

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES

PROGRAMA DE POSTGRADO

ELABORACION DE UNA GUIA DE DENSIDAD PARA
Pinus engelmannii, P. herrerae, P. leiophylla y P.
teocote EN LA REGION DE EL SALTO, DURANGO

T E S I S

Presentada como
Requisito parcial para Obtener
el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES
POR

RAFAEL LUNA ALVAREZ



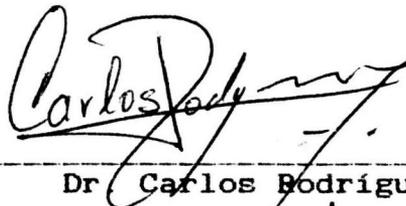
DIRECCION ACADEMICA
DEPTO DE SERVICIOS ESCOLARES
EXAMENES PROFESIONALES
CHAPINGO, MEXICO
1991



Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

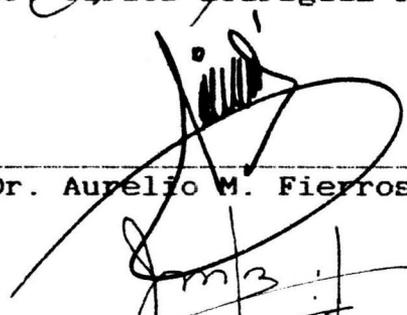
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESIDENTE



Dr. Carlos Rodríguez Franco

ASESOR



Dr. Aurelio M. Fierros González

ASESOR



Dr. Juan Manuel Torres Rojo

REPRESENTANTE DE
COORDINACION GENERAL DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO



Dr. Francisco Becerra Luna

REPRESENTANTE DE
COORDINACION DEPARTAMENTAL DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO



MC. Javier Santillán Pérez

24.457

AGRADECIMIENTOS

Deseo externar mis agradecimientos a las siguientes Instituciones y personas:

A la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de Postgrado y por haberlos financiado.

A la Unidad de Administración Forestal No. 6 "El Salto" del Estado de Durango, por proporcionarme la información para el presente trabajo.

A la Universidad Autónoma Chapingo por brindarme la oportunidad de superación académica.

Al Dr. Carlos Rodríguez Franco por aceptar y fungir como Presidente de mi Comité Asesor y por la disponibilidad que mostró para aclarar mis dudas.

A los C.C. Drs. Aurelio M. Fierros González y Juan Manuel Torres Rojo, por haber aceptado formar parte de mi Comité Asesor, por revisar el presente trabajo y por las sugerencias proporcionadas para mejorar éste.

A los C.C. Ingenieros Jesus B. Cardeña Rodriguez, Salvador Castro Zavala y Miguel Angel Olayo González, por el apoyo brindado para realizar mis estudios.

A todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron para hacer posible la culminación del presente trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Rafael y Alicia

A MIS HERMANOS

Luz María Guadalupe y Antonio José

A MIS CUÑADOS

Roberto Octaviano y Silvia

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

I N D I C E

	Página
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE	vii
INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE	x
RESUMEN	xi
SUMMARY	xi
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Densidad	3
2.2. Interpretación Silvícola de la Densidad	4
2.3. Medidas de la Densidad	5
2.3.1. Numero de árboles por unidad de superficie (N)	6
2.3.2. Area Basal por Unidad de Superficie (AB)	6
2.3.3. Volumen	7
2.3.4. Indice de Densidad del Rodal	7
2.3.5. Relación Area-Arbol (RAA)	10
2.3.6. Factor de Competencia de Copas (FCC)	12
2.4. Guías de Densidad	13
2.4.1. Definición	13
2.4.2. Formas de Elaboración de las Guías	13
2.4.3. Utilización de las Guías de Densidad	16
2.4.4. Interpretación de las Guías de Densidad	16
2.4.5. Aplicación, ventajas y desventajas de las Guías de densidad	17

2.5. Ley del Autoaclareo	18
2.6. Condición del cierre de copas y de la mortalidad dependiente de la Densidad	20
2.7. Guías de Densidad en el Extranjero y México	22
2.7.1. En el Extranjero	22
2.7.2. En México	27
3. MATERIALES Y METODOS.	29
3.1. Descripción de la Zona.	29
3.1.1. Situación Geográfica	29
3.1.2. Geología y Suelos	31
3.1.3. Clima	31
3.1.4. Asociaciones Vegetales	33
3.2. Metodología del Estudio	35
3.2.1. Toma de Datos de Campo	35
3.2.2. Información obtenida	36
3.2.3. Análisis de la Información	36
4. RESULTADOS Y DISCUSION.	37
4.1. Construcción de las Guías de Densidad por Especie	37
4.1.1. Determinación de la Relación Area-Árbol (RAA)	37
4.1.2. Determinación del Factor de Competencia de Copas (FCC)	40
4.1.3. Construcción de las Guías de Densidad ..	43
4.2. Comparación entre lo observado y lo obtenido con las Guías de Densidad	45
4.2.1. Comparación entre las Guías por Especies	50
4.2.2. Comparación con Guías de Densidad de otras especies	59

4.3. Ejemplo de Aplicación de las Guías de Densidad .	61
4.4. Discusión sobre las Guías de Densidad	62
5. CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES	68
6. LITERATURA CITADA	72
7. APENDICE	77

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Valores estimados para la obtención de la RAA de las especies evaluadas en la región de "El Salto, Dgo".	39
2	Ecuaciones de la RAA de las especies evaluadas en la Región de El Salto, Dgo.	40
3	Ecuaciones de regresión de diámetro de copa-diámetro normal de los árboles aislados de las cuatro especies de pino de la UAF No. 6. "El Salto, Dgo".	41
4	Ecuaciones de la AMC de las especies evaluadas.	42
5	Expresion del FCC de las especies evaluadas. ...	42
6	Expresiones para calcular el número de árboles por hectárea por especie, de acuerdo a las normas de RAA y FCC.	43
7	Valores de "t" para las diferencias entre lo observado y lo estimado.	50
8	Condiciones ambientales de tres especies de pino.	60
9	Existencias máximas por especie para un $D_q = 25$ cm en la región de El Salto, Dgo.	61
10	Existencias mínimas residuales por especie para un $D_q = 25$ cm en la región de El Salto, Dgo.	61
11	Tendencia hacia el nivel A, por especie, después de la remoción hacia el nivel B, en la Región de El Salto, Dgo.	62

INDICE DE FIGURAS

1	La guía de Gringrich (De Ernst <u>et al.</u> , 1985). . .	15
2	Diagrama de manejo de la densidad del rodal para <u>Pseudotsuga menziessi</u> (Mirb.) Franco basado en el índice de densidad relativa (De Drew y Flewelling, 1979).....	24
3	Guía de manejo de la densidad para <u>Alnus rubra</u> . La línea A es la línea del autoaclareo. El manejo de la densidad debería tender a mantener la densidad entre las líneas B (55% de la densidad relativa(DR)) y C (30% de DR) (De Hibbs, 1987).....	26
4	Localización de la Unidad No. 6 El Salto, Dgo.	30
5	Guía de densidad para <u>Pinus engelmanni</u> de El Salto, Dgo. (Dq = 10-55 cm), utilizando a la RAA como norma de densidad máxima de ocupación completa del espacio de crecimiento.....	46
6	Guía de densidad para <u>Pinus herrerae</u> de El Salto, Dgo. (Dq = 10-45 cm), utilizando a la RAA como norma de densidad máxima de ocupación completa del espacio de crecimiento.....	47
7	Guía de densidad para <u>Pinus leiophylla</u> de El Salto, Dgo. (Dq = 10-45 cm), utilizando a la RAA como norma de densidad máxima de ocupación completa del espacio de crecimiento.....	48
8	Guía de densidad para <u>Pinus teocote</u> de El Salto, Dgo. (Dq = 10-40 cm), utilizando a la RAA como norma de densidad máxima de ocupación completa del espacio de crecimiento.....	49
9	Comparación por especie de la distancia de espaciamiento (D) (m) bajo el concepto de densidad máxima sin competencia (RAA) y de densidad mínima de ocupación completa del espacio de crecimiento (FCC) de El Salto, Dgo. . . .	52

10	Comparación por especie del espaciamiento (E) (m^2) bajo el concepto de densidad máxima sin competencia (RAA) y de densidad mínima de ocupación completa del espacio de crecimiento (FCC) de El Salto, Dgo.	53
11	Comparación por especie del número de árboles por hectárea (m) bajo el concepto de densidad máxima sin competencia (RAA) y de densidad mínima de ocupación ocupación completa del espacio de crecimiento (FCC) de El Salto, Dgo.	56
12	Comparación por especie del área basal por hectárea bajo el concepto de densidad máxima sin competencia (RAA) y de densidad mínima de ocupación completa del espacio de crecimiento (FCC) de El Salto, Dgo.	58

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

		Página
1	Relación de datos por sitio del <u>Pinus engelmanni</u> en la región de El Salto, Dgo.	78
2	Relación de datos por sitio del <u>Pinus herreraei</u> en la región de El Salto, Dgo.	84
3	Relación de datos por sitio del <u>Pinus leiophylla</u> en la región de El Salto, Dgo.	87
4	Relación de datos por sitio del <u>Pinus teocote</u> en la región de El Salto, Dgo.	90
5	Relación de diámetro normal-diámetro promedio de copa para el <u>Pinus engelmanni</u> en la región de El Salto, Dgo.	92
6	Relación de diámetro normal-diámetro promedio de copa para el <u>Pinus herreraei</u> en la región de El Salto, Dgo.	95
7	Relación de diámetro normal-diámetro promedio de copa para el <u>Pinus leiophylla</u> en la región de El Salto, Dgo.	98
8	Relación de diámetro normal-diámetro promedio de copa para el <u>Pinus teocote</u> , en la región de El Salto, Dgo.	101
9	Análisis de regresión entre el diámetro promedio de copa (DPC) y el diámetro normal (DN), de <u>Pinus engelmanni</u> , en la región El Salto, Dgo.	105
10	Análisis de regresión entre el diámetro promedio de copa (DPC) y el diámetro normal (DN), de <u>Pinus herreraei</u> , en la región de El Salto, Dgo.	106
11	Análisis de regresión entre el diámetro promedio de copa (DPC) y el diámetro normal (DN), de <u>Pinus leiophylla</u> , en la región El Salto, Dgo.	107

