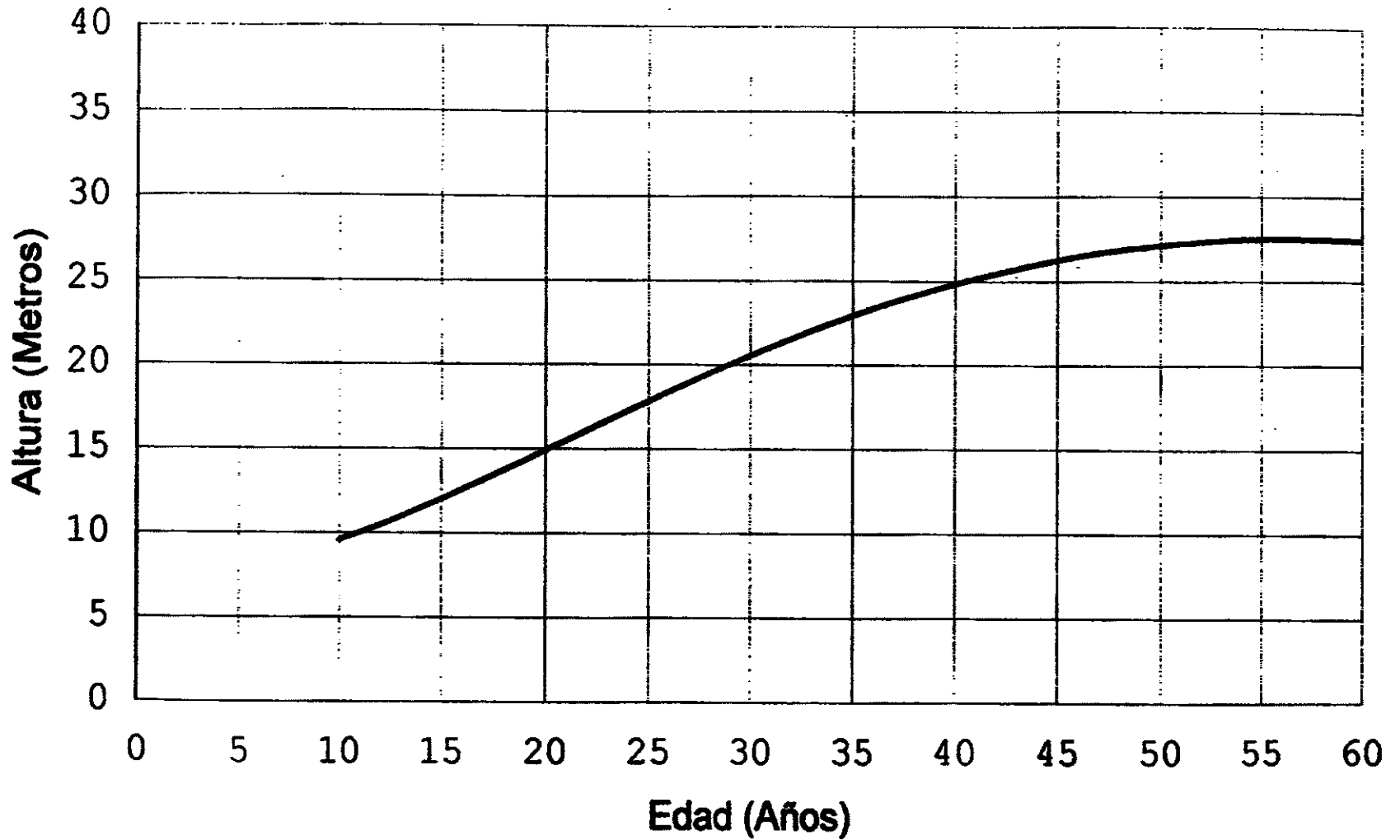


Figura No. 2 Curva promedio de índice de sitio. Municipio de Jalapa 1996.

De este modo tenemos:

$$\text{LnH} = \beta_0 - \beta_1 * E - \beta_2 * \text{LnE} + \beta_3 * \text{LnE}^2$$

$$\beta_0 = \text{LnIS} - (\beta_1 * E_i + \beta_2 * \text{LnE}_i - \beta_3 * \text{LnE}_i^2)$$

Donde: E_i = Edad base de 35 Años.

Por lo tanto:

INDICE DE SITIO	β_0
13	3.792151
18	4.117574
23	4.362696
28	4.559407
33	4.723710

Con esta información se obtienen las siguientes ecuaciones que relacionan la altura dominante de los árboles con la edad para diferentes índices de sitio.

INDICE DE SITIO	ECUACION
13	$\text{LnH} = 3.792151 - 0.0634 * E - 2.32 * \text{LnE} + 0.731 * \text{LnE}^2$
18	$\text{LnH} = 4.117574 - 0.0634 * E - 2.32 * \text{LnE} + 0.731 * \text{LnE}^2$
23	$\text{LnH} = 4.362696 - 0.0634 * E - 2.32 * \text{LnE} + 0.731 * \text{LnE}^2$
28	$\text{LnH} = 4.559407 - 0.0634 * E - 2.32 * \text{LnE} + 0.731 * \text{LnE}^2$
33	$\text{LnH} = 4.723710 - 0.0634 * E - 2.32 * \text{LnE} + 0.731 * \text{LnE}^2$

Con estas ecuaciones se construyó las curvas anamórficas de índice de sitio cada 5 metros (Figura No. 3), se inició con la curva de 13 metros y culminó con la curva de 33 metros, con el objetivo de abarcar la variabilidad de las mediciones realizadas, con el fin de involucrar todo el rango posible de crecimiento para obtener los resultados más exactos y de esta manera proporcionar información valiosísima para planificar el manejo de los bosques de pino (Anexo No. 18).

En estas curvas, se observa que el máximo crecimiento de los árboles se ubica entre los 45 y 55 años y a partir de esta edad se observa un decrecimiento en altura de los mismos. Esto nos da una clara idea del momento en que debe ser aprovechado el recurso, para obtener el máximo rendimiento y garantizar la rentabilidad del mismo.

Con éstas curvas, es posible identificar aquellos sitios que poseen mejor potencial para el crecimiento de los árboles, los cuales podrían ser viables y priorizados en su manejo e incluirlos en proyectos de reforestación, con el objetivo maximizar la potencialidad del sitio al explotar su vocación forestal.

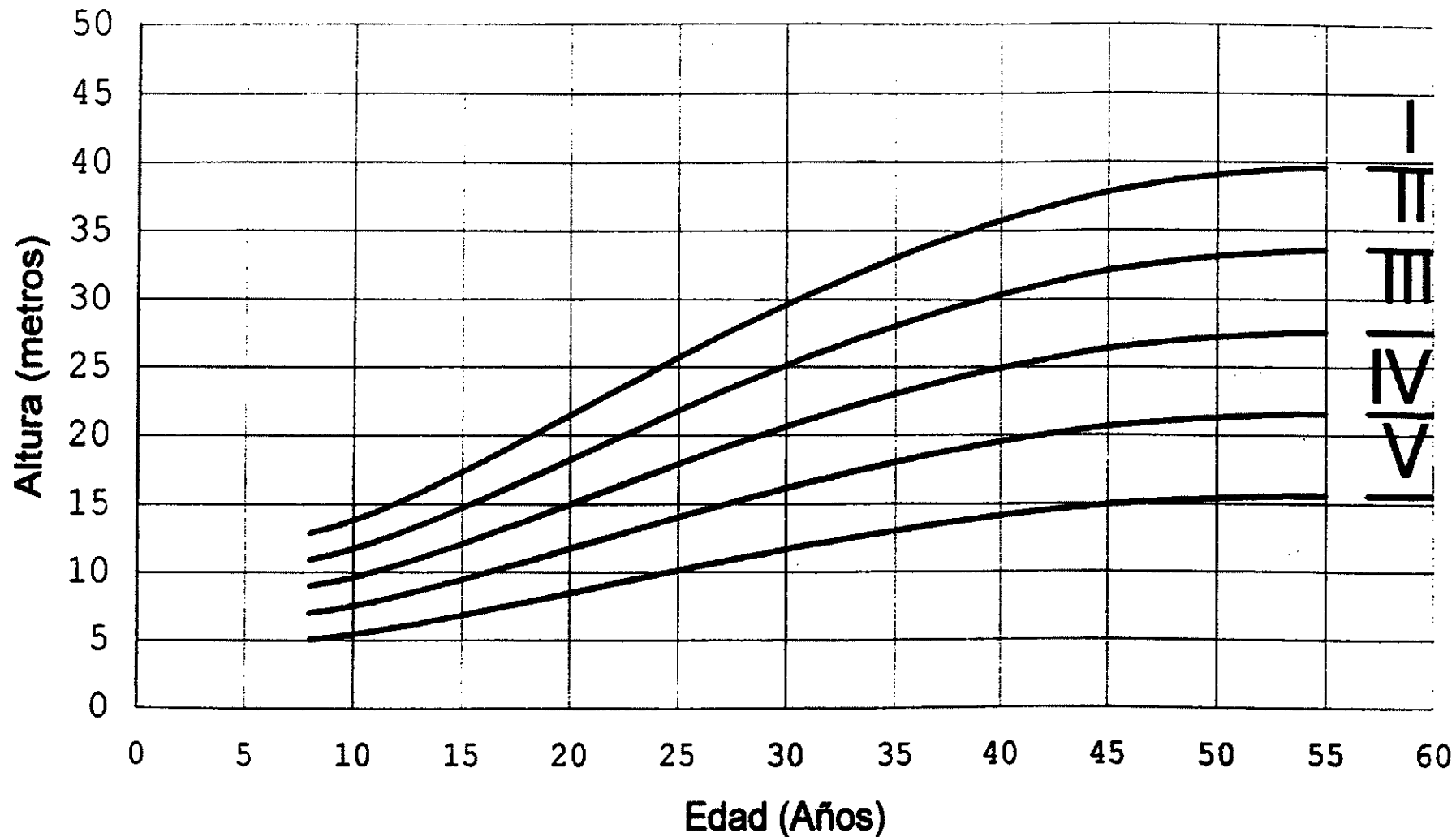


Figura No.3 Familia de curvas de índice de sitio del municipio de Jalapa 1996.

4.4.- Comparación entre las curvas de índices de sitio construidas en este trabajo, con las curvas utilizadas en Honduras

La validez de estas curvas, se consolida al compararlas con las curvas de índice de sitio utilizadas en Honduras para evaluar el crecimiento del *Pinus oocarpa* (Figura No. 4), las cuales presentan una altura de 23.5 metros aproximadamente, a la edad de 35 años, muy similar a los 23 metros de altura, a la misma edad de las aquí presentadas; la diferencia radica en 0.5 metros, la cual no es considerablemente grande.

Esto sin duda se debe a la similaridad de las características bioclimáticas de ambas zonas, las cuales por sus características propias, favorecen el buen desarrollo de las *Pinaceae*.

CALIDAD DE SITIO DE PINUS OOCARPA

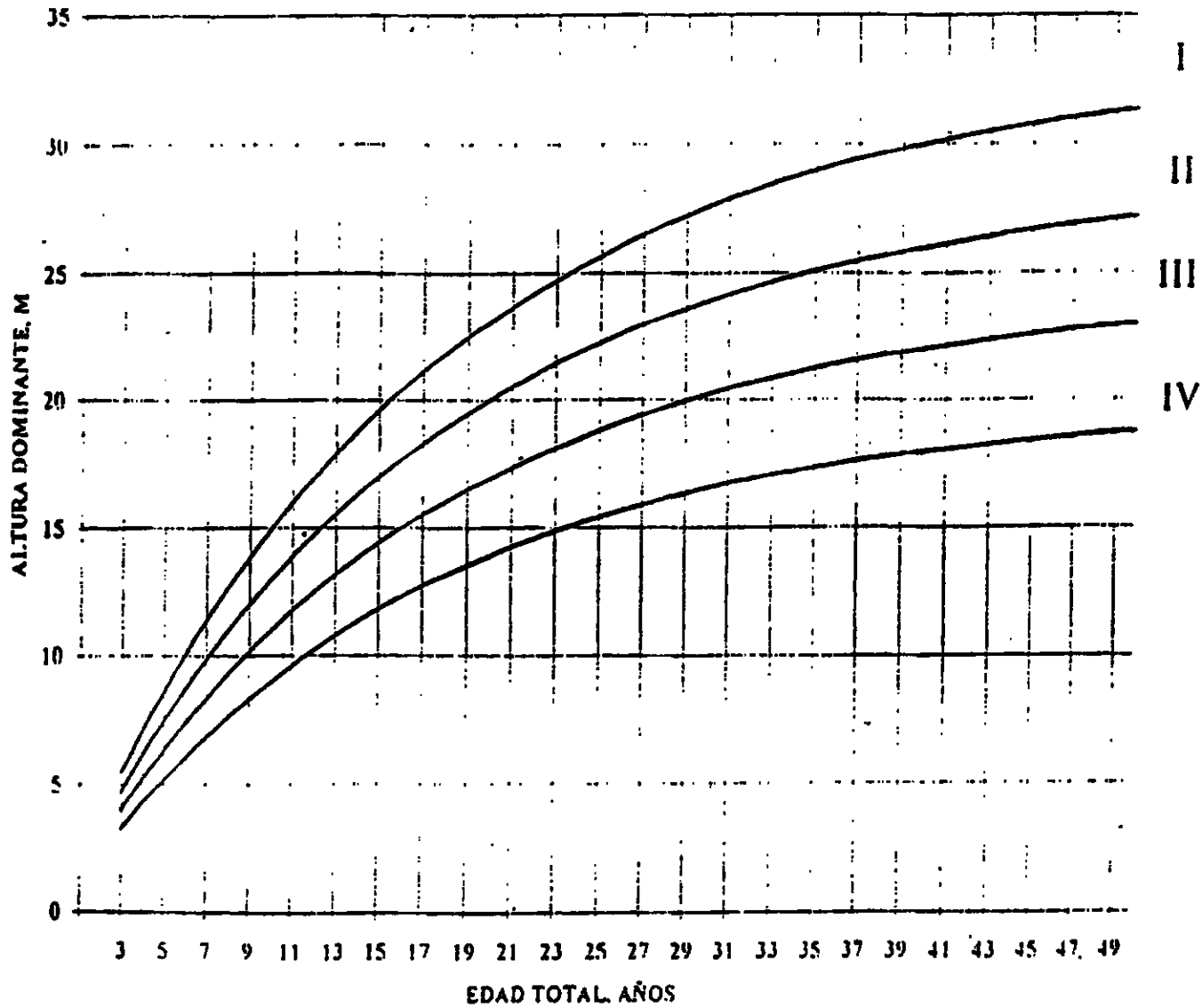


Figura No 4. Curvas de Índice de Sitio en Honduras.

V.- CONCLUSIONES

- El modelo elegido para la construcción de las curvas de índice de sitio, presentó un coeficiente de determinación de 80.9%, un coeficiente de correlación de 89.9%, una desviación estandar residual de 13%, un buen comportamiento en el gráfico de residuos y es fácil de manipular, éste quedó ajustado como sigue:
$$\text{LnH}=4.36-0.0634*\text{E}-2.32*\text{LnE}-0.731*\text{LnE}^2.$$

- Las curvas de índice de sitio presentadas en este trabajo, tienen un rango de validez que va de los ocho (8) a los sesenta (60) años y pueden ser utilizadas como herramientas para la planificación del manejo sostenible de los bosques de pino.

- Las curvas promedios de índice de sitio de las series Aranjuez, Campo Hermoso, El Carbón y El Limón son similares, con un crecimiento medio, con valores que van de los 19.1 metros a los 23.4 metros, en cambio las series Macaralí y Teotecacinte presentan un crecimiento más acelerado, con valores que oscilan entre los 26.2 metros y 26.9 metros a la edad base.

- La familia de curvas presentadas en este trabajo abarca un rango de alturas a la edad base que va de 13 a 33 metros, con el objetivo de enmarcarse dentro del rango de las variables utilizadas para el análisis.

- Los resultados de esta investigación, tienen validez solo para la zona de distribución natural del bosque de *Pinus oocarpa* del municipio de Jalapa y pueden ser aplicados en zonas con características bioclimáticas similares; fuera de este rango deben ser usados con cierta discreción.

- En la actualidad el bosque de pino está siendo manejado con poco criterio técnico; este trabajo aporta información de utilidad para elegir correctamente el momento en que debe ser aprovechado para maximizar su rendimiento, aproximadamente cuando el rodal tenga entre los 45 y 50 años de edad.

- Las curvas de índice de sitio presentadas en este trabajo, presentan valores similares a las curvas de índice de sitio para *Pinus oocarpa* utilizadas en Honduras, no presentan diferencias significativas entre ambas.

VI.- RECOMENDACIONES

- Es importante iniciar el establecimiento de una red de parcelas permanentes, que permitan realizar estudios detallados sobre índices de sitio con el método ya expuesto, para consolidar la información de base, tanto en coníferas como en latifoliadas.
- En investigaciones futuras incorporar nuevas mediciones de altura y edad en la base de datos, con el objetivo de validar las curvas y reajustar los coeficientes del modelo propuesto.
- En investigaciones posteriores, utilizar datos de análisis fustales, que brindan información muy precisa y abarcan un alto rango de edades, que favorece este tipo de trabajo.
- Monitorear los índices de sitio encontrados en este trabajo, con el objetivo de darle seguimiento a futuras investigaciones y relacionarlos con otros índices.
- Es necesario complementar el presente estudio, correlacionando el índice de sitio con características edáficas, topográficas y climáticas, con el objetivo de seleccionar áreas y asignar índices de sitio a terrenos no forestales, con el fin de comparar la rentabilidad de diferentes alternativas de producción de estos sitios.

VII.- BIBLIOGRAFIA

ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos. FAO: Montes No. 22, Vol. 2. 80p.

Centro de Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales 1994. Pinos de Nicaragua. Managua, Nicaragua. Hispamer. 48 p.

CHINCHILLA, ORLANDO. 1989. Curvas de Índice de Sitio para *Cupressus lusitanica*, en la zona de distribución artificial de Costa Rica. Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales. Heredia Costa Rica. 73 p.

FONSECA G, W. 1986. Curvas de índice de sitio para *Alnus acuminata* H.B.K. en la zona de distribución natural en Costa Rica. Tesis de licenciatura forestal. Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales Heredia, Costa Rica. 74 p.

HUGHELL, D. 1990. Modelos para la Predicción del Crecimiento y Rendimiento de *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricida sepium*, *Guazuma ulmifolia*, y *Leucaena leucocephala* en América Central. CATIE. Serie técnica. Boletín técnico No. 22. 57p.

IRENA. Laboratorio de Tecnología de la Madera. 1992. Especies para reforestación. PINO: *Pinus oocarpa*, *Pinus caribea* y *Pinus patula*. Ficha técnica No. 6. Managua, Nicaragua.

IRENA. 1993. Estudio de Base Sobre los Recursos Naturales de los Municipios de: Jalapa, Murra, Quilalí, San Juan del Rio Coco, El Jicaro, Wiwilí y Pantasma. Programa de desarrollo para desplazados, refugiados y repatriados (PRODERE) Managua, Tomo II. 141 p.

LUQUE, R. 1981. Clasificación preliminar de la Calidad de Sitio para Plantaciones Jóvenes de Teca (*Tectona grandis*), en la Unidad I de la Reserva Forestal de Caparo. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida, Venezuela. 24 p.

SALAS, G. DE LAS. 1987. Suelos y Ecosistemas Forestales con Enfoque en América Tropical. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 450 p.

VICENT, L. 1975. Manejo de plantaciones forestales fines de producción. Mérida, Venezuela, Departamento de Manejo de Bosques, Centro de Estudios de Postgrados, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes. 151 p.

ZEPEDA, B., MARCELO E. y RIVERO, B. PIOQUINTO. 1984.
Construcción de curvas anamórficas de índices de sitio:
Ejemplificación del método de la curva guía. CIENCIA
FORESTAL. Revista del instituto Nacional de Investigaciones
Forestales (INIF). Coyoacan, Mexico, D.F. 9 (51): 3 - 38.

VIII. -ANEXOS

Anexo No. 1 Cuadro de resultados analíticos con análisis de aclaratorio de las series de suelo .