12	Análisis de regresión entre el diámetro promedio de copa (DPC) y el diámetro normal (DN), de <u>Pinus teocote</u> , en la región de El Salto, Dgo.	108
13	Número de árboles y áreas basales por hectárea de <u>Pinus engelmanni</u> , estimados para el FCC y RAA en la Región de El Salto, Dgo.	109
14	Número de árboles y áreas basales por hectárea de <u>Pinus herreraei</u> ; estimados para el FCC y RAA en la Región de El Salto, Dgo.	110
15	Número de árboles y áreas basales por hectárea de <u>Pinus leiophylla</u> ; estimados para el FCC y RAA en la Región de El Salto, Dgo.	111
16	Número de árboles y áreas basales por hectárea de <u>Pinus teocote</u> ; estimados para el FCC y RAA en la Región de El Salto, Dgo.	112
17	Número de árboles por hectárea observados del bosque (OBS) y estimados (EST) con la ecuación de la Relación Area-Árbol.	113
18	Número de árboles por hectárea observados del bosque (OBS) y estimados (EST) con la ecuación del Factor de Competencia de Copas.	114
19	Relación de diámetros de copa con las ecuaciones de regresión respectivas, en la Región de El Salto, Dgo.	115
20	Número de árboles por hectárea (N), distancia de espaciamiento (D) y espacio de crecimiento (E) para la RAA y el FCC del <u>Pinus engelmanni</u> de la Región de El Salto, Dgo.	116
21	Número de árboles por hectárea (N), distancia de espaciamiento (D) y espacio de crecimiento (E) para la RAA y el FCC del <u>Pinus herreraei</u> de la Región de El Salto, Dgo.	117

22	Número de árboles por hectárea (N), distancia de espaciamiento (D) y espacio de crecimiento (E) para la RAA y el FCC del <u>Pinus leiophylla</u> de la Región de El Salto, Dgo.	118
23	Número de árboles por hectárea (N), distancia de espaciamiento (D) y espacio de crecimiento (E) para la RAA y el FCC del <u>Pinus teocote</u> de la Región de El Salto, Dgo.	119
24	Espacios de crecimiento (E) en m ² /ha para la Relación Area-Árbol de tres especies de Pino en México.	120

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE

	Página.
1	Formato utilizado para la toma de información de campo en la Región de El Salto, Dgo. 121
2	Formato utilizado para la toma de información de campo de árboles aislados en la Región de El Salto, Dgo. 122

**Elaboración de una guía de densidad para Pinus engelmanni,
P. herreraei, P. leiophylla y P. teocote en la región
de El Salto, Durango.**

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en los bosques de la región de El Salto, en el Estado de Durango, Méx., con la finalidad de determinar una guía de densidad para masas arboladas de Pinus engelmanni, P. herreraei, P. leiophylla y P. teocote.

La guía fue determinada teniendo como base para la definición de la línea de densidad mínima (línea B) al factor de Competencia de Copas (FCC) y para la definición de la línea de densidad máxima (línea A) a la Relación Área-Arbol (RAA). En base al espacio de crecimiento (E) obtenido de las guías, se encontró que el P. herreraei tiene el menor (E), de las cuatro especies, estudiadas, lo que coincide con las mejores condiciones ambientales en que habita, por otro lado el P. engelmanni aumenta en mayor grado su (E) al pasar de las categorías diamétricas menores a mayores debido a las condiciones de sequedad en que habita.

Se concluye que las guías de densidad obtenidas en el estudio representan estimaciones de la densidad del rodal y pueden utilizarse de acuerdo a los objetivos de manejo a los que se someterán los rodales en específico.

SUMMARY

This study was conducted in the El Salto region, Durango, with the goal of developing four stocking guides for forest stands of Pinus engelmanni, P. herreraei, P. leiophylla and P. teocote.

The guides used the Crown Competition Factor to define the minimum density line (Line B) and the Tree-Area ratio to define the maximum line (Line A).

In relation to pine species, it was found that Pinus herreraei had the minimum growing space (GS) due to the best environment conditions, on the other hand, P. engelmanni had the greatest increase in (GS) when passed from minimum to maximum diameter categories, due to the drying conditions of its environment.

It was concluded that the stocking guides obtained in this study represent estimations of the density of stands of Pinus engelmanni, P. herreraei, P. leiophylla and P. teocote based upon the full growing space occupancy. Therefore, the choice of a stocking guide should be based on the chosen management objectives for specific stands.

1. INTRODUCCION.

El manejo silvícola del rodal incluye, entre otras actividades, la modificación de la estructura y composición de especies, y tiene como uno de sus principales objetivos alcanzar la máxima eficiencia de utilización de los factores de crecimiento en el sitio. Para ello es necesario el desarrollo de técnicas que permitan determinar el espacio de crecimiento óptimo de los árboles en el rodal, en función de sus características intrínsecas del sitio y las condiciones de competencia que se establecen entre árboles vecinos.

Así, a través del conocimiento de la densidad del rodal, se puede estimar en forma aproximada el inicio de la mortalidad por competencia y de esta manera determinar los regímenes de aclareos para influir sobre la calidad de los fustes y la tasa de crecimiento.

El control de la densidad del rodal tiene un papel importante para lograr los objetivos específicos de producción maderable definidos en los planes de manejo forestal.

Los bosques de la Unidad de Administración Forestal No. 6 "El Salto" en el Estado de Durango, México, se han aprovechado extensivamente desde 1918, y a partir de 1977 se dió inicio al cultivo del bosque y de 1987 en adelante se ha dado importancia al manejo de la densidad del rodal, con objeto de poder mejorar el rendimiento del recurso forestal.

En esta zona la actividad económica de mayor importancia es

el aprovechamiento de árbolado de varias especies del género Pinus. entre las que se incluyen las cuatro de este trabajo, contando la Unidad con el 30% de la posibilidad anual autorizada para todo el Estado de Durango.

De acuerdo con lo señalado, la presente investigación tiene el siguiente objetivo:

-Dada la importancia del manejo de la densidad para las especies forestales, esta investigación pretende estudiar los efectos de la densidad en el desarrollo de algunos parámetros de los rodales naturales de las especies Pinus engelmanni, P. herzeri, P. leiophylla y P. teocote a través de la elaboración de cuatro Guías de Densidad en la Unidad de Administración Forestal No. 6 "El Salto" del Estado de Durango, México, como una herramienta de campo útil en la determinación de los tratamientos a cada rodal de acuerdo a los objetivos previamente establecidos.

2. REVISION DE LITERATURA.

2.1. Densidad.

El control de la densidad es una forma que el técnico forestal puede usar para manipular el crecimiento y producción de las masas arboladas y la cantidad de existencias debido a que el crecimiento que se alcanza en un sitio dado, lo determina la cantidad, clase y distribución de los árboles que existen en ese sitio (Clutter et al., 1983; Davis y Johnson, 1987).

Para expresar la densidad se ha establecido una serie de medidas que se definen a continuación (Society of American Foresters (SAF), 1971; Ernst et. al. 1985):

Densidad del rodal. Una medida cuantitativa expresada en términos del número de árboles, área basal total, ó volumen total por unidad de área.

Existencias. Es la cantidad de árboles, área basal total ó volumen total por unidad de área, en relación a lo que es considerado ser él óptimo.

Densidad Absoluta del Rodal. La cantidad absoluta por unidad de área en términos de número de árboles, de área basal total ó del volumen.

Zona de Manejo. El área definida por los límites superiores e inferiores de densidades relativas en rodales manejados para un objetivo particular.

Nivel de Referencia. La densidad absoluta del rodal que normalmente se esperaría en un rodal de características dadas bajo alguna condición de norma (usualmente competencia máxima promedio, aunque puede ser de no competencia).

Densidad Relativa del Rodal Derivada de Competencia Máxima Promedio. El cociente (proporción o porcentaje) de densidad absoluta del rodal basado en un nivel de referencia de competencia máxima promedio.

Densidad Relativa Derivada de No Competencia. Es el cociente (proporción o porcentaje) de densidad absoluta del rodal al nivel de referencia basado sobre no competencia.

Nivel de Existencias. Una densidad residual del rodal, expresada como densidad relativa, que logra algún objetivo de manejo.

Densidad Normal. Es aquella densidad en la que todo el espacio de crecimiento es ocupado en forma efectiva, pero con lugar suficiente para el buen desarrollo del arbolado existente. Sinónimo rodal completamente denso (Osmaston, 1968; Husch et al., 1972; SAF, 1971; Clutter et al., 1983).

2.2. Interpretación Silvícola de la Densidad.

La densidad del rodal es importante por que influye en la productividad. Como puede ser controlado el número y distribución espacial de los árboles, se puede aprovechar de una forma óptima el espacio de crecimiento, modificando la distribución de crecimiento en diámetro y volumen (Clutter et al., 1983; Daniel

et al, 1982; Gingrich, 1967).

La densidad del rodal puede describir el grado al cual está siendo utilizado el sitio y también describe la intensidad de competencia entre árboles, de ahí la importancia de su conocimiento, ya que cuando existe un mejor precio para árboles grandes, es posible conocer la asociación de la medida de la distribución de tamaños y tasas de crecimiento de árboles individuales y de esta forma tener una mejor cuantificación de la productividad y del valor del arbolado en el rodal (Davis y Johnson, 1986).

La tendencia general en el manejo de la densidad es alcanzar la producción del número óptimo de arboles con alta potencialidad de crecimiento de acuerdo a un objetivo de manejo y eliminar aquellos que exceden el número óptimo.

Las ventajas que pueden ser logradas con el manejo de la densidad son las siguientes (Smith, 1986):

1. Recuperación de pérdidas anticipadas de volumen comercial.
2. Incremento en valor de los árboles debido al mejoramiento en el crecimiento en diámetro.
3. Producción de ingresos y control de existencias de crecimiento durante la rotación.
4. Mejoramiento de la calidad del producto.
5. Oportunidad de mejorar la composición del rodal, preparar el sitio para el establecimiento de nuevos rodales y reducir el riesgo de daños al bosque.

2.3. Medidas de la Densidad.

Uno de los objetivos principales en el manejo del rodal para la obtención de calidad incluida producción de madera y tamaño de

árboles individuales. por la utilización del sitio y grado de competencia, es el desarrollo de un número adecuado de árboles por unidad de superficie, lo que se describe através de medidas de la densidad, entre las que se describen las siguientes (Vezina 1964, Ward 1964, West 1982):

2.3.1. Número de árboles por unidad de superficie (N).

Es una medida utilizada en rodales homogéneos de una misma ó de varias edades, es también utilizada para rodales aclarados cuando la historia de los aclareos es conocida con gran detalle. También se ha utilizado el número de árboles por unidad de superficie como una medida de densidad del rodal en el desarrollo de ecuaciones de producción (Clutter et al., 1983; Davis y Johnson, 1986).