SERIE: POZA REDONDA. SITIO MACARALI.						
ESPECIFICACIONES		PERFIL REPRESENTATIVO				
HORIZONTE		A	B_{1t}	B_{2t}	B₃	C
PROFUNDIDAD (cm)		0-20	20-33	33-60	60-90	90-120
GRANULOMETRIA	ARENA (%)	63	50	48	53	58
	LIMO (%)	25	21	26	27	24
	ARCILLA (%)	12	29	26	20	18
	TEXTURA	Fa	FAa	FAa	FAa-Fa	Fa
PH	PASTA	5.8	5.6	5.7	5.9	6.0
	AGUA 1:25	5.9	6.3	6.4	6.8	6.7
BASES INTERCAMBIABLES (milieq/100 g)	CALCIO Ca	6.75	8.25	13.25	14.50	13.50
	MAGNESIO Mg	2.10	3.03	4.02	4.21	3.65
	POTASIO K	0.26	0.50	0.35	0.25	0.19
	SODIO Na	0.54	0.78	0.73	0.70	0.65
	SUMA BASES	9.65	12.56	18.35	19.66	17.99
ACIDEZ INTERCAMBIABLE		10	6	7	6	6
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	SUMA	19.65	18.56	25.35	25.66	23.99
	NH₄OA_c	21.00	18.20	27.86	27.31	23.89
SATURACION DE BASES	SUMA	49	68	72	77	75
	NH₄OA_c	46	69	65	72	75
Carbono orgánico (%)		3.06	0.61	0.48	0.29	0.19
Materia orgánica (%)		5.27	1.05	0.62	0.49	0.32
Fósforo asimilable (ppm)		6	3	1	1	1
Potasio asimilable (ppm)		70	130	80	60	50

Anexo No. 2 Cuadro de resultados analíticos del análisis de laboratorio de las series de suelo. SERIE FILA LOS COYOTES. SITIO EL CARBON.

SERIE: FILA LOS COYOTES. SITIO EL CARBON.						
ESPECIFICACIONES		PERFIL REPRESENTATIVO				
HORIZONTE		A	B ₁ t	B ₂ t	B ₃ t	C
PROFUNDIDAD (cm)		0-16	16-25	25-50	50-82	82-95
GRANULOMETRIA	ARENA (%)	64	60	58	66	74
	LIMO (%)	23	20	22	18	10
	ARCILLA (%)	13	20	20	16	16
	TEXTURA	Fa	FAa-Fa	FAa-Fa	Fa	Fa
PH	PASTA	5.9	5.7	5.7	6.1	6.5
	AGUA 1:25	6.0	6.3	6.5	6.7	7.0
BASES INTERCAMBIABLES (milieq/100 g)	CALCIO Ca	4.75	4.75	6.75	8.75	8.75
	MAGNESIO Mg	1.61	1.54	1.92	2.04	1.67
	POTASIO K	0.37	0.37	0.28	0.11	0.07
	SODIO Na	0.57	0.57	0.65	0.91	0.70
	SUMA BASES	7.30	7.23	9.60	11.81	11.23
ACIDEZ INTERCAMBIABLE		4	6	3	3	3
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	SUMA	11.30	13.23	12.60	14.81	14.23
	NH ₄ OA _c	74.38	48.35	40.55	88.88	50.69
SATURACION DE BASES	SUMA	65	55	76	79	79
	NH ₄ OA _c	75	75	118	83	138
Carbono orgánico (%)		2.58	0.64	0.41	0.22	0.19
Materia orgánica (%)		4.44	1.10	0.70	0.37	0.32
Fósforo asimilable (ppm)		3	1	2	1	3
Potasio asimilable (ppm)		100	80	50	20	20

Anexo No. 5 Cuadro de resultados analíticos del análisis de laboratorio de las series de suelos. SERIE CERRO CHICHIGUISTE. SITIO EL LIMON.

SERIE: CERRO CHICHIGUISTE. SITIO EL LIMON.						
ESPECIFICACIONES		PERFIL REPRESENTATIVO				
HORIZONTE		A ₁	B ₂	B ₃	C ₁	C ₂
PROFUNDIDAD (cm)		0-14	14-31	31-50	50-73	73-100
GRANULOMETRÍA	ARENA (%)	56	55	56	56	57
	LIMO (%)	26	19	18	18	25
	ARCILLA (%)	18	26	26	26	18
	TEXTURA	Fa	FAa	FAa	FAa	Fa
PH	PASTA	5.7	5.7	5.6	5.6	5.8
	AGUA 1:25	6.0	6.1	6.0	6.0	6.2
BASES INTERCAMBIABLES (milieq/100 g)	CALCIO Ca	8.50	5.00	4.25	4.75	6.00
	MAGNESIO Mg	2.35	2.04	1.74	1.85	2.47
	POTASIO K	0.19	0.19	0.17	0.14	0.14
	SODIO Na	0.35	0.45	0.58	0.45	0.52
	SUMA BASES	11.43	7.68	6.79	7.19	9.13
ACIDEZ INTERCAMBIABLE		11	9	9	8	6
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CTC)	SUMA	22.43	16.68	15.79	15.19	15.13
	NH ₄ OA _c	19.00	14.00	14.50	13.00	11.50
SATURACION DE BASES	SUMA	50	48	43	47	60
	NH ₄ OA _c	60	54	46	55	79
Carbono orgánico (%)		2.58	0.47	0.15	0.12	0.09
Materia orgánica (%)		4.44	0.81	0.25	0.20	0.15
Fósforo asimilable (ppm)		6	3	2	2	2
Potasio asimilable (ppm)		90	70	70	70	90

Anexo No.4 Cuadro de resultados analíticos del análisis de laboratorio de las series de suelo. SERIE CAMPO HERMOSO.

SERIE: CAMPO HERMOSO.					
ESPECIFICACIONES		PERFIL REPRESENTATIVO			
HORIZONTE		A	B ₁	B ₂	C ₁
PROFUNDIDAD (cm)		0-8	8-15	15-27	24-55
GRANULOMETRIA	ARENA (%)	50	50	60	70
	LIMO (%)	25	25	38	30
	ARCILLA (%)	25	25	30	0
	TEXTURA	Fa	Fa	Fa	Fa
PH	PASTA				
	AGUA 1:25	6.4	6.4	6.4	6.1
BASES INTERCAMBIABLES (milieq/100 g)	CALCIO Ca	4.80	5.30	12.00	17.00
	MAGNESIO Mg	3.10	3.80	7.80	8.90
	POTASIO K	0.07	0.04	0.06	0.04
	SODIO Na				
	SUMA BASES	7.97	8.14	19.86	25.94
ACIDEZ INTERCAMBIABLE					
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	SUMA	13.82	17.30	23.20	25.80
	NH ₄ OA	9.30	13.80	18.40	22.30
SATURACION DE BASES	SUMA				
	NH ₄ OA				
Carbono orgánico (%)					
Materia orgánica (%)					
Fósforo asimilable (ppm)					
Potasio asimilable (ppm)					

Anexo No.5 Cuadro de resultados analíticos del análisis de laboratorio de las series de suelo. SERIE TEOTECACINTE.

SERIE: TEOTECACINTE.						
ESPECIFICACIONES		PERFIL REPRESENTATIVO				
HORIZONTE		A	B _{1t}	B _{2t}	C	C ₂
PROFUNDIDAD (cm)		0-20	20-50	50-70	70-85	85-100
GRANULOMETRIA	ARENA (%)	75	70	63	70	78
	LIMO (%)	5	10	23	25	20
	ARCILLA (%)	20	20	15	5	3
	TEXTURA	Fa	Fa	Fa	Fa	Fa
PH	PASTA					
	AGUA 1:25	5.7	5.8	6.0	6.1	6.2
BASES INTERCAMBIABLES (milieq/100 g)	CALCIO Ca	1.50	2.40	2.10	2.10	1.30
	MAGNESIO Mg	0.50	0.57	0.54	0.53	0.41
	POTASIO K	0.15	0.10	0.15	0.10	0.07
	SODIO Na					
	SUMA BASES	2.85	3.07	2.79	2.73	1.87
ACIDEZ INTERCAMBIABLE						
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	SUMA	2.65	4.68	5.01	4.26	4.56
	NH ₄ OA ₂	2.40	4.00	4.00	4.00	2.40
SATURACION DE BASES	SUMA					
	NH ₄ OA ₂					
Carbono orgánico (%)						
Materia orgánica (%)						
Fósforo asimilable (ppm)						
Potasio asimilable (ppm)						

Anexo No.6 Cuadro de resultados analíticos del análisis de laboratorio de las series de suelo. SERIE ARANJUEZ.

SERIE: ARANJUEZ.						
ESPECIFICACIONES		PERFIL REPRESENTATIVO				
HORIZONTE		A	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂
PROFUNDIDAD (cm)		0-12	12-20	20-28	28-40	40-66
GRANULOMETRIA	ARENA (%)	50	50	63	70	63
	LIMO (%)	33	38	28	28	35
	ARCILLA (%)	18	13	10	3	3
	TEXTURA	Fa	Fa	Fa	Fa	Fa
PH	PASTA					
	AGUA 1:25	6.5	6.5	5.8	6.1	6.4
BASES INTERCAMBIABLES (milieq/100 g)	CALCIO Ca	8.00	14.00	2.00	1.30	2.30
	MAGNESTO Mg	4.10	7.00	0.37	0.38	0.38
	POTASIO K	0.07	0.04	0.06	0.04	0.06
	SODIO Na					
	SUMA BASES	12.17	21.04	2.43	1.72	2.74
ACIDEZ INTERCAMBIABLE						
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	SUMA	15.62	22.30	5.01	4.58	4.73
	NH ₄ OA ₂	13.10	18.40	4.00	2.40	4.70
SATURACION DE BASES	SUMA					
	NH ₄ OA ₂					
Carbono orgánico (%)						
Materia orgánica (%)						
Fósforo asimilable (ppm)						
Potasio asimilable (ppm)						

ANEXO No. 7

FORMATO DE ANOTACION

Fecha: _____ Anotador: _____

Medidor de altura: _____

Medidor de diametro: _____

Medidor de edad: _____

Número de parcela: _____

Número de árbol	Especie	DAP	Altura total	Edad	Estado

Datos de la parcela:

Pendiente: _____ Quema: _____

Clasificación: _____ Serie: _____

Otros: _____

Anexo No. 8 Datos para construir las curvas de índice de silti del municipio de Jalapa, según las series de suelo.

EDAD	ALTURA	LN ALT	INV EDAD	LNEDAD	LNEDAD^2
10	9.0	2.19722	0.10000	2.30259	5.30190
10	9.0	2.19722	0.10000	2.30259	5.30190
10	10.0	2.30259	0.10000	2.30259	5.30190
11	10.0	2.30259	0.09091	2.39790	5.74990
11	10.5	2.35138	0.09091	2.39790	5.74990
12	10.0	2.30259	0.08333	2.48491	6.17476
12	11.0	2.39790	0.08333	2.48491	6.17476
12	11.0	2.39790	0.08333	2.48491	6.17476
12	11.0	2.39790	0.08333	2.48491	6.17476
12	11.5	2.44235	0.08333	2.48491	6.17476
13	10.5	2.35138	0.07692	2.56495	6.57897
13	11.0	2.39790	0.07692	2.56495	6.57897
14	11.0	2.39790	0.07143	2.63906	6.96462
14	11.0	2.39790	0.07143	2.63906	6.96462
14	11.5	2.44235	0.07143	2.63906	6.96462
14	12.0	2.48491	0.07143	2.63906	6.96462
14	12.0	2.48491	0.07143	2.63906	6.96462
14	12.0	2.48491	0.07143	2.63906	6.96462
14	12.5	2.52573	0.07143	2.63906	6.96462
14	13.0	2.56495	0.07143	2.63906	6.96462
15	11.0	2.39790	0.06667	2.70805	7.33354
15	11.5	2.44235	0.06667	2.70805	7.33354
15	12.0	2.48491	0.06667	2.70805	7.33354
15	12.5	2.52573	0.06667	2.70805	7.33354
15	12.5	2.52573	0.06667	2.70805	7.33354
15	13.0	2.56495	0.06667	2.70805	7.33354
16	11.5	2.44235	0.06250	2.77259	7.68725
16	12.0	2.48491	0.06250	2.77259	7.68725
16	13.0	2.56495	0.06250	2.77259	7.68725
16	13.5	2.60269	0.06250	2.77259	7.68725
16	14.0	2.63906	0.06250	2.77259	7.68725
17	12.0	2.48491	0.05882	2.83321	8.02710
17	12.0	2.48491	0.05882	2.83321	8.02710
17	13.0	2.56495	0.05882	2.83321	8.02710
17	13.5	2.60269	0.05882	2.83321	8.02710
17	15.0	2.70805	0.05882	2.83321	8.02710
18	12.5	2.52573	0.05556	2.89037	8.35425
18	15.0	2.70805	0.05556	2.89037	8.35425
19	13.0	2.56495	0.05263	2.94444	8.66972
19	13.0	2.56495	0.05263	2.94444	8.66972
19	13.5	2.60269	0.05263	2.94444	8.66972
19	16.0	2.77259	0.05263	2.94444	8.66972
20	13.0	2.56495	0.05000	2.99573	8.97441
20	13.5	2.60269	0.05000	2.99573	8.97441
20	14.0	2.63906	0.05000	2.99573	8.97441

Continuación de anexo No. 8

EDAD	ALTURA	LN ALT	INV EDAD	LNEDAD	LNEDAD^2
20	14.0	2.63906	0.05000	2.99573	8.97441
20	15.0	2.70805	0.05000	2.99573	8.97441
20	17.0	2.83321	0.05000	2.99573	8.97441
21	15.5	2.74084	0.04762	3.04452	9.26912
21	17.5	2.86220	0.04762	3.04452	9.26912
21	18.0	2.89037	0.04762	3.04452	9.26912
22	14.0	2.63906	0.04545	3.09104	9.55454
22	14.5	2.67415	0.04545	3.09104	9.55454
22	16.0	2.77259	0.04545	3.09104	9.55454
22	16.5	2.80336	0.04545	3.09104	9.55454
22	17.0	2.83321	0.04545	3.09104	9.55454
22	18.5	2.91777	0.04545	3.09104	9.55454
22	19.0	2.94444	0.04545	3.09104	9.55454
22	19.5	2.97041	0.04545	3.09104	9.55454
22	19.5	2.97041	0.04545	3.09104	9.55454
22	20.0	2.99573	0.04545	3.09104	9.55454
23	14.0	2.63906	0.04348	3.13549	9.83132
23	14.0	2.63906	0.04348	3.13549	9.83132
23	14.5	2.67415	0.04348	3.13549	9.83132
23	14.5	2.67415	0.04348	3.13549	9.83132
23	15.0	2.70805	0.04348	3.13549	9.83132
23	15.0	2.70805	0.04348	3.13549	9.83132
23	15.5	2.74084	0.04348	3.13549	9.83132
23	16.0	2.77259	0.04348	3.13549	9.83132
23	17.0	2.83321	0.04348	3.13549	9.83132
23	17.0	2.83321	0.04348	3.13549	9.83132
23	20.0	2.99573	0.04348	3.13549	9.83132
23	20.5	3.02042	0.04348	3.13549	9.83132
24	14.0	2.63906	0.04167	3.17805	10.10003
24	14.5	2.67415	0.04167	3.17805	10.10003
24	15.0	2.70805	0.04167	3.17805	10.10003
24	15.5	2.74084	0.04167	3.17805	10.10003
24	15.5	2.74084	0.04167	3.17805	10.10003
24	17.5	2.86220	0.04167	3.17805	10.10003
24	17.5	2.86220	0.04167	3.17805	10.10003
24	18.0	2.89037	0.04167	3.17805	10.10003
24	21.0	3.04452	0.04167	3.17805	10.10003
25	15.5	2.74084	0.04000	3.21888	10.36116
25	16.0	2.77259	0.04000	3.21888	10.36116
25	17.5	2.86220	0.04000	3.21888	10.36116
25	18.0	2.89037	0.04000	3.21888	10.36116
25	18.5	2.91777	0.04000	3.21888	10.36116
25	19.0	2.94444	0.04000	3.21888	10.36116
25	20.0	2.99573	0.04000	3.21888	10.36116
25	20.5	3.02042	0.04000	3.21888	10.36116
25	21.0	3.04452	0.04000	3.21888	10.36116
25	21.0	3.04452	0.04000	3.21888	10.36116

Continuación de anexo No. 8

EDAD	ALTURA	LN ALT	INV EDAD	LNEDAD	LNEDAD^2
25	21.5	3.06805	0.04000	3.21888	10.36116
26	15.0	2.70805	0.03846	3.25810	10.61519
26	15.0	2.70805	0.03846	3.25810	10.61519
26	15.0	2.70805	0.03846	3.25810	10.61519
26	15.5	2.74084	0.03846	3.25810	10.61519
26	16.0	2.77259	0.03846	3.25810	10.61519
26	16.5	2.80336	0.03846	3.25810	10.61519
26	21.5	3.06805	0.03846	3.25810	10.61519
26	22.0	3.09104	0.03846	3.25810	10.61519
26	22.0	3.09104	0.03846	3.25810	10.61519
27	15.5	2.74084	0.03704	3.29584	10.86254
27	16.0	2.77259	0.03704	3.29584	10.86254
27	16.0	2.77259	0.03704	3.29584	10.86254
27	16.5	2.80336	0.03704	3.29584	10.86254
27	17.0	2.83321	0.03704	3.29584	10.86254
27	19.5	2.97041	0.03704	3.29584	10.86254
27	20.5	3.02042	0.03704	3.29584	10.86254
27	21.0	3.04452	0.03704	3.29584	10.86254
27	22.0	3.09104	0.03704	3.29584	10.86254
27	22.0	3.09104	0.03704	3.29584	10.86254
27	22.5	3.11352	0.03704	3.29584	10.86254
27	22.5	3.11352	0.03704	3.29584	10.86254
27	22.5	3.11352	0.03704	3.29584	10.86254
28	16.5	2.80336	0.03571	3.33220	11.10359
28	17.0	2.83321	0.03571	3.33220	11.10359
28	17.5	2.86220	0.03571	3.33220	11.10359
28	17.5	2.86220	0.03571	3.33220	11.10359
28	18.0	2.89037	0.03571	3.33220	11.10359
28	20.5	3.02042	0.03571	3.33220	11.10359
28	22.5	3.11352	0.03571	3.33220	11.10359
28	22.5	3.11352	0.03571	3.33220	11.10359
28	22.5	3.11352	0.03571	3.33220	11.10359
28	23.0	3.13549	0.03571	3.33220	11.10359
28	23.0	3.13549	0.03571	3.33220	11.10359
28	23.5	3.15700	0.03571	3.33220	11.10359
28	25.0	3.21888	0.03571	3.33220	11.10359
29	23.0	3.13549	0.03448	3.36730	11.33868
29	23.5	3.15700	0.03448	3.36730	11.33868
29	25.0	3.21888	0.03448	3.36730	11.33868
30	17.0	2.83321	0.03333	3.40120	11.56814
30	17.5	2.86220	0.03333	3.40120	11.56814
30	18.0	2.89037	0.03333	3.40120	11.56814
30	18.0	2.89037	0.03333	3.40120	11.56814
30	18.5	2.91777	0.03333	3.40120	11.56814
30	18.5	2.91777	0.03333	3.40120	11.56814
30	21.0	3.04452	0.03333	3.40120	11.56814
30	23.5	3.15700	0.03333	3.40120	11.56814