2.3.2. Area Basal por Unidad de Superficie (AB).

Es el área horizontal acumulada de los fustes en pie de árboles individuales, medida a 1.30 m. del suelo por unidad de superficie de los troncos; es una medida ámpliamente utilizada; es fácil de medir y su valor depende del número de árboles y de sus respectivos tamaños. El valor del área basal está limitado como indicador de densidad cuando la historia previa del rodal no es conocida.

El área basal en conjunción con el número de árboles por unidad de superficie, mejoran las estimaciones de la densidad y de producción (Bickford et al. 1957). porque se especifica el tamaño promedio del árbol y el número de los mismos, por ello

el área basal es una variable indicadora de la densidad (Vezina. 1964, Ferguson y Leech 1976), ampliamente utilizada en los modelos de producción total.

El área basal se puede medir en metros cuadrados para árboles individuales y para rodales completos de la siguiente forma:

$$AB_i = \frac{\pi}{4} D_i^2 = 0.7854 \times D_i^2 \quad (2.1)$$

Donde:

AB_i = Área basal.

D_i = diámetro normal del árbol i ésimo (m^2).

y el área basal total AB para una muestra de n árboles es:

$$AB = \sum_{i=1}^n AB_i = 0.7854 \sum_{i=1}^n D_i^2 \quad (2.2)$$

Con un área basal media por árbol:

$$\bar{AB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n AB_i = 0.7854 D_i^2/n \quad (2.3)$$

2.3.3. Volumen.

La densidad es medida a través del volumen. El volumen es usualmente relacionado a algún estandar como el volumen a máxima densidad, por ejemplo el punto donde se presenta la mortalidad dependiente de la competencia, y es presentado como porcentaje de ese máximo.

2.3.4. Índice de Densidad del Rodal.

El índice de densidad del rodal es una medida de la densidad promedio del rodal que solamente puede ser obtenida con referen-

cia a una relación predeterminada limitante entre el número de árboles por unidad de superficie y el diámetro cuadrático medio (\bar{D}_q), el cual es estimado de n árboles muestra de la siguiente forma:

$$\bar{D}_q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i^2} \quad (2.4)$$

Donde:

D_i = diámetro normal del árbol iésimo.

n = número de árboles que integran la muestra

Dado que el área basal por árbol es:

$$\bar{AB} = 0.7854 \bar{D}_q^2 \quad (2.5)$$

y el área basal de n árboles muestra.

$$AB = 0.7854 n \bar{D}_q^2 \quad (2.6)$$

Entonces el diámetro cuadrático medio (\bar{D}_q) es el diámetro del árbol de área basal media.

Reineke (1933) utilizó esta base para desarrollar un índice de densidad del rodal, el cual en rodales completamente densos de una misma edad, supone una relación limitante entre el número de árboles (N) por unidad de superficie y el diámetro cuadrático medio (\bar{D}_q); al graficar dicha relación en coordenadas logarítmicas esta relación aparece del tipo lineal para 12 de las 14 especies consideradas por Reineke, el valor de la pendiente de la línea limitante fue aproximadamente -1.6. La relación limitante es de la forma:

$$\text{Log } N = b \text{ log } \bar{D}_q + a \quad (2.7)$$

Donde:

N = número de árboles por unidad de superficie

\bar{D}_q = diámetro cuadrático medio del rodal

a = una constante para cada especie

b = pendiente de la línea

Para cualquier \bar{D}_q medio existe un límite al número esperado de árboles por unidad de superficie en rodales de una misma edad: dicha relación es independiente del índice de sitio y de la edad. Se considera que los rodales en el límite del número de árboles tienen el mismo grado de densidad.

Para rodales en esta condición limitante el grado común de densidad es expresado numéricamente como el número esperado de árboles por unidad de superficie cuando \bar{D}_q es 25.4 cm así que:

$$\text{IDR} = a(25.4)^b \quad (2.8)$$

Donde:

IDR = Índice de densidad del rodal

a y b = Parámetros que definen la relación

Para cualquier rodal conocido N y \bar{D}_q , Reineke define el IDR como:

$$\text{IDR} = N (25.4/\bar{D}_q)^b \quad (2.9)$$

Lo que implica que todos los rodales con la misma proporción del número límite de árboles por unidad de superficie, tienen el mismo IDR sin importar el \bar{D}_q del rodal ya que varía también N .

2.3.5. Relación Area-Arbol (RAA).

Chisman y Schumacher (1940) propusieron una medida de la densidad del rodal, basado en la suposición que el área del terreno (A) ocupada por la proyección del área del fuste, de cualquier árbol en un rodal, puede ser representada por la ecuación:

$$A = B_0 + B_1 D + B_2 D^2 \quad (2.10)$$

Donde:

D = Diámetro normal (DN)

El área total ocupada por n árboles en una hectárea de terreno es entonces:

$$\sum_{j=1}^n A_j = \sum_{i=1}^n B_0 + B_1 \sum_{i=1}^n D_i + B_2 \sum_{i=1}^n D_i^2 \quad (2.11)$$

Donde la suma total esta hecha sobre los n árboles creciendo sobre una hectárea. Suponiendo que se seleccionan N sitios de muestreo de una hectárea, de una población de interés; donde n_i es el numero de árboles en el sitio de muestreo i y

$$\sum_{j=1}^{n_i} D_{ij} \text{ y } \sum_{j=1}^{n_i} D_{ij}^2 \text{ (i = 1, 2, \dots, N) fueran obtenidos donde } D_{ij}$$

es el diámetro normal (DN) del iésimo árbol en el iésimo sitio; las estimaciones de los parámetros B_0 , B_1 y B_2 son entonces obtenidas al minimizar:

$$\sum_{i=1}^N (1 - \sum_{j=1}^{n_i} B_{0j} - B_1 \sum_{j=1}^{n_i} D_{ij} - B_2 \sum_{j=1}^{n_i} D_{ij}^2)^2 \quad (2.12)$$

Estas estimaciones de mínimos cuadrados pueden entonces ser usadas para evaluar la ecuación (2.11) para cualquier rodal dado

con las conocidas n , $\sum_{j=1}^n D_j$ y $\sum_{j=1}^n D_j^2$. La resultante relación

área-árbol ($\sum_{j=1}^n A_j$) es una medida de la densidad del rodal

relativa a la relación en la muestra original.

La relación área-árbol es una medida de la densidad del rodal y su uso no está restringido a rodales de una misma edad; por lo que se utilizó en esta investigación donde se muestrearon rodales homogéneos en densidad, naturales, de diferentes edades. Este estadístico ha sido poco usado en estimaciones de producción porque no parece ofrecer ventajas significantes sobre medidas simples que son obtenidas directamente (Clutter, et al., 1983).

El nivel de máxima densidad sin competencia (RAA) es el más común y probablemente el nivel de referencia más útil en la determinación del grado de densidad máxima que puede soportar un rodal.

La densidad máxima promedio esta basada sobre la densidad absoluta observada en rodales sin disturbio del mismo tipo y tamaño que son referidos como "Rodalet Normales" (Ernst et al., 1985).

2.3.6. Factor de Competencia de Copas (FCC).

Krajicek et al (1961) propusieron una medida de la densidad del rodal basada en la proyección horizontal del área de copa de árboles de un diámetro dado relativo a él área máxima de copa, para árboles de el mismo diámetro, que han crecido libres de competencia. La relacion entre el diámetro normal (DN) para árboles que han crecido libres de competencia se asume ser de la forma: (Curtin, 1964, Assmann, 1970):

$$DC = a + b DN \quad (2.13)$$

Si DC esta en metros, el área de copa (AC) estará dado en metros cuadrados y esta relación se expresa por:

$$AC = (\pi/4) (DC)^2 \quad (2.14)$$

$$AC = (\pi/4) (a + b DN)^2 \quad (2.15)$$

El área máxima de copa (AMC), esto es, el área de copa para un árbol que creció libre de competencia de diámetro DN, expresado como porcentaje de una hectárea, esta dado por (Husch et al., 1972):

$$AMC = \frac{100 (\pi/4) (a + b DN)^2}{10,000} \quad (2.16)$$

Lo que es equivalente a:

$$AMC = 0.007854 (a + b DN)^2 \quad (2.17)$$

ó

$$AMC = 7.854 \times 10^{-3} (a^2 + 2 ab DN + (b DN)^2) \quad (2.18)$$

El AMC se calcula para cada árbol en el rodal, y la suma de todos esos valores sobre una base de hectárea es el Factor de Competencia de Copas (FCC).

El FCC ha sido utilizado como medida de densidad del rodal en estimaciones de crecimiento y producción (Clutter et. al., 1983).

El nivel de referencia de densidad mínima de ocupación completa (FCC) es particularmente útil en tipos de bosques donde otros factores, aparte de la luz, son limitantes y la condición cerrada del bosque no permite identificar rodales donde la densidad máxima promedio se está presentando (Ernst et. al., 1985).

2.4. Guías de Densidad.

2.4.1. Definición.

Una Guía de Densidad es un diagrama en el que se representa la densidad y el grado de densidad de rodales de cierto diámetro cuadrático para un rango amplio de densidades de población. Todo ello en términos de la relación existente entre el número de árboles, áreas basales y diámetro cuadrático medio (Gingrich, 1967; Ernst et al., 1985).

2.4.2. Formas de Elaboración de las Guías.

La elaboración de las Guías de densidad más comunes, se basa en dos índices de densidad: la Relación Area-Árbol que establece

el espacio mínimo de crecimiento para los árboles y el Factor de Competencia de Copas que se refiere al espacio máximo para crecer libremente (Gingrich, 1967; Leak, et al., 1969).

El siguiente procedimiento señala los pasos requeridos para desarrollar este tipo de guías de densidad (Ernst et al., 1985):

Etapa Primera. Desarrollar los niveles de referencia. Los niveles de referencia pueden estar basados sobre un estándar de densidad máxima promedio y de densidad mínima de ocupación completa.

Las guías de densidad, se construyen utilizando un nivel de densidad máxima promedio (línea "A" de la guía de densidad), para la cual se recurre a determinar la Relación Área-Arbol (RAA), ya descrita; y para el estándar densidad mínima de ocupación completa (Línea "B" de la Guía de Densidad) se recurre a la determinación del Factor de Competencia de Copas (FCC). (Fig. 1). Por último la Línea "C" representa el nivel más bajo de existencias necesario para que un rodal alcance el nivel B de existencias en 10 años, en sitios de baja densidad promedio (Gingrich, 1967).

Etapa final. Construcción de la Guía. Una vez que se cuenta con las ecuaciones de la RAA y el FCC, se determina por medio del diámetro cuadrático el número de árboles y sus áreas basales por hectárea, y con esos datos se construye la guía de densidad, que es la metodología que utilizó Gingrich en 1967 (Ernst et al., 1985).

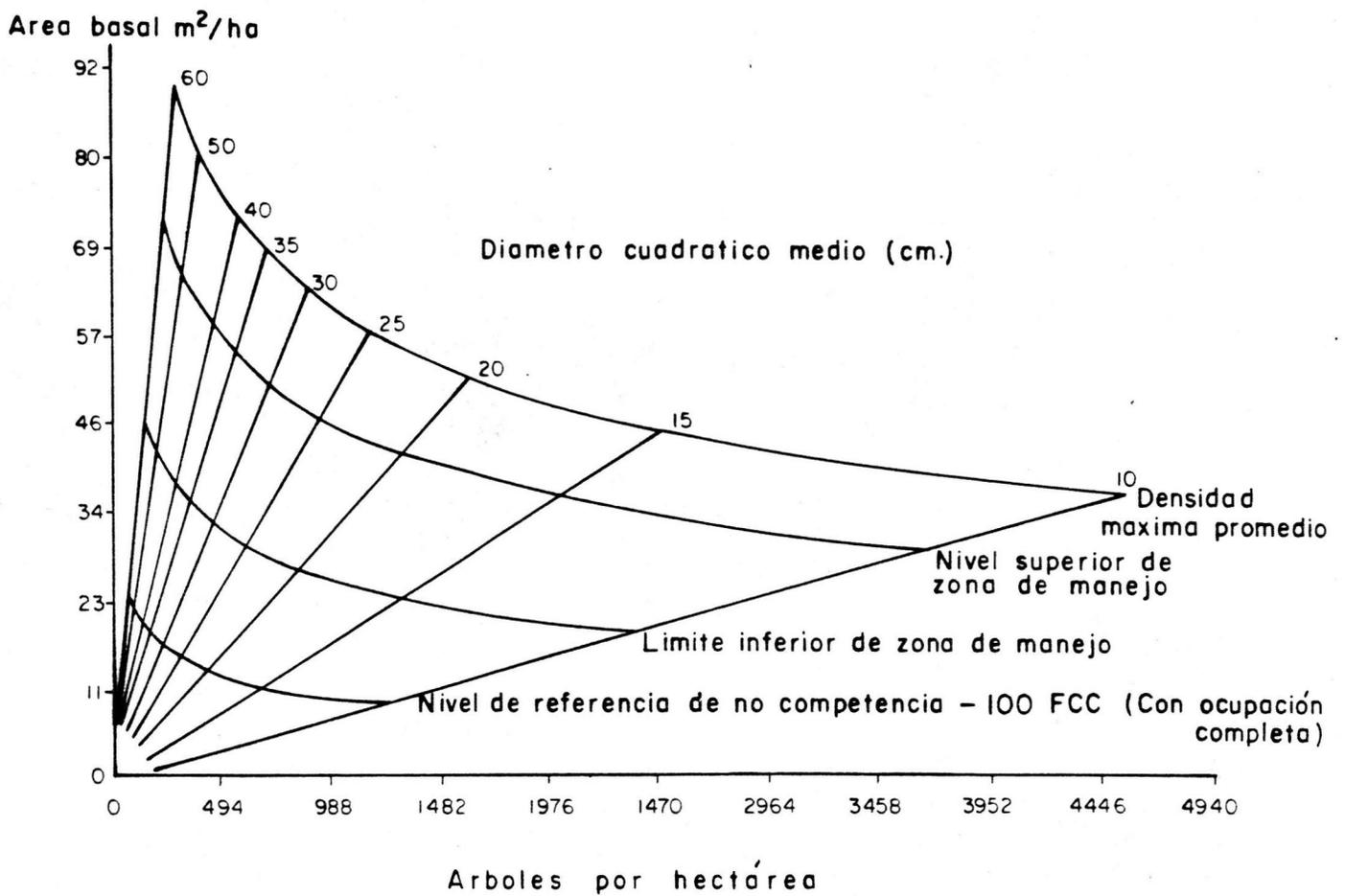


Fig. 1. La guía de Gringrich (De Ernst et al. 1985).

2.4.3. Utilización de las Guías de Densidad.

Algunas de los usos más importantes son (Leak, 1981; Becerra, 1986; Zepeda y Villarreal, 1987; Balderas y Rodríguez, 1989):

1. Estimaciones de densidad y grado de densidad, conocido el número de árboles, y área basal por hectárea.
2. Diseño de regimenes silvícolas. Las guías de densidad proveen las bases para diagnosticar necesidades de aclareo, prescribir niveles residuales de existencias y decidir cuando los rodales tienen suficiente material de calidad para manejo intensivo. Son usadas también para estandarizar tratamientos de investigación.

2.4.4. Interpretación de las Guías de Densidad.

Cómo se explica anteriormente, las guías de densidad constan de las líneas A, B y C. El nivel A de existencias representa una condición normal de existencias máximas para rodales sin disturbios; en ausencia de cortas y otros disturbios, las existencias de un rodal tienden hacia ese límite, independientemente de su posición (arriba del límite máximo ó por abajo de él). Por lo tanto cualquier rodal que se ubica arriba de este nivel es considerado como de "existencias excesivas" (Gingrich, 1967).

La línea B representa el nivel más bajo de existencias para una ocupación completa del sitio. El rango entre los niveles A y B es llamado "suficiente" porque el espacio de crecimiento puede ser completamente y quizás más eficientemente utilizado por los árboles: las existencias óptimas y el crecimiento para un producto dado u objetivo de manejo se ubicará en algun lugar entre el amplio rango A-B de "existencias suficientes" (Marquis

et. al. 1969).

El nivel C de existencias. representa el nivel límite más bajo de existencias. necesario para que un rodal alcance el nivel B en un tiempo determinado que puede ser de 5 a 10 años. Así cualquier rodal que cae abajo de este nivel es considerado con "existencias deficientes" (Gingrich. 1967; Ernst et. al.. 1985; Leak et al., 1969).

2.4.5. Aplicación, ventajas y desventajas de las Guías de densidad.

Cuándo un rodal se encuentra sin manejo, sus existencias pueden estar cerca de la línea A ó arriba de ella; a través de aclareos los rodales deberán ser cortados al límite inferior (línea B). ya que este nivel representa a las existencias mínimas para un adecuado crecimiento. Se permite crecer al rodal y puede ser aclarado antes de que alcance las existencias de la línea A. Generalmente, los rodales son considerados para aclareos cuando las existencias se ubican a más de la mitad del camino, un 75% entre las líneas A y B (Philbrook et al., 1973).

Ventajas:

Las guías de densidad son instrumentos fáciles de construir y representan una herramienta silvícola de gran utilidad para manejar los rodales de especies forestales y sirven para ubicar el estado actual de los rodales con un patrón de máxima ó de no competencia (Ernst et al. 1985).

Desventajas:

Las guías de densidad generalmente no incluyen la altura de los árboles ni la edad de éstos, por lo que no se puede predecir cuantos árboles pueden haber crecido a cierto tamaño en varios puntos del turno (Leak, 1981; Zepeda y Villarreal, 1987; y Seymour y Smith, 1987), por lo que las guías de densidad basadas en el FCC al asumir que la relación DC-DN es independiente de la edad pueden, en ciertos casos, sobreestimar el número de árboles requeridos para alcanzar un cierre de copas completo.

Con objeto de solucionar esta situación, Drew y Flewelling (1979) y Seymour y Smith (1987) desarrollaron guías de densidad en las que hacen intervenir la altura total de los árboles así como la edad a que es alcanzada.

Además las guías se fundamentan en el supuesto de que los árboles tienen un arreglo geométrico específico (copas de los árboles circulares) por lo que no consideran a la sobreposición de las copas. En cuanto a la distribución de los árboles en el terreno, se supone que éstos están perfectamente distribuidos, haciendo uso máximo del espacio de crecimiento.

2.5. Ley del Autoaclareo.

Con objeto de encontrar las mejores densidades en las que se presenta la producción óptima, Yoda et al (1963) encontraron que conforme un rodal crece, la densidad de las plantas (número de individuos por unidad de superficie) a través del tiempo, tiende a disminuir sucesivamente debido a la interacción competitiva

entre individuos y la muerte subsecuente de los suprimidos. Este proceso se conoce como autoaclareo. En los experimentos realizados por estos investigadores, encontraron que al graficar el peso medio de las plantas contra su densidad en una gráfica de coordenadas cartesianas logarítmicas (base 10), se presenta una línea límite que define las relaciones de tamaño máximo alcanzado debido al efecto de la densidad, la expresión matemática de la relación encontrada es:

$$W = Kp^{-3/2} \quad (2.19)$$

Donde:

W = Peso de la planta media.

P = Densidad (No. plantas/ unidad de superficie).

K = Constante que depende de la especie.

-3/2= Pendiente de la línea.

La forma logarítmica de la expresión anterior es:

$$\text{Log}(w) = \text{log}(K) - 3/2 \text{ log}(p) \quad (2.20).$$

Esta relación se comprobó posteriormente para varias poblaciones tanto vegetales como forestales, encontrándose que su transformación logarítmica daba en todos los casos un valor aproximado de -1.5 en el valor de la pendiente por lo que recibió el carácter de Ley (White, 1980); aunque en los últimos años se haya cuestionado la misma (Weller, 1987; Zeide, 1987).

Las principales relaciones alométricas de la Ley del Autoaclareo son discutidas por Yoda et al. 1963 y Drew y Flewelling,

1977) utilizando análisis dimensionales.

La Ley de los $-3/2$ ó del autoaclareo ha sido confirmada en especies forestales, utilizando el volumen del árbol medio (v) en lugar del peso medio (w) debido a la relación alométrica unitaria que existe entre estas dos variables ($W \propto v$) (White y Harper, 1970; Ford, 1975; Moore, 1977, White 1980, 1981; Westoby, 1984).