Continuación de anexo No. 8

EDAD	ALTURA	LN ALT	INV EDAD	LNEDAD	LNEDAD^2
36	27.0	3.29584	0.02778	3.58352	12.84161
36	27.5	3.31419	0.02778	3.58352	12.84161
36	27.5	3.31419	0.02778	3.58352	12.84161
36	28.0	3.33220	0.02778	3.58352	12.84161
36	28.0	3.33220	0.02778	3.58352	12.84161
36	28.5	3.34990	0.02778	3.58352	12.84161
37	19.0	2.94444	0.02703	3.61092	13.03873
37	19.5	2.97041	0.02703	3.61092	13.03873
37	21.0	3.04452	0.02703	3.61092	13.03873
37	29.0	3.36730	0.02703	3.61092	13.03873
38	22.5	3.11352	0.02632	3.63759	13.23203
38	26.5	3.27714	0.02632	3.63759	13.23203
38	27.5	3.31419	0.02632	3.63759	13.23203
38	29.5	3.38439	0.02632	3.63759	13.23203
39	20.0	2.99573	0.02564	3.66356	13.42168
39	28.5	3.34990	0.02564	3.66356	13.42168
39	28.5	3.34990	0.02564	3.66356	13.42168
39	29.5	3.38439	0.02564	3.66356	13.42168
40	20.5	3.02042	0.02500	3.68888	13.60783
40	22.0	3.09104	0.02500	3.68888	13.60783
40	26.0	3.25810	0.02500	3.68888	13.60783
40	27.0	3.29584	0.02500	3.68888	13.60783
40	27.0	3.29584	0.02500	3.68888	13.60783
40	29.0	3.36730	0.02500	3.68888	13.60783
40	30.0	3.40120	0.02500	3.68888	13.60783
41	22.0	3.09104	0.02439	3.71357	13.79062
41	22.5	3.11352	0.02439	3.71357	13.79062
41	23.0	3.13549	0.02439	3.71357	13.79062
41	30.5	3.41773	0.02439	3.71357	13.79062
42	22.5	3.11352	0.02381	3.73767	13.97017
42	23.0	3.13549	0.02381	3.73767	13.97017
42	23.5	3.15700	0.02381	3.73767	13.97017
42	23.5	3.15700	0.02381	3.73767	13.97017
43	23.0	3.13549	0.02326	3.76120	14.14663
43	23.0	3.13549	0.02326	3.76120	14.14663
43	24.0	3.17805	0.02326	3.76120	14.14663
43	28.0	3.33220	0.02326	3.76120	14.14663
43	29.5	3.38439	0.02326	3.76120	14.14663
44	30.5	3.41773	0.02273	3.78419	14.32009
44	31.0	3.43399	0.02273	3.78419	14.32009
45	21.0	3.04452	0.02222	3.80666	14.49068
45	22.0	3.09104	0.02222	3.80666	14.49068
45	22.5	3.11352	0.02222	3.80666	14.49068
45	28.0	3.33220	0.02222	3.80666	14.49068
45	30.0	3.40120	0.02222	3.80666	14.49068
45	30.5	3.41773	0.02222	3.80666	14.49068
46	23.5	3.15700	0.02174	3.82864	14.65849

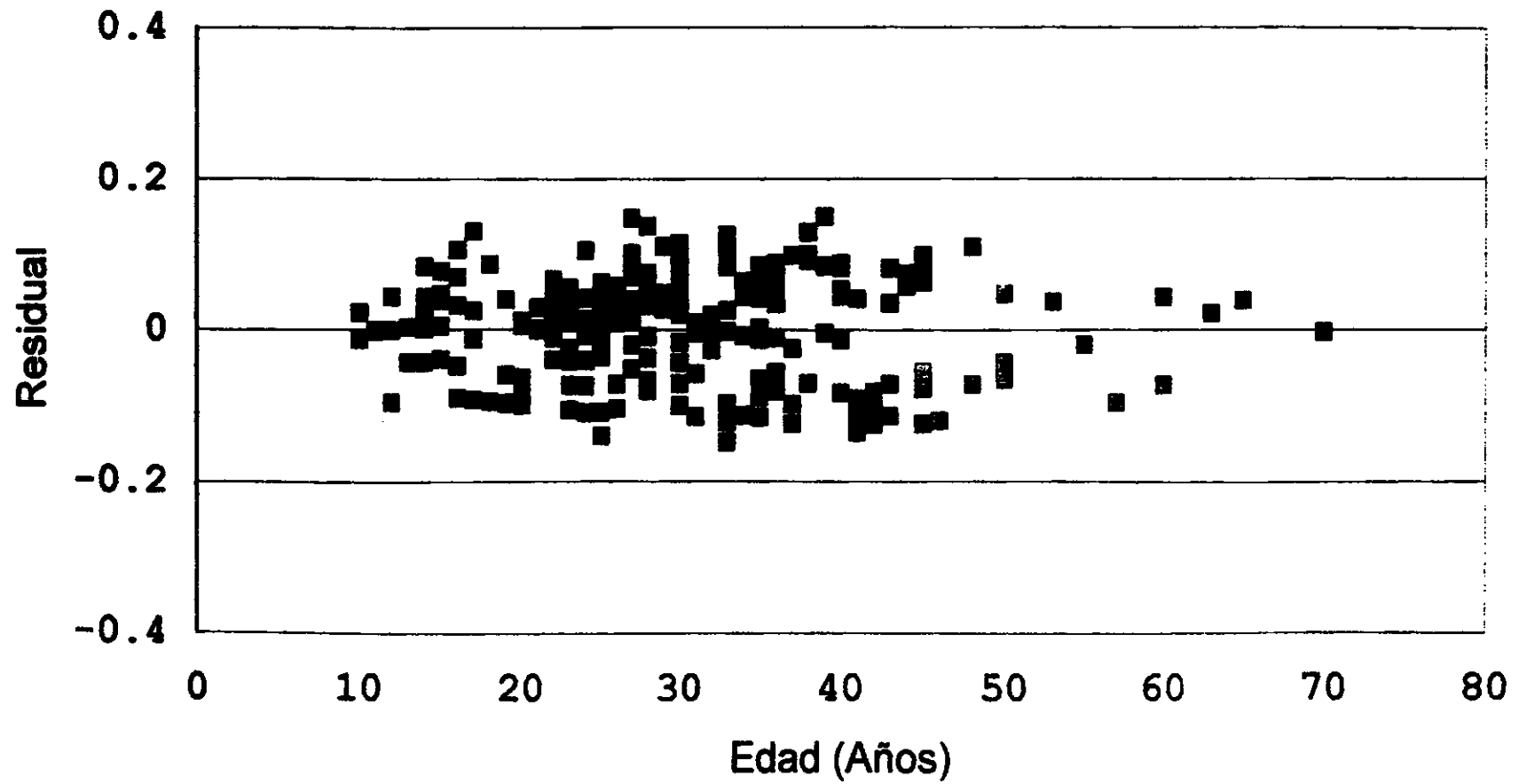
continuación de anexo No. 8

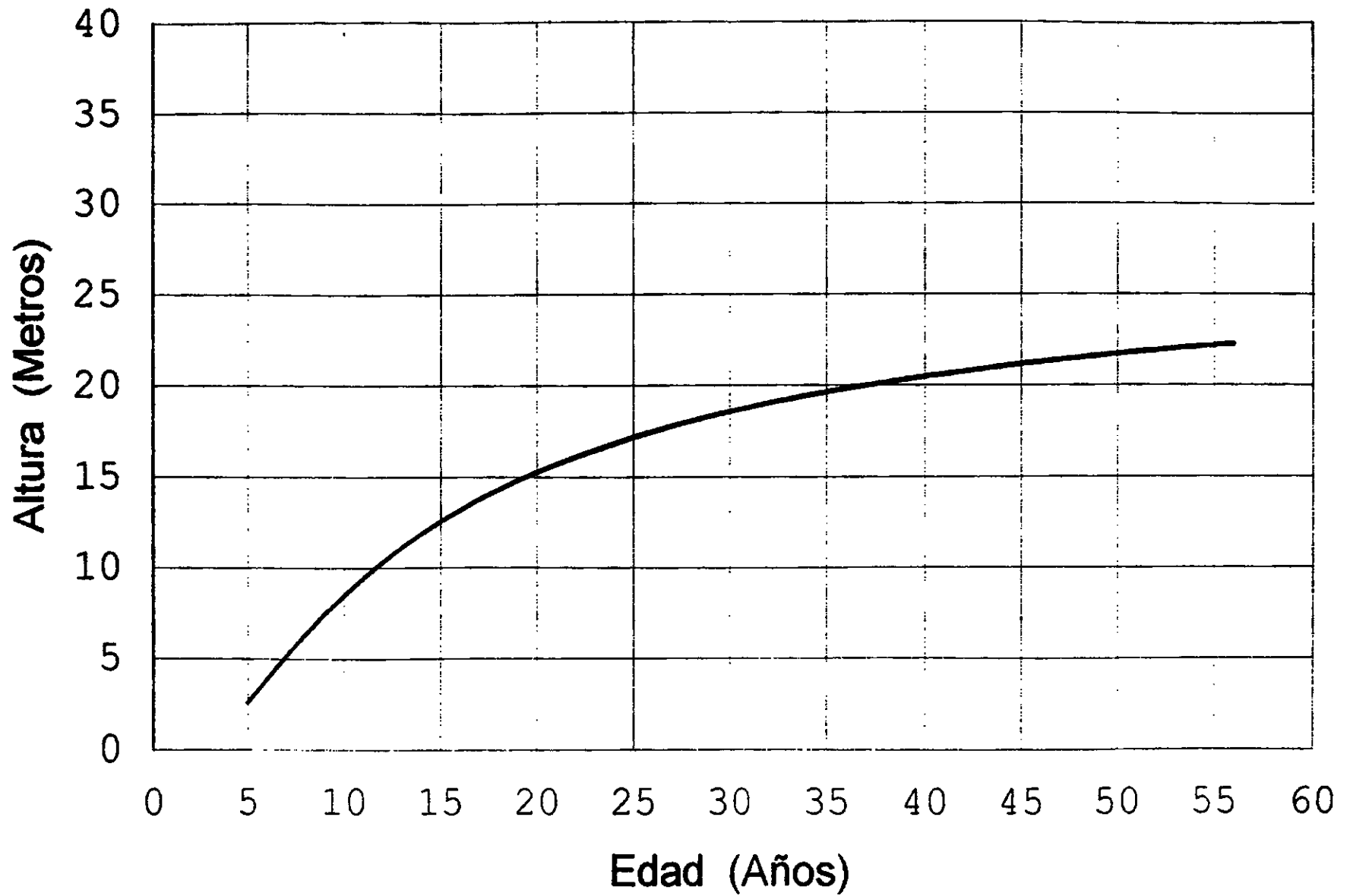
EDAD	ALTURA	LN ALT	INV EDAD	LNEDAD	LNEDAD^2
48	25.0	3.21888	0.02083	3.87120	14.98620
48	30.0	3.40120	0.02083	3.87120	14.98620
50	23.0	3.13549	0.02000	3.91202	15.30392
50	25.5	3.23868	0.02000	3.91202	15.30392
50	26.0	3.25810	0.02000	3.91202	15.30392
50	31.5	3.44999	0.02000	3.91202	15.30392
53	31.5	3.44999	0.01887	3.97029	15.76322
55	27.0	3.29584	0.01818	4.00733	16.05872
57	25.0	3.21888	0.01754	4.04305	16.34626
60	25.5	3.23868	0.01667	4.09434	16.76366
60	32.0	3.46574	0.01667	4.09434	16.76366
63	31.0	3.43399	0.01587	4.14313	17.16557
65	28.0	3.33220	0.01538	4.17439	17.42551
70	26.0	3.25810	0.01429	4.24850	18.04971

Anexo No. 9 Valores de los coeficientes de regresión y de los coeficientes de determinación (R^2), coeficiente de correlación (R), desviación estandar residual (S) y distribución F y T-Student para los modelos probados para la construcción de curvas de índice de sitio paa toda la zona de Jalapa.