Por otra parte el índice de densidad del rodal (Reineke, 1933) ha sido relacionado matemáticamente a la regla del auto-aclareo, pues se ha demostrado en relaciones alométricas que el volumen del árbol promedio es directamente proporcional al diámetro cuadrático promedio y a la densidad (White, 1981, Long y Smith, 1984; Hibbs, 1987); lo que permite obtener los volúmenes extremos a los que ocurre la mortalidad dependiente de la densidad (MDD) así como la condición del cierre de copas (CC).

2.6. Condición del cierre de copas y de la mortalidad dependiente de la Densidad.

En relación con el concepto de ocupación completa del sitio, se indica (Ford, 1975; Drew y Flewelling, 1979; Long y Smith, 1984; Ernst et al., 1985) que al inicio del rodal existen árboles pequeños creciendo sin interacción, que no ocupan totalmente los recursos, pero que al crecer, comienzan a interactuar competitivamente y esto coincide con el cierre de copas. la edad a que esto empieza es una función de las existencias iniciales y de la tasa de crecimiento individual, y entre mayores sean ambos, la edad de inicio de la competencia es menor: la ocupación total del sitio probablemente ocurra poco tiempo después del inicio de

la competencia. La tasa de crecimiento individual se reduce, al proseguir la competencia: un gran porcentaje de la población queda abajo de los individuos más grandes: la biomasa y/o área foliar tienden a alcanzar un nivel de equilibrio que es independiente de la densidad del rodal. Al continuar el desarrollo del rodal, los árboles suprimidos empiezan a morir debido a la competencia, y los árboles individuales se hacen más susceptibles a los agentes de mortalidad, la ocupación del sitio es rápidamente recobrada, siguiendo el autoaclareo.

Con la utilización de los conceptos que se indican en los puntos 2.5 y 2.6 se han desarrollado guías de manejo de la densidad; donde la línea del autoaclareo, limitado por la relación densidad-volumen individual máximo, define una zona donde el límite superior es una línea donde se presenta la mortalidad dependiente de la densidad (MDD); el límite bajo de esa zona queda definida por una línea paralela a la anterior, a bajas densidades que coincide aproximadamente con la línea del cierre de copas (CC) y abajo de esta última la mortalidad es independiente de la densidad (Drew y Flewelling, 1979; Long y Smith, 1983; Hibbs, 1987).

A densidades por abajo del cierre de copas, el crecimiento por unidad de área es directamente proporcional a la densidad, los árboles no están utilizando completamente el sitio. A densidades por arriba del cierre de copas, el crecimiento se va reduciendo conforme esta se acerca a la línea del autoaclareo, por lo que es conveniente mantener la densidad de los rodales aproxima-

damente a la mitad entre las dos densidades extremas (CC y MDD) (Drew y Flewelling, 1979; Hibbs, 1987).

2.7. Guías de Densidad en el Extranjero y México.

2.7.1. En el Extranjero.

El primero que construyó una guía de densidad basado en los índices de densidad de la Relación Area-Arbol y del Factor de Competencia de Copas, ya descritos, fue Gingrich en 1967, para los generos Quercus spp., Fagus spp y especies mezcladas de los altiplanos de los estados centrales de E.U.A., y siguiendo el formato de Gingrich se construyeron las guías de densidad siguientes: Marquis et al., (1969) para Betula papyrifera, en los Estados de Maine, New Hampshire, Vermont, Massachussets y New York; Leak et al., (1969) para Fagus grandiflra, Betula alleghaniensis y Acer saccharum en los estados de la región de Nueva Inglaterra y el de New York. Philbrook et al (1973) para Pinus strobus en la región de los estados de Nueva Inglaterra; Frank y Bjorkbom (1973) en Picea sp., en los estados de Nueva Inglaterra y el de New York; Tubbs (1977) para Acer saccharum, Tilia americana y Betula alleghaniensis, en los estados de Wisconsin y Michigan; Sander (1977) para Quercus spp., en los estados centrales del norte de E.U.A.; Roach (1977) construye una guía multiespecífica para Acer sp., Rubus sp., Fraxinus sp., Betula sp., en el estado de Pensilvania; Lancaster y Leak (1978) para Pinus strobus; Cochran (1985) para Larix occidentalis de Oregon y Washington, genera un diagrama de densidad con curvas de existencias residuales, donde hace intervenir el índice de sitio.

En relación con la Ley del Autoaclareo y de las condiciones silvícolas del cierre de copas y de la mortalidad dependiente de la densidad se tiene que Drew y Flewelling (1979) desarrollan un diagrama de manejo de la densidad para plantaciones de Pseudotsuga menziessi, de la Costa, donde se relaciona el volumen del árbol medio con su densidad tomando en cuenta que el espacio que un árbol puede utilizar está relacionado con su diámetro y su altura, además, las siguientes relaciones son superimpuestas en ese diagrama: relación máximo tamaño-densidad determinada por la Ley de los $-3/2$; zona de mortalidad dependiente de la competencia y la condición del cierre de copas. Las relaciones se determinaron a través de un índice de densidad relativo como base para cuantificar el crecimiento del árbol y producción del rodal como función de la densidad (Fig. 2).

Hibbs (1987) desarrolla una guía de manejo de la densidad del rodal, para Alnus rubra en el estado de Oregón, E.U.A., con base en la Ley de los $-3/2$, con el objeto de analizar si los valores de los parámetros de la regla del auto-aclareo estimados para el renuevo pueden ser aplicados a rodales maduros.

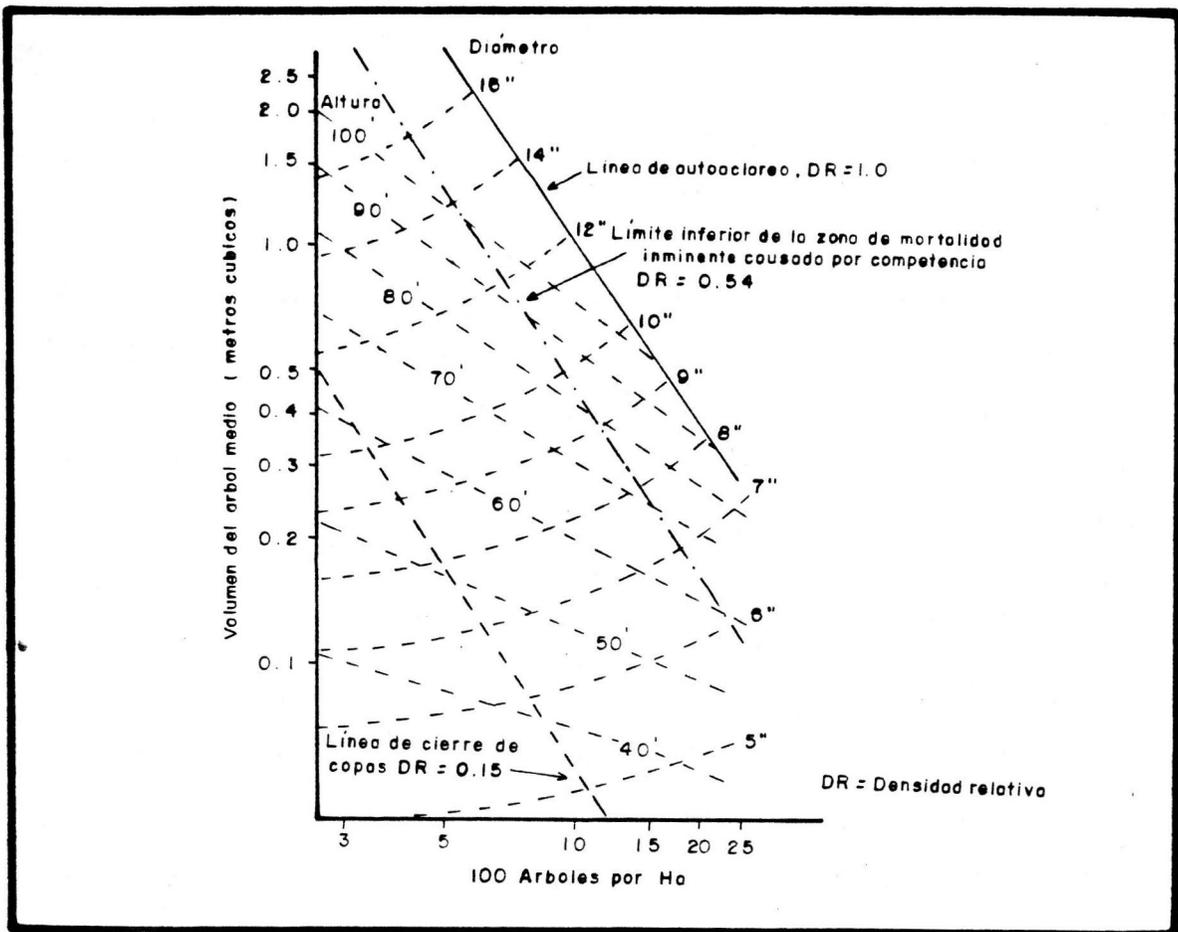


Fig. 2. Diagrama de manejo de la densidad del rodal para el *Pseudotsuga menziesii*, basado en el índice de densidad relativa (de Drew y Flewelling, 1979)

La Guía desarrollada por Hibbs (1987) consta de tres líneas (Fig. 3), las cuales son línea A que es la línea de autoaclareo de máxima densidad; línea B que es la línea inferior de mortalidad inminente debido a la competencia y la línea C que es la línea del cierre de Copas.

Seymour y Smith (1987) desarrollan para Pinus strobus, en el sureste de Nueva Inglaterra, un diagrama de la densidad en el que incorporan la altura del rodal, a través de una relación entre los volúmenes de la copa y del tronco principal, de donde derivan una ecuación que predice el diámetro a la altura del pecho de árboles individuales, dados el área de proyección de la copa y la altura total del árbol, obteniéndose, con la ecuación, el número de árboles y áreas basales por unidad de área en los diversos estados sucesivos en desarrollo denotados por las alturas de los rodales, conociendo así, cuántos árboles pueden haber crecido a cierto tamaño en varios puntos del turno.

Smith (1989), desarrolla un diagrama para el manejo de la densidad para Thuja plicata en Vancouver, Canadá; los datos incluyen rodales naturales y plantaciones, y con éstos se desarrolla un sistema de ecuaciones estadísticamente insesgadas para describir la condición del autoaclareo y el desarrollo del rodal; y con las ecuaciones indicadas, elabora además un diagrama de manejo de la densidad en el que incluye: la línea del autoaclareo, sobrevivencia de plantas, diámetro cuadrático, altura dominante, incrementos corriente y máximo anuales, así como la línea del cierre de copas. Esta herramienta silvícola permite al usuario tener una variedad de opciones de manejo para alcanzar un rodal objetivo.

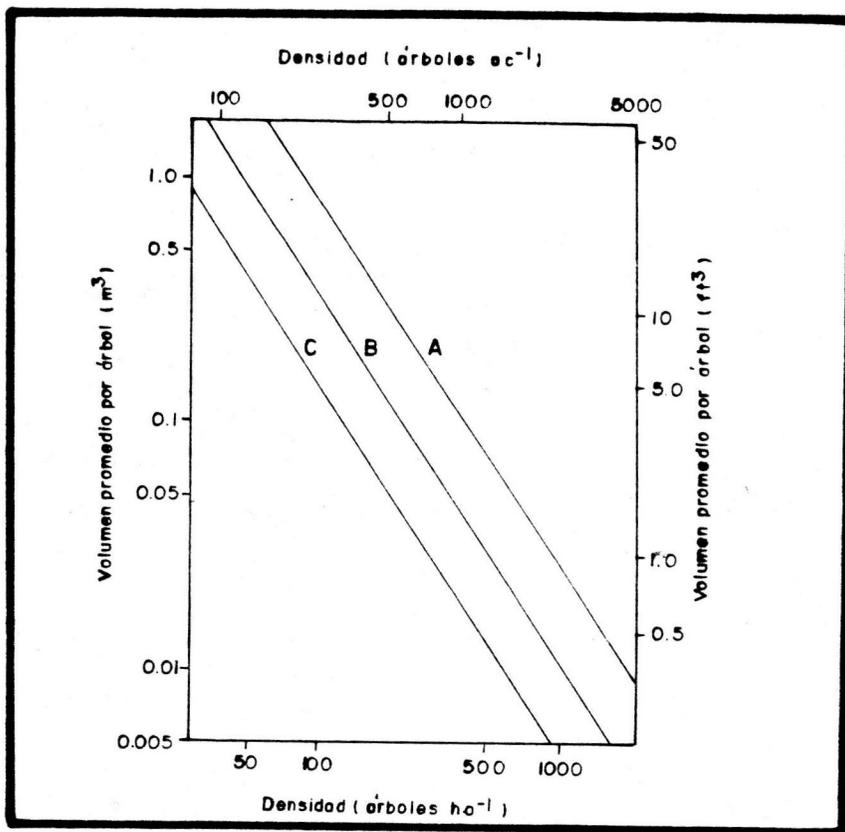


Fig. 3. Guia de manejo de la densidad para Alnus rubra
 La línea A es la línea del autoaclareo. El manejo de la densidad debería tender a mantener la densidad entre las líneas B (55% de densidad relativa(DR)) y C (30% de DR)(De Hibbs, 1987).

2.7.2. En México.

En México, se han desarrollado las siguientes guías de densidad:

Aguirre (1985) elaboró un estudio preliminar de crecimiento y producción en rodales naturales de Pinus patula, en el estado de Veracruz, México, generando un diagrama de densidad construido con base en ecuaciones que relacionan el diámetro cuadrático medio y el número de árboles por hectárea (densidad), volumen neto por hectárea y a la altura media dominante del rodal y sobreimpuestos sobre un diagrama de Reineke de índice de densidad del rodal y en el que se ubicaron además las líneas del cierre de copas y de la relación de la ocupación completa del sitio; como herramienta preliminar para definir estrategias de manejo de la densidad para la especie de referencia.

Becerra (1986) con base en el procedimiento de Gingrich, construye una Guía de Densidad para Pinus patula, en el estado de Puebla; Zepeda y Villarreal (1987) presentan una guía construida en base a la Relación Área-Arbol, el Factor de Competencia de Copas y el Índice de densidad de Rodales de Reineke para Pinus hartwegii de Zoquiapan, Estado de México. Balderas y Rodríguez (1989) elaboraron tres guías de densidad para Pinus montezumae, en el Campo Experimental Forestal de San Juan Telta, Pue., una con base en la metodología propuesta por Seymour y Smith, 1987, la cual se basa en una relación existente entre el área de proyección de copa del árbol en función de su diámetro normal y altura total y otras dos guías están basadas en la RAA, FCC y la RAA e IDR, concluyendo que las tres guías representan

estimaciones precisas de la densidad del rodal, de acuerdo con diferentes consideraciones para la ocupación completa del espacio de crecimiento.

Fierros (1989) utilizando la metodología desarrollada por Seymour y Smith (1987) construye una guía de existencias en una plantación de Pinus caribaea var., hondurensis en Oaxaca, México.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Descripción de la Zona.

El estudio se desarrolló en los bosques bajo aprovechamiento comercial a cargo de la Unidad de Administración Forestal (UAF) No. 6 "El Salto" del estado de Durango, México.

3.1.1. Situación Geográfica.

Los bosques que constituyen a la Unidad de Administración Forestal de referencia, se ubican en la cordillera de la Sierra Madre Occidental que recorre el estado de Durango de sureste a noroeste, en la parte Occidental del mismo (Fig. 4) y que están delimitados, por las siguientes coordenadas geográficas de los 23° 05' a los 24° 12' de latitud Norte y de los 105° 10' a los 106° 00' de longitud al Oeste del Meridiano de Greenwich y que comprenden los municipios de Durango, Pueblo Nuevo y San Dimas con una altitud sobre el nivel del mar que oscila entre los 1,600 y los 2,750 metros (UAF No. 6, 1988).

La superficie total de la Unidad son 507,127 ha de las que se estima que el 55% del total es aprovechable con fines maderables comerciales; la Unidad está integrada por 31 ejidos, 5 comunidades y 28 predios particulares y el 95% de la superficie corresponde a los dos primeros tipos de propiedad (UAF No. 6, 1988). El relieve en términos generales es ondulado y plano en un 75% del área (DTF El Salto y otros, 1977).

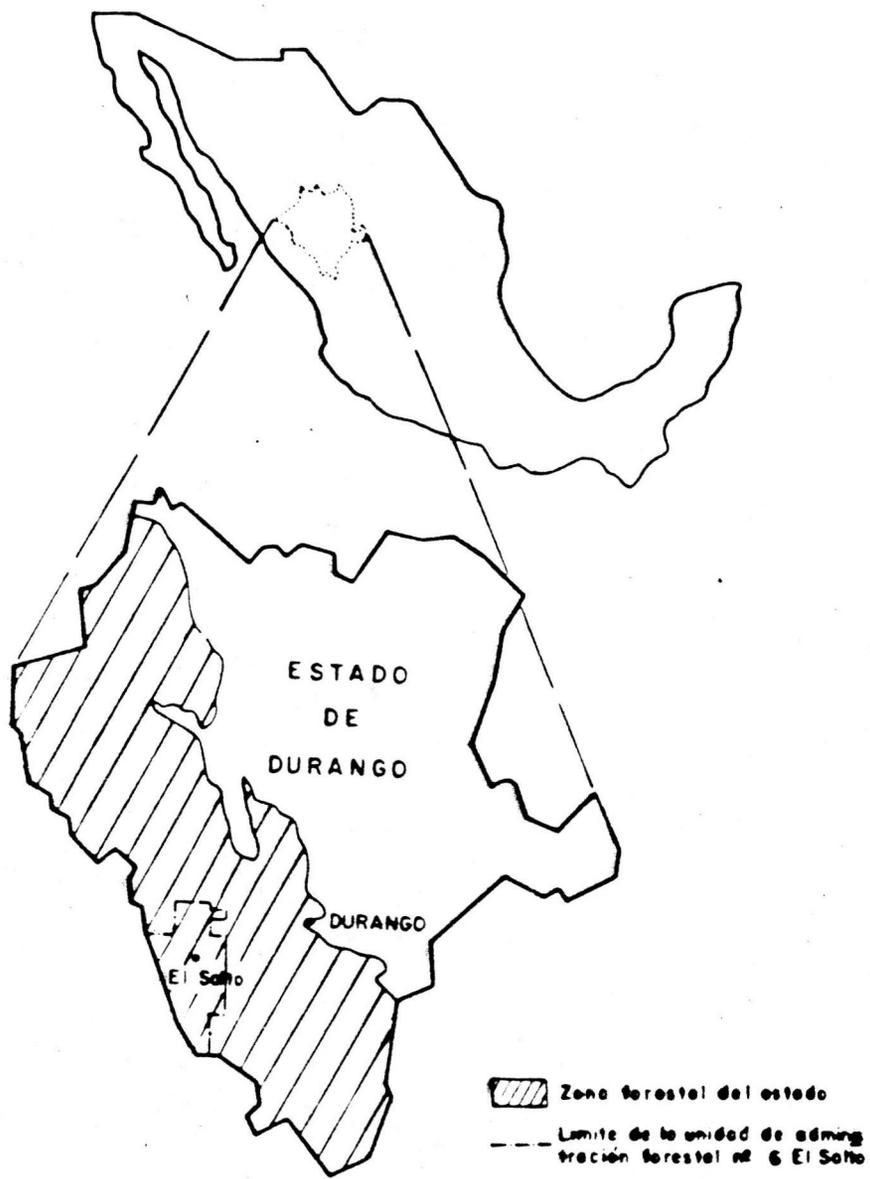


Fig. 4. Localización de la Unidad No. 6 El Salto, Dgo.

3.1.2. Geología y Suelos.

La información del área de la UAF No.6 fué estudiada por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL) en 1970, y publicada en sus cartas geográficas: F-13-A-29, F-13-A-18, F-13-A-38 y el Gobierno del estado de Durango en 1979 (UAF No. 6, 1988), ambos indican que el suelo tiene su origen en el terciario inferior: la roca madre es del tipo ígnea extrusiva; dentro de éstas, predominan en un 65% las tobas y en el resto se localizan rocas ígneas extrusivas principalmente ácidas y en menor proporción riolitas que descansan en las más antiguas, los cuales consisten en dioritas, diabasas y andesitas.

Se considera que en estas áreas predominan los suelos denominados "café forestales o podzolicos" con pH ácidos que son característicos de regiones bien drenadas de clima frío ó templado (INF, 1965).