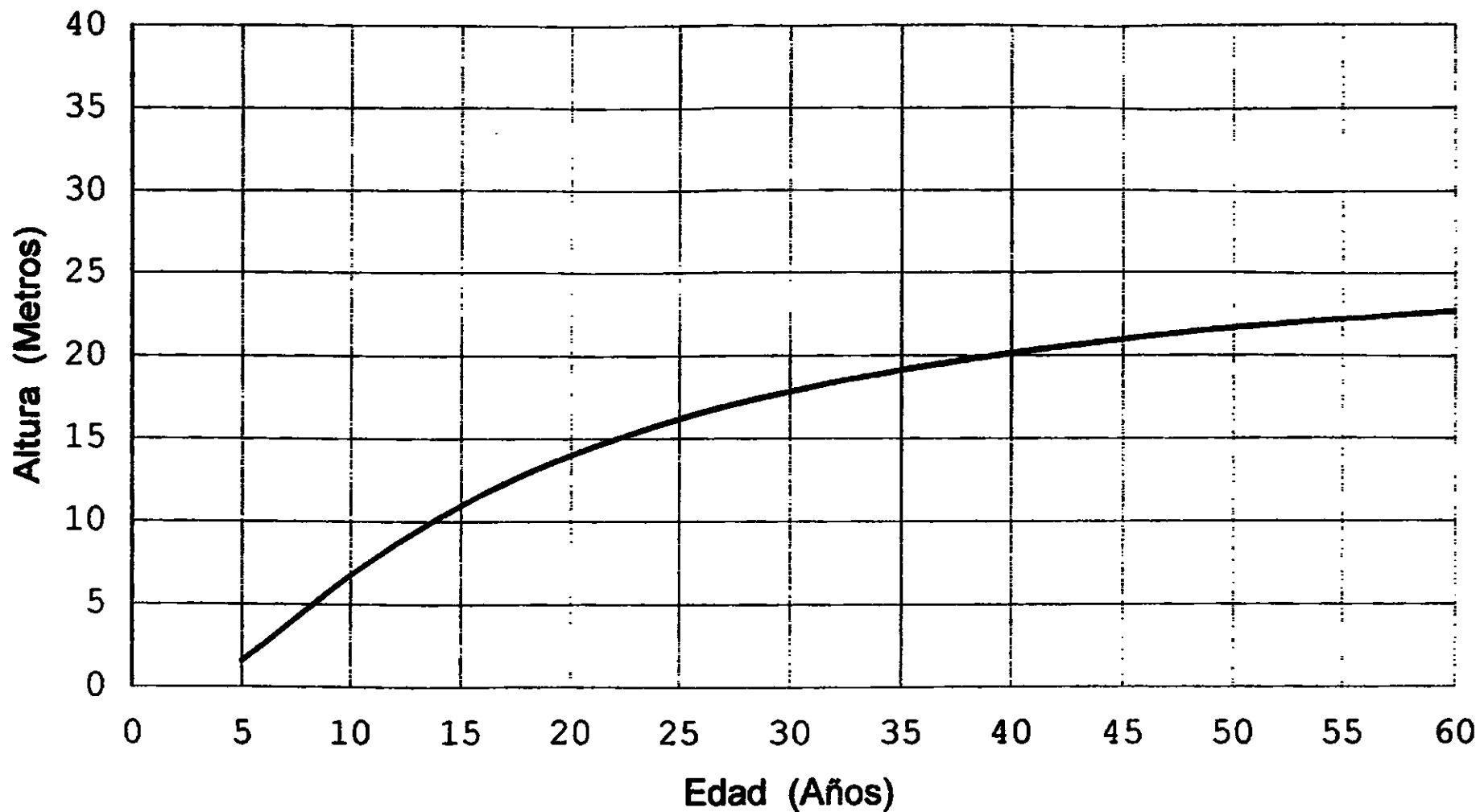
NUM	MODELO	R ²	R	S	T _c	T _r	F _c	F _r
1	$\text{LnH} = 3.56 - 15.6*1/E$	77.4%	87.9%	14%	29.19	1.96	851.95	248
2	$\text{LnH} = 3.20 - 138*1/E^2$	67.1%	81.9%	17%	22.56	1.96	508.76	248
3	$\text{LnH} = 3.86 - 29.2*1/E + 133*1/E^2$	80.4%	89.7%	13%	12.96	1.96	508.98	19.44
4	$\text{LnH} = 3.78 - 23.9*1/E + 23*1/E^2 + 679*1/E^3$	80.5%	89.7%	13%	3.24	1.96	338.91	8.66
5	$\text{LnH} = 4.36 - 0.0634*E - 2.32*\text{LnE} - 0.731*\text{LnE}^2$	80.9%	89.9%	13%	3.64	1.96	349.45	8.66
6	$\text{LnH} = -0.719 + 1.56*\text{LnE} - 0.135*\text{LnE}^2$	79.9%	89.4%	13%	5.64	1.96	493.13	19.44
7	$\text{LnH} = 8.92 - 7.59*\text{LnE} + 2.72*\text{LnE}^2 - 0.293*\text{LnE}^3$	80.9%	89.9%	13%	3.01	1.96	349.49	8.66
8	$H = -0.37 + 0.950*E - 0.00783*E^2$	75.4%	86.8%	28%	14.09	1.96	380.51	19.44
9	$H = 2.00 + 0.699*E - 0.00007*E^2 - 0.000071*E^3$	75.6%	86.9%	28%	3.15	1.96	254.56	8.66
10	$Z = 9.05 + 0.262*E + 0.0289*E^2$	92.6%	96.2%	68%	3.15	1.96	1,559.15	19.44
11	$Z = -8.28 + 2.10*E - 0.0278*E^2 + 0.000520*E^3$	93.0%	96.4%	67%	3.95	1.96	1,094.64	8.66