3.1.3. Clima.

Según la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1964); el clima de esta zona corresponde a grupos climáticos de tres regiones que son (DETENAL, 1970):

1. El grupo de climas cálido húmedos se registra en la zona de valles estrechos y cañones de las quebradas con temperaturas del mes más frío de 18 °C y las variantes que se indican, con fórmulas climáticas:

A(W2)(W)(i')g, (A)C(Wo)(i), (A)C(W1)a(i')

Donde:

- A(W2) El más húmedo de los climas cálidos subhúmedos con lluvias en verano, cociente P/T (precipitación/temperatura) menor que 5 de la anual.
- (A)C Semicálido, el más cálido de los templados C, con temperatura media anual mayor que 18 °C y la del mes más frío menor que 18 °C.
- (W) Porcentaje de lluvia invernal menor que cinco de la anual.
 - a Verano cálido, temperatura del mes más caliente mayor que 22 °C.
 - i Oscilación anual de la temperatura menor de 5 °C de la media mensual.
 - i' Oscilación anual de la temperatura entre 5 y 7 °C de la media mensual.
 - g Marcha de la temperatura tipo Ganges, lo que significa que el mes más caliente del año se presenta antes de junio.

2. De las zonas de transición con climas templados subhúmedos, con fórmulas climáticas:

C(W1)b(e), C (Wo) (W)b(e)

Donde:

- C(Wo) El más seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano con un cociente P/T de 43.2
- C(W1) Intermedio en cuanto a humedad entre el C(Wo) y el C(W2), con lluvias en verano, cociente P/T entre 43.2 y 55.0.
- C(W2) El más húmedo de los templados subhúmedos, con lluvias en verano, cociente P/T de 55.0.
- b Verano fresco largo, temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22 °C .
- e Oscilación anual de la temperatura entre 7 y 14 °C de la media mensual.
- b' Semifrio con verano fresco largo, temperatura del mes más caliente ente 6.5 y 22 °C.

3. En la zona de bosques de coníferas predomina el grupo de climas templados húmedos con temperatura media del mes más frío de 3 a 18 °C y la de más caliente de 6.5 °C con los siguientes tipos:

C(W1)(W)b(e), C(W1)b(e), C(W2)b(e), C(W2)b'(e), C(W2)g(i')

En esta última zona la precipitación total anual es de 1,000 mm y la temperatura media anual es de 11 °C.

3.1.4. Asociaciones Vegetales.

Dentro de la zona de estudio, se tienen las siguientes asociaciones vegetales (INF, 1965; DTF El Salto y otros, 1977; UAF No. 6, 1988).

En la zona templada:

1. **Pastizal con encino-enebro.** Es una zona de transición de los 1,600 a 2,000 msnm, con una precipitación anual que varía entre 450-775 mm y temperatura anual de 16 °C; se caracteriza por la presencia de árboles simétricos, dispersos de una manera más o menos regular. Entre las especies arbóreas se tienen: encinos (Quercus cordifolia, Q. chihuahuensis, Q. grisea y Q. emoyri) y el enebro (Juniperus monosperma). En la exposición este, de la sierra, el piñonero (Pinus cembroides). Entre los pastos: Bouteloua gracilis (Zacate navajita), B. curtipendula (zacate banderita), B. hirsuta (zacate banderita); así como el género Opuntia.

2. **Bosques de Pino-encino.** Ocupan las cumbres de las montañas y las laderas rocosas de los 2,000 a 2,750 msnm. Estos bosques son una mezcla de coníferas con encinos (Quercus spp).

madroño (Arbutus glandulosa) y otras latifoliadas (Alnus sp.).

Las especies de pinos con mayor representatividad y valor económico, son: Pinus duranguensis, P. cooperi ornelasi; en los lugares más protegidos: P. teocote, P. leiophylla, P. engelmanni; en las exposiciones oeste de la Sierra Madre, el P. herrerae; también existen: en suelos calcáreos el P. lumholtzii y en las partes más bajas y cálidas, el P. michoacana cornuta, P. oocarpa, P. chihuahuana. En los valles profundos de las partes más altas, se tiene el Pinus ayacahuite brachyptera y P. reflexa y en lugares muy localizados las siguientes especies: Picea chihuahuana, Pseudotsuga chihuahuana, Abies religiosa, Cupressus lindleyi y Populus tremuloides.

Las especies arbustivas más representativas son: Arctostaphylos pungens (manzanita), Quercus microphylla (encinillo) (INF 1965; DTF El Salto, 1977; UAF No. 6, 1988).

3. Zona semicálida y cálida subhúmeda.

Aquí se presentan las selvas baja y mediana caducifolias con las siguientes especies: Lysiloma divaricata (tepemezquite), Bursera spp. (copal), Lysiloma apulcensis (tepehuaje), Ceiba pentandra (pochote), Pseudobombax ellipticum (clavellina), Brosimum allicastrum (capomo), Ficus spp. (higueras), Enterolobium cyclocarpum (guanacastle), Hurapoliandra (habillo), Pithesalobium dulce (guamúchil) y Acacia spp. (huizache).

El estrato inferior de las asociaciones vegetales descritas, está integrado por una diversidad de especies.

3.2. Metodología del estudio.

3.2.1. Toma de datos de campo.

La información que se utilizó en el presente estudio, fue proporcionada por la Unidad de Administración Forestal No. 6 "El Salto" del Estado de Durango, México; datos tomados en 1987 en los bosques de la Unidad.

Los sitios de muestreo fueron de forma circular de 125 m² para medir arbolado de 10 cm, de diámetro normal y mayor, también se incluyeron sitios circulares concéntricos al primero, de 17.5 m² para los estratos herbáceos y florísticos; los datos se anotaron en una forma especial (Fig. 1 del Apéndice). Los sitios se ubicaron dentro de subrodales homogéneos en cuanto a especies, muy densos, en los que se estaba presentando la mortalidad dependiente de la competencia. El diseño de muestreo que se utilizó fue el completamente al azar; a través de un sistema de coordenadas y con ayuda de números aleatorios se ubicaron los sitios por subrodal hasta completar el número de unidades de muestreo de acuerdo a la superficie del subrodal y a la intensidad de muestreo de 2%. Cada sitio se ubicó sobre el plano forestal y a continuación se transfirió a las fotografías aéreas y posteriormente localizarlos en el bosque.

Paralelo a la toma de información de los sitios se midieron árboles aislados (que se encontraban libres de competencia), tratando de abarcar todo el rango diamétrico que se presenta en el área de estudio, los datos se anotaron en una forma especial

(Fig. 2 del Apéndice) (UAF No. 6, 1984).

3.2.2. Información obtenida.

El número total de sitios y de árboles aislados que se midieron por especie son los siguientes: Pinus engelmanni (228 sitios y 238 árboles aislados), Pinus herreraei (108 y 207), Pinus leiophylla (91 y 202) y Pinus teocote (78 y 295).

Los datos de campo fueron procesados en la Unidad de Administración Forestal y en el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, obteniéndose diversos parámetros a nivel hectárea. Para la realización de este trabajo, se utilizó la información siguiente: número de sitio, diámetro cuadrático promedio (\bar{D}_q), número de árboles por hectárea, área basal por hectárea, volumen del árbol promedio y para los árboles aislados el diámetro normal y el diámetro de copa.

La información utilizada para cada especie se presenta en los Cuadros 1 al 8 del Apéndice.

3.2.3. Análisis de la Información.

La información fue procesada para la obtención de las guías de densidad en el formato de Gingrich, para lo cual se determinaron la Relación Área-Arbol y el Factor de Competencia de Copas por especie, utilizándose para los cálculos, las ecuaciones 2.11, 2.12, 2.17 y 2.18 respectivamente.

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. Construcción de las Guías de Densidad por Especie.

De acuerdo con lo establecido en párrafos anteriores, la elaboración de la Guía de Densidad tipo Gingrich, se basa en dos metodologías: La Relación Area-Arbol y el Factor de Competencia de Copas. A continuación se efectúa el desarrollo de cada una, con los valores por hectárea, que se indican en el punto 3.2.2., correspondiente a las cuatro especies de pino obtenidas para el área de estudio.

4.1.1. Determinación de la Relación Area-Arbol (RAA).

Para la obtención de los valores de las constantes en las ecuaciones de la RAA, se utilizó el procedimiento ya descrito en el punto 2.35 (Chisman y Schumacher, 1940).

En referencia a la expresión (2.11) se tiene que: si las observaciones de cada sitio se expresan sobre la base de una hectárea y definiendo:

$Y = 1$, el área del sitio (una hectárea)

$X_0 =$ El número de árboles en la hectárea

$X_1 =$ La suma de diámetros cuadráticos en la hectárea (cm)

$X_2 =$ La suma de los cuadrados de los diámetros cuadráticos hectárea (cm²)

$b_0, b_1, b_2 =$ Parámetros a estimar

Entonces la ecuación (2.11) toma la forma:

$$Y = b_0 X_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad (4.1)$$

Los estimadores de los coeficientes de la ecuación (4.1) se obtuvieron minimizando:

$$\sum_{i=1}^N (1 - b_0 X_0 - b_1 X_1 - b_2 X_2)^2 \quad (4.2)$$

Lo cual se resuelve aplicando el método de mínimos cuadrados (Arkin y Colton, 1969) generando las ecuaciones normales siguientes:

$$\begin{array}{rcccc} b_0 \Sigma X_0^2 & + & b_1 \Sigma X_0 X_1 & + & b_2 \Sigma X_0 X_2 & = & \Sigma X_0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 2 & 0 & 2 & 0 \\ \hline & & N & & N & & N & & N \end{array} \quad (4.3)$$

$$\begin{array}{rcccc} b_0 \Sigma X_0 X_1 & + & b_1 \Sigma X_1^2 & + & b_2 \Sigma X_1 X_2 & = & \Sigma X_1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ \hline & & N & & N & & N & & N \end{array} \quad (4.4)$$

$$\begin{array}{rcccc} b_0 \Sigma X_0 X_2 & + & b_1 \Sigma X_1 X_2 & + & b_2 \Sigma X_2^2 & = & \Sigma X_2 \\ 0 & 0 & 2 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ \hline & & N & & N & & N & & N \end{array} \quad (4.5)$$

Donde:

N=Número de sitios.

Debido a la magnitud de la cifras obtenidas, la unidad de área con la que se trabajaron los datos fue la milihectárea, en vez de la hectárea. Esto para evitar en lo posible los errores por redondeo (Zepeda y Villarreal, 1984).

Mediante un programa de cómputo, se determinaron los valores de las X que se indican en las ecuaciones normales; los valores se obtuvieron por milihectarea y finalmente se dividieron entre el número de sitios que integraron la muestra por especie. Los valores estimados de las variables necesarias para la estimación de los parámetros b_0 , b_1 y b_2 de la RAA se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valores estimados para la obtención de la RAA de las especies evaluadas en la región de "El Salto, Dgo".