Anexo No. 10 Residuales Vs. Edad del Modelo
Elegido.
Residuales de altura

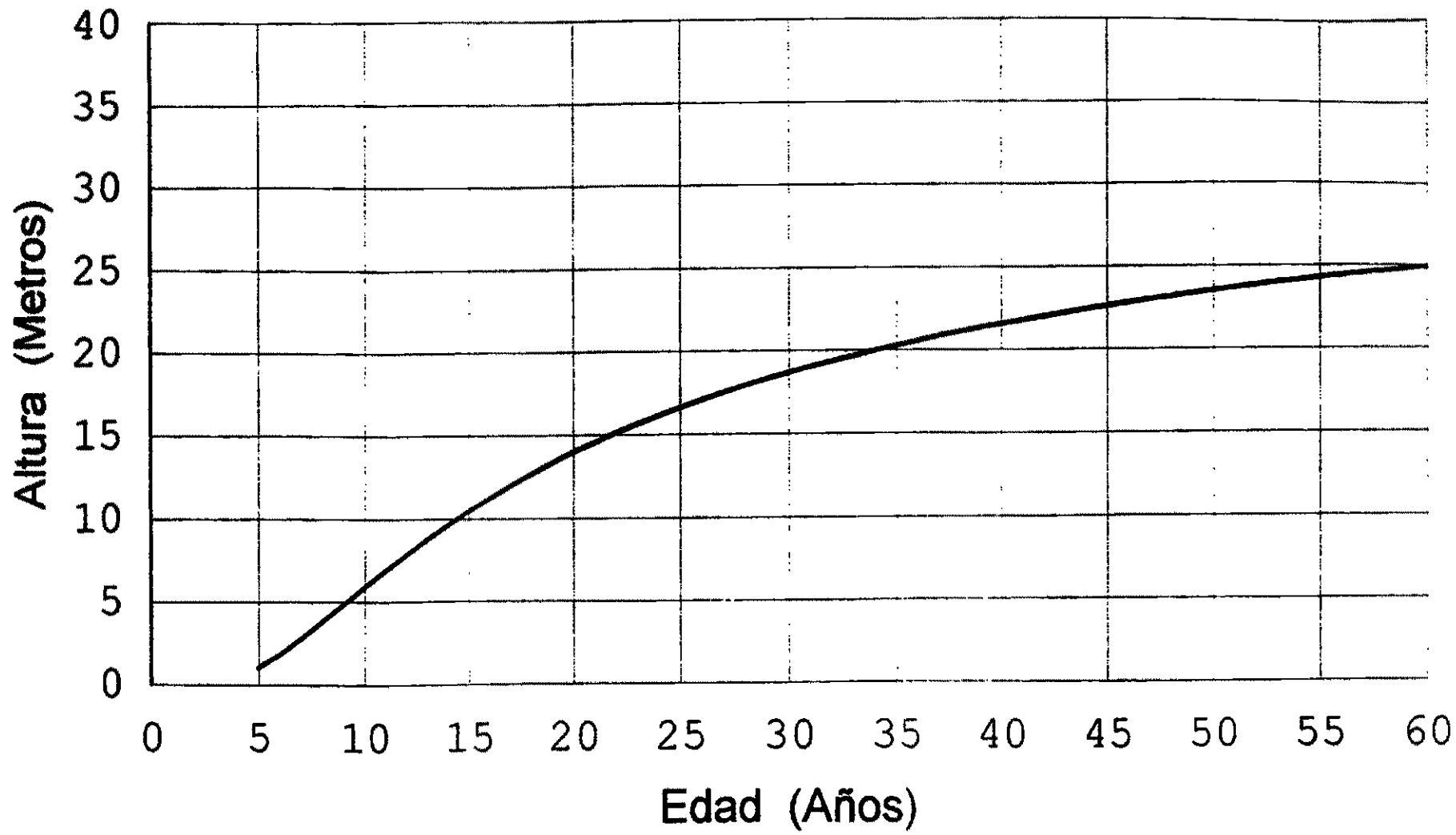




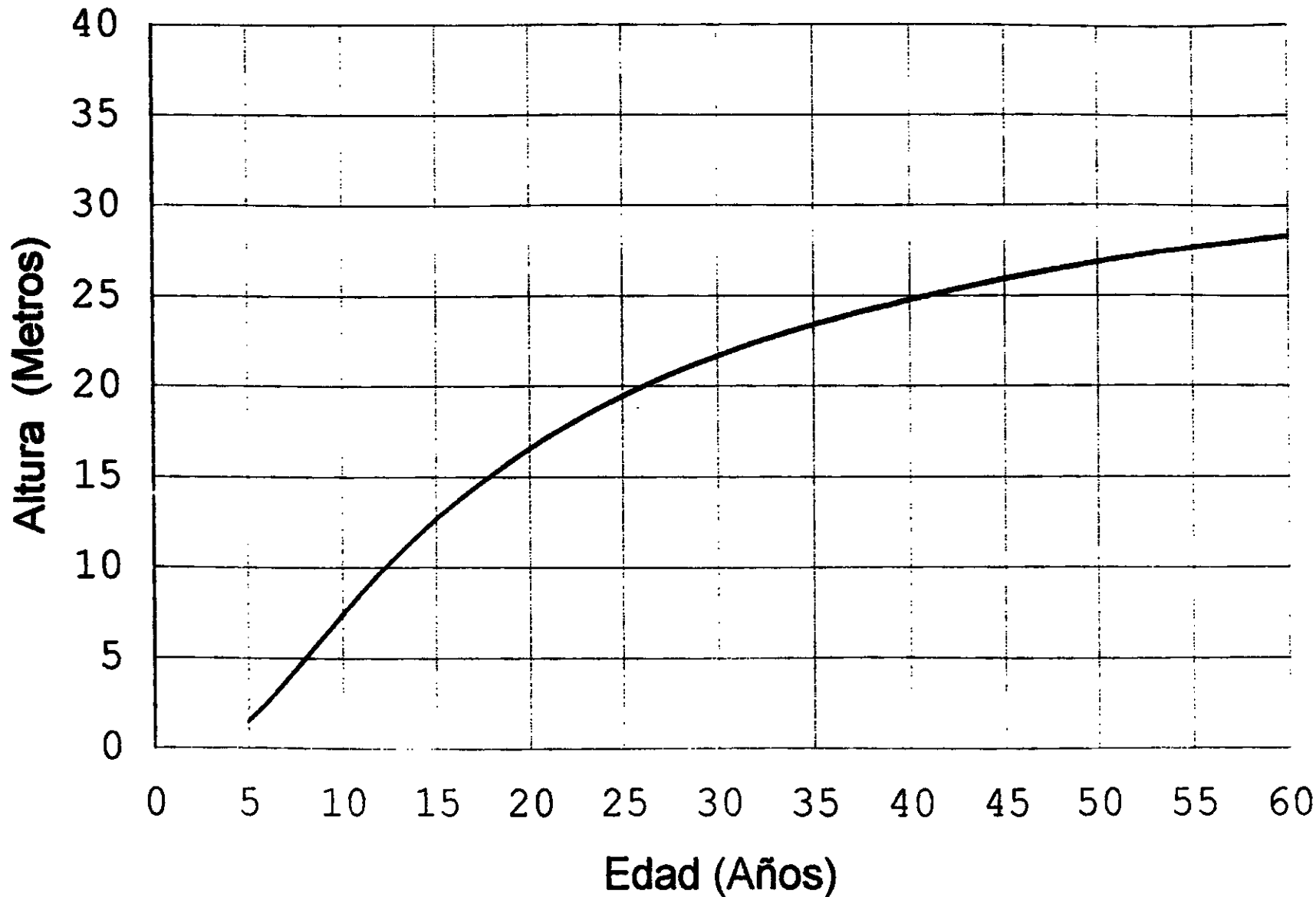
Anexo No. 11 Curva promedio de índice de sitio. Serie Araniuez 1996.



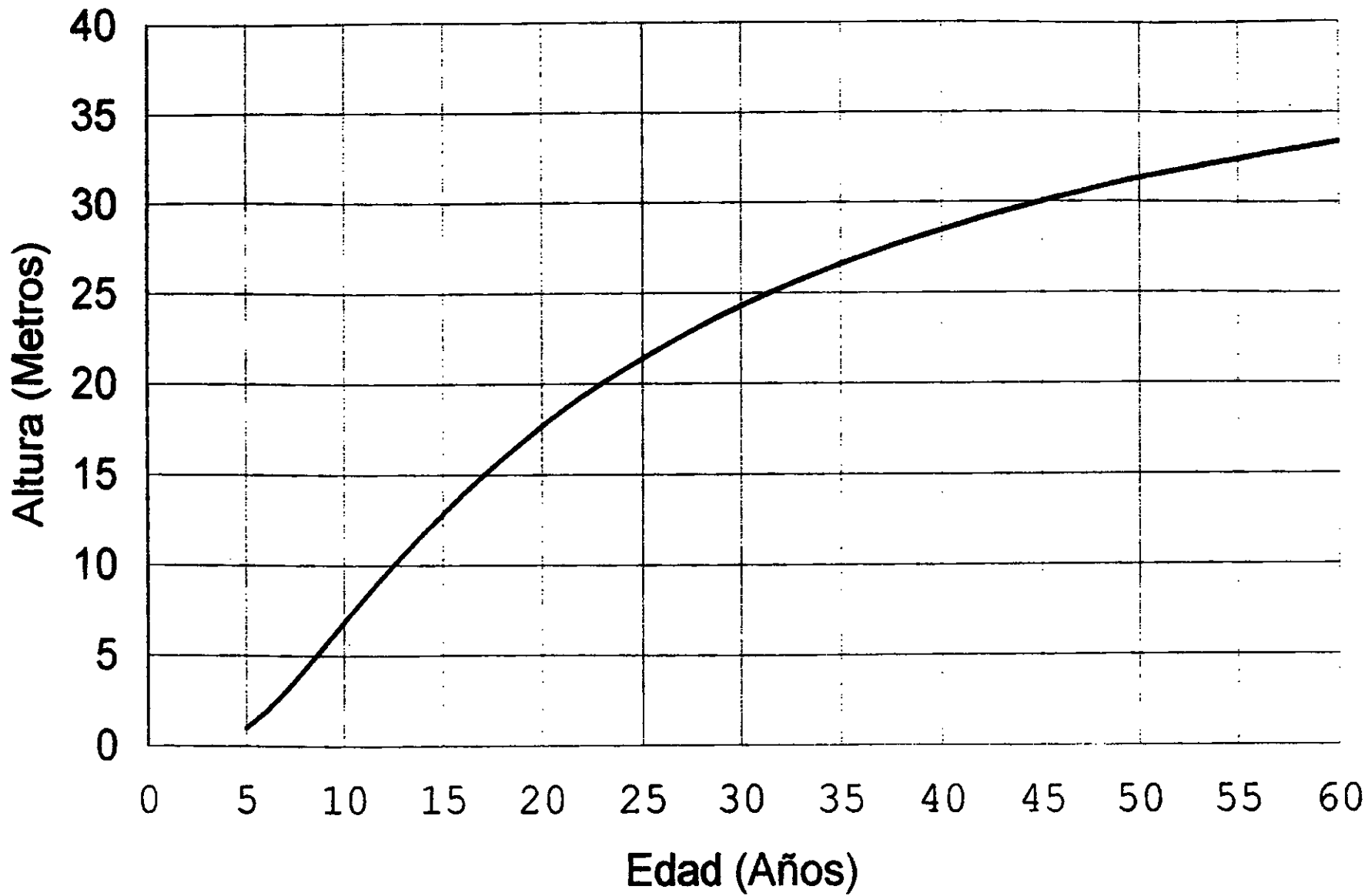
Anexo No.12 Curva promedio de índice de sitio. Serie Campo Hermoso 1996.



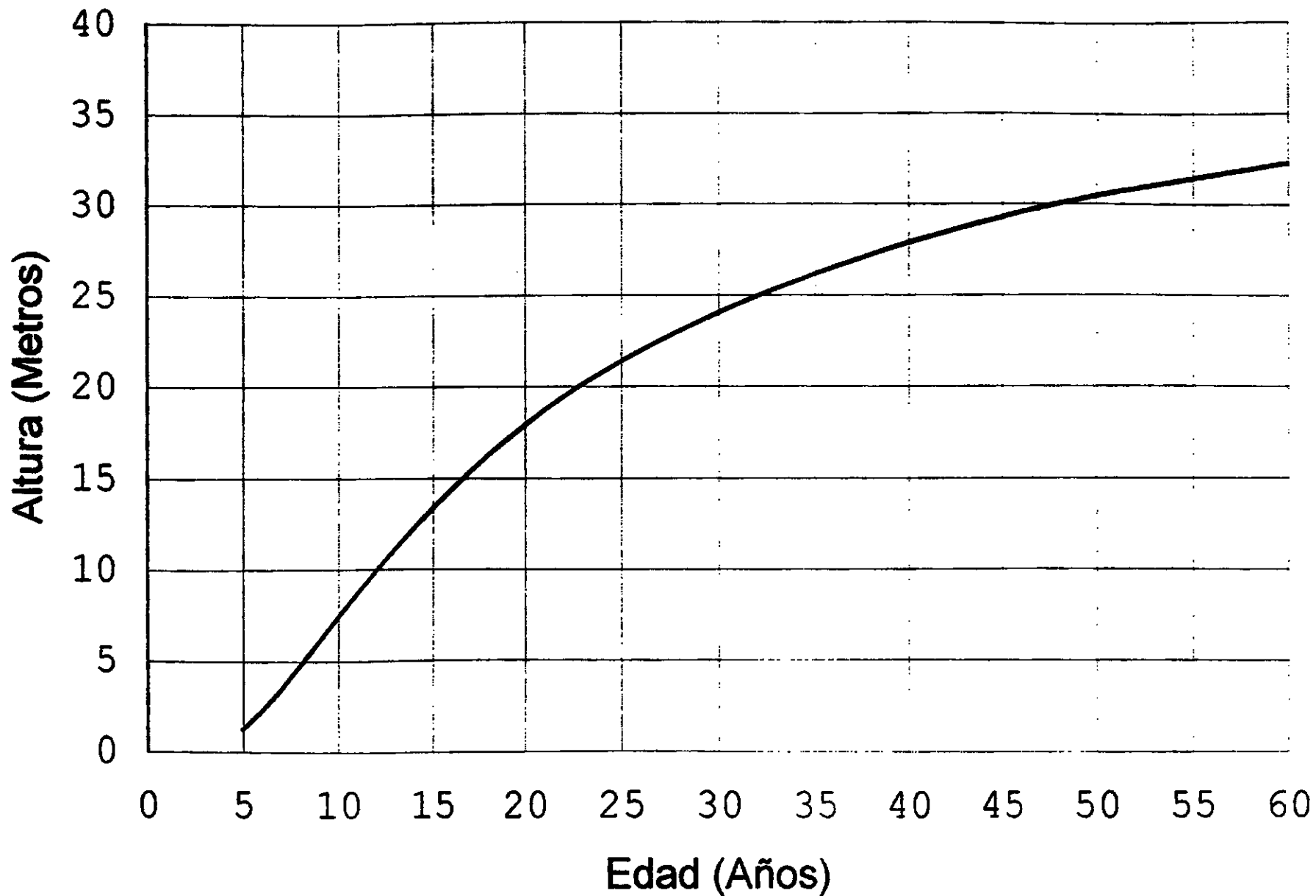
Anexo No. 13 Curva promedio de índice de sitio. Serie El Carbón 1996.



Anexo No 14 Curva promedio de índice de sitio. Serie El Limón 1996.



Anexo No. 15 Curva promedio de índice de sitio. Serie Macaralí 1996.



Anexo No. 16 Curva promedio de índice de sitio. Serie Teote 1996.

No. 17 Evolución de la altura dominante en función de la edad para cada serie.

DAD	ARANJUEZ ALTURA metros	CAMPOHERMOSO ALTURA metros	EL CARBON ALTURA metros	EL LIMON ALTURA metros	MACARALI ALTURA metros	TEOTECACINTE ALTURA metros
5	2.618569	1.573556	1.044946	1.470877	1.011985	1.267690
6	3.874105	2.556812	1.859774	2.518489	1.910683	2.283713
7	5.124797	3.616448	2.807329	3.698036	3.008443	3.477230
8	6.321288	4.690506	3.823123	4.932811	4.228697	4.766256
9	7.441897	5.741958	4.861134	6.171811	5.510774	6.091009
10	8.479810	6.750442	5.891054	7.383583	6.811102	7.411375
11	9.435806	7.705976	6.894056	8.550004	8.100169	8.701932
12	10.314301	8.604796	7.859162	9.661597	9.358896	9.947481
13	11.121228	9.446746	8.780589	10.714330	10.575583	11.139673
14	11.862942	10.233689	9.655902	11.707509	11.743599	12.274648
15	12.545658	10.968542	10.484783	12.642435	12.859729	13.351419
16	13.175190	11.654697	11.268219	13.521540	13.923026	14.370802
17	13.756841	12.295687	12.007959	14.347851	14.934008	15.334702
18	14.295387	12.894993	12.706178	15.124647	15.894125	16.245645
19	14.795090	13.455933	13.365244	15.855257	16.805383	17.106475
20	15.259740	13.981611	13.987583	16.542933	17.670101	17.920154
21	15.692700	14.474900	14.575585	17.190782	18.490742	18.689640
22	16.096950	14.938430	15.131555	17.801725	19.269807	19.417807
23	16.475136	15.374605	15.657680	18.378486	20.009759	20.107405
24	16.829607	15.785611	16.156016	18.923584	20.712982	20.761030
25	17.162452	16.173434	16.628482	19.439343	21.381755	21.381114
26	17.475534	16.539875	17.076858	19.927896	22.018234	21.969925
27	17.770514	16.886572	17.502795	20.391200	22.624447	22.529568
28	18.048881	17.215008	17.907814	20.831051	23.202294	23.061994
29	18.311969	17.526533	18.293321	21.249092	23.753549	23.569006
30	18.560976	17.822375	18.660612	21.646829	24.279863	24.052269
31	18.796983	18.103648	19.010880	22.025643	24.782775	24.513320
32	19.020964	18.371373	19.345225	22.386800	25.263711	24.953579
33	19.233801	18.626477	19.664661	22.731461	25.723997	25.374355
34	19.436294	18.869810	19.970124	23.060694	26.164866	25.776860
35	19.629167	19.102149	20.262476	23.375479	26.587461	26.162210
36	19.813082	19.324207	20.542516	23.676721	26.992844	26.531440
37	19.988642	19.536637	20.810979	23.965252	27.382001	26.885507
38	20.156397	19.740040	21.068548	24.241840	27.755850	27.225296
39	20.316849	19.934969	21.315855	24.507194	28.115245	27.551628
40	20.470463	20.121935	21.553485	24.761970	28.460979	27.865267
41	20.617660	20.301407	21.781981	25.006775	28.793793	28.166919
42	20.758832	20.473821	22.001848	25.242173	29.114377	28.457242
43	20.894338	20.639579	22.213555	25.468686	29.423373	28.736848
44	21.024510	20.799055	22.417539	25.686798	29.721382	29.006307
45	21.149654	20.952594	22.614207	25.896962	30.008967	29.266150
46	21.270054	21.100517	22.803938	26.099597	30.286651	29.516874
47	21.385973	21.243125	22.987088	26.295095	30.554926	29.758941
48	21.497654	21.380695	23.163986	26.483821	30.814253	29.992784
49	21.605326	21.513487	23.334943	26.666116	31.065063	30.218810
50	21.709197	21.641743	23.500249	26.842300	31.307760	30.437396
51	21.809466	21.765690	23.660175	27.012671	31.542726	30.648900
52	21.906314	21.885539	23.814976	27.177509	31.770318	30.853655
53	21.999914	22.001488	23.964892	27.337077	31.990872	31.051975

Anexo No.18 Evolución de la altura en función de la edad para el municipio de Jalapa, según el índice de sitio.

EDAD	IS 13 ALTURA metros	IS 18 ALTURA metros	IS 23 ALTURA metros	IS 28 ALTURA metros	IS 33 ALTURA metros
8	5.0609159	7.0074221	8.9539282	10.9004343	12.8469404
9	5.2231947	7.2321157	9.2410367	11.2499577	13.2588788
10	5.4294703	7.5177281	9.6059859	11.6942438	13.7825016
11	5.6678656	7.8478140	10.0277623	12.2077106	14.3876589
12	5.9305585	8.2115425	10.4925265	12.7735105	15.0544946
13	6.2120598	8.6013136	10.9905674	13.3798211	15.7690749
14	6.5083002	9.0114926	11.5146850	14.0178774	16.5210698
15	6.8161156	9.4376985	12.0592814	14.6808644	17.3024473
16	7.1329443	9.8763844	12.6198245	15.3632646	18.1067047
17	7.4566410	10.3245799	13.1925188	16.0604576	18.9283965
18	7.7853592	10.7797281	13.7740971	16.7684660	19.7628349
19	8.1174740	11.2395794	14.3616848	17.4837902	20.6058956
20	8.4515315	11.7021206	14.9527096	18.2032987	21.4538877
21	8.7862136	12.1655265	15.5448395	18.9241524	22.3034653
22	9.1203141	12.6281273	16.1359404	19.6437535	23.1515666
23	9.4527218	13.0883841	16.7240463	20.3597086	23.9953708
24	9.7824084	13.5448731	17.3073379	21.0698026	24.8322674
25	10.1084194	13.9962730	17.8841266	21.7719802	25.6598338
26	10.4298682	14.4413559	18.4528437	22.4643315	26.4758192
27	10.7459309	14.8789813	19.0120316	23.1450819	27.2781323
28	11.0558427	15.3080899	19.5603370	23.8125842	28.0648314
29	11.3588947	15.7277004	20.0965061	24.4653118	28.8341174
30	11.6544321	16.1369060	20.6193799	25.1018538	29.5843276
31	11.9418515	16.5348713	21.1278911	25.7209108	30.3139306
32	12.2205995	16.9208301	21.6210607	26.3212913	31.0215219
33	12.4901714	17.2940834	22.0979955	26.9019075	31.7058196
34	12.7501090	17.6539971	22.5578852	27.4617732	32.3656613
35	13	18	23	28	33
36	13.2394760	18.3315822	23.4236884	28.5157946	33.6079007
37	13.4682116	18.6482930	23.8283744	29.0084558	34.1885372
38	13.6859227	18.9497391	24.2135555	29.4773719	34.7411883
39	13.8923651	19.2355824	24.5787998	29.9220171	35.2652345
40	14.0873336	19.5055388	24.9237440	30.3419492	35.7601544
41	14.2706599	19.7593752	25.2480905	30.7368059	36.2255212
42	14.4422117	19.9969085	25.5516053	31.1063021	36.6609989
43	14.6018910	20.2180030	25.8341149	31.4502268	37.0663388
44	14.7496327	20.4225684	26.0955041	31.7684398	37.4413754
45	14.8854031	20.6105582	26.3357133	32.0608683	37.7860234
46	15.0091984	20.7819671	26.5547357	32.3275043	38.1002729
48	15.2209891	21.0752156	26.9294422	32.7836688	38.6378953
50	15.3855160	21.3030221	27.2205283	33.1380344	39.0555406
53	15.5457379	21.5248678	27.5039977	33.4831277	39.4622576
55	15.5967454	21.5954937	27.5942419	33.5929901	39.5917384