Especie	X0	X1	X2	X1 ²
<u>P. engelmanni</u>	0.69	12.54	258.22	251.79
<u>P. herrerae</u>	0.73	13.69	300.98	283.74
<u>P. leiophylla</u>	0.76	14.44	325.80	266.88
<u>P. teocote</u>	0.87	16.81	394.41	283.37

Especie	XoX1	X2 ²	X1X2	X0 ²	XOX2
<u>P. engelmanni</u>	14.68	106629.43	4914.76	0.71086	248.51
<u>P. herrerae</u>	15.34	154359.36	6193.22	0.71496	280.45
<u>P. leiophylla</u>	14.51	144560.56	5841.89	0.82338	263.66
<u>P. teocote</u>	15.27	164941.09	6310.43	1.09383	280.27

Ejemplificando para el Pinus engelmanni se tienen las siguientes ecuaciones normales:

$$0.71086b_0 + 14.68b_1 + 248.51b_2 = 0.69$$

$$14.68b_0 + 251.79b_1 + 4914.76b_2 = 12.54$$

$$248.51b_0 + 4914.76b_1 + 106629.43b_2 = 258.22$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones por resta y sustitución, se obtienen los siguientes valores:

$$b_0 = -0.00999485 \quad b_1 = 0.026480068$$

$$b_2 = 0.001224741$$

Obtenidos de esa misma forma los parámetros de las otras tres especies se tienen finalmente las fórmulas de la RAA con las que se puede calcular el espacio de crecimiento; y que se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Ecuaciones de la RAA de las especies evaluadas en la Región de El Salto, Dgo.

ESPECIE	E C U A C I O N
<u>P. engelmanni</u>	RAA=-0.00999485+0.0264868d+0.0001224741d ² (4.6)
<u>P. herreraei</u>	RAA= 0.017400369+0.043829773d+0.000159339d ² (4.7)
<u>P. leiophylla</u>	RAA=-0.037176996+0.045857314d+0.000469204d ² (4.8)
<u>P. teocote</u>	RAA= 0.073658509+0.033241376d+0.000992900 ² (4.9)

d = Diámetro normal

No se presenta el análisis de varianza, ni el valor del coeficiente de determinación (R²), debido a que la información con la que se obtuvieron las ecuaciones de la RAA es a nivel sitio de muestreo, y no de árbol, lo que da lugar a que la suma de los cuadrados de las desviaciones entre la media general y las observaciones, se reduzca a cero, y la R² tienda a infinito.

Con las expresiones (4.6) a (4.9) se determinará el espacio de crecimiento de acuerdo a la norma de competencia máxima.

4.1.2. Determinación del Factor de Competencia de Copas (FCC).

Para la determinación de los valores de las constantes de las ecuaciones del FCC, se parte de lo siguiente (Krajicek et al. 1961).

La relación funcional entre el diámetro de copa (dc) y el diámetro normal (d) de árboles que han crecido sin interferencia está definida por una línea recta. Los coeficientes y ecuaciones calculadas se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Ecuaciones de regresión de diámetro de copa-diámetro normal de los árboles aislados de las cuatro especies de pino de la UAF No. 6. "El Salto, Dgo".

ESPECIE	ECUACION	R ²
<u>P. engelmanni</u>	dc=0.567475 + 0.173222 d	0.8992
<u>P. herrerari</u>	dc=0.988001 + 0.123448 d	0.8046
<u>P. leiophylla</u>	dc=0.761931 + 0.173788 d	0.8330
<u>P. teocote</u>	dc=0.938801 + 0.159393 d	0.8168

dc = Diámetro de copa del árbol (m), estimado como un promedio de dos mediciones en sentido norte-sur y este-oeste.

d = Diámetro normal del árbol (cm)

R² = Coeficiente de determinación.

En el Cuadro 19 del Apéndice se presentan los diferentes diámetros de copa predichos para cada diámetro normal con las ecuaciones presentadas en el Cuadro 3.

En los Cuadros 9 al 12 del Apéndice se presentan los resultados de los análisis de varianza para los modelos presentados también en el Cuadro 3.

A continuación, se obtuvo el área máxima de copa, al substituir las ecuaciones del Cuadro 3 en la ecuación (2.17) y ejemplificando para el Pinus engelmanni.

$$AMC = 0.007854 (0.567475 + 0.173222 d)^2$$

$$AMC = 7.854 \times 10^{-3} (0.322027876 + 0.196598309 d + 0.03000586d^2)$$

$$AMC = 0.002529207 + 0.001544083d + 0.000235666 d^2$$

De la misma forma, se obtuvieron los AMC para las otras especies, los que se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Ecuaciones de la AMC de las especies evaluadas.

ESPECIE	E C U A C I O N
<u>P. engelmanni</u>	AMC = 0.002529207+0.001544083d+0.000235666d ² (4.10)
<u>P. herreraei</u>	AMC = 0.007682178+0.001917793d+0.000119690d ² (4.11)
<u>P. leiophylla</u>	AMC = 0.004557552+0.002079966d+0.000237209d ² (4.12)
<u>P. teocote</u>	AMC = 0.006922102+0.002350519d+0.000199549d ² (4.13)

El "AMC" expresa, en términos de porcentaje de una hectárea, el área máxima de terreno que podría ocupar la copa de un árbol de diámetro normal (DN) específico (Krajicek et al., 1961); y una vez determinados los valores del AMC, es sencillo estimar el número mínimo de árboles que crecerán libremente en una hectárea y que teóricamente, producirán una cobertura de copas completa; la sumariación de las AMC de los árboles que se encuentran en una hectárea producirán el Factor de Competencia de Copas (FCC) y para el cálculo de dicho factor con el que se fijó la línea B de los guías de densidad se usaron las expresiones del Cuadro 5:

Cuadro 5. Expresión del FCC de las especies evaluadas.

<u>Pinus engelmanni</u>			
FCC=1/A(	$\sum_{i=1}^n$	$\sum_{i=1}^n$	$\sum_{i=1}^n$
	0.002529207En	+0.001544083Edini	+0.000235666Edini ²)(4.14)
<u>Pinus herreraei</u>			
FCC=1/A(	$\sum_{i=1}^n$	$\sum_{i=1}^n$	$\sum_{i=1}^n$
	0.007682178Eni	+0.001917793Edini	+0.000119690Edi ² ni)(4.15)
<u>Pinus leiophylla</u>			
FCC=1/A(	$\sum_{i=1}^n$	$\sum_{i=1}^n$	$\sum_{i=1}^n$
	0.004559552 Eni	+0.002079966 Edini	+0.000237209 Edi ² ni)(4.16)
<u>Pinus teocote</u>			
FCC =1/A(	$\sum_{i=1}^n$	$\sum_{i=1}^n$	$\sum_{i=1}^n$
	0.006922102 Eni	+0.002350519 Edini	+0.00199549 Edi ² ni)(4.17)

Donde:

FCC = Factor de Competencia de Copas para el rodal en cuestion.

n = Número de árboles del rodal.

di = Diámetro normal del iésimo árbol (cm)

A = Area del Rodal (ha)

4.1.3. Construcción de las Guías de Densidad.

Una vez que los índices de densidad anteriores (RAA y FCC) fueron estimados, se procedió a calcular el número de árboles y áreas basales por hectárea para las dos normas de densidad caracterizadas por dichos índices.

Las expresiones que permiten obtener el número de árboles por hectárea a partir de las expresiones de RAA y FCC al considerar el área-unidad y a un solo árbol, y por cada especie considerada, se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Expresiones para calcular el número de árboles por hectárea por especie, de acuerdo a las normas de RAA y FCC.

Pinus engelmanni

$$\text{NRAA} = 1000 / (-0.00999485 + 0.026480068d + 0.001224741d^2) \quad (4.18)$$

$$\text{NFCC} = 100 / (0.002529207 + 0.001544083d + 0.000235666 d^2) \quad (4.19)$$

Pinus herreraei

$$\text{NRAA} = 1000 / (0.017400369 + 0.043829773d + 0.000159339d^2) \quad (4.20)$$

$$\text{NFCC} = 100 / (0.007682178 + 0.001917793d + 0.00011969d^2) \quad (4.21)$$

Pinus leiophylla

$$\text{NRAA} = 1000 / (-0.037176996 + 0.047857314d + 0.000469204d^2) \quad (4.22)$$

$$\text{NFCC} = 100 / (0.004559552 + 0.002079966d + 0.000237209d^2) \quad (4.23)$$

Pinus teocote

$$\text{NRAA} = 1000 / (0.073658509 + 0.033241376d + 0.000992900d^2) \quad (4.24)$$

$$\text{NFCC} = 100 / (0.006922102 + 0.002350519d + 0.000179540d^2) \quad (4.25)$$

Donde:

NRAA = Número de árboles/hectárea para la norma de densidad caracterizada por la RAA.

NFCC = Número de árboles/hectárea para la norma de densidad caracterizada por el FCC.

D = Diámetro Normal en turno.

En el caso de la RAA, 1000 anula las unidades en que se da el espacio de crecimiento, es decir, 1000 representa el número de milihectáreas.

Para el caso del FCC, 100 anula el porcentaje en que queda expresado dicho índice.

Cualquier combinación de AMC's que sumen 100 (FCC = 100) representa una cobertura cerrada y refleja una situación donde las copas de los árboles justamente se tocan y están suficientemente distorsionadas para cubrir completamente cada hectárea de terreno (Husch, et al., 1972).

Para elaborar las guías de densidad de este estudio, los valores de área y número para la relación Area-Arbol (ABRAA y NRAA, respectivamente), definieron la tendencia de la línea A ó del 100 %, la cuál representa una condición normal de existencias máximas.

Siguiendo la metodología de Gingrich (1967), el grado de densidad fue calculado como porcentaje de esos valores; para definir la posición de la línea B, se calculó el porcentaje tanto en número de árboles como en área basal, que representa el FCC de la RAA y los porcentajes que se obtuvieron por especie son: Pinus engelmanni (72%), P. herrerae (86%), P. Leiophylla (64%) y P. teocote (80%) (Cuadros 13, 14, 15 y 16 del Apéndice).

En cuanto a la línea C, ésta no se incluyó debido a que se carece de datos de incremento diámetro o de área basal de rodales promedio de baja densidad.

Con todo lo anterior se construyeron las Guías de Densidad dentro de los rangos de diámetro cuadrático promedio (\bar{D}_q) de cada especie (Figs. 5 a 8).

4.2. Comparación entre lo observado y lo obtenido con las Guías de Densidad

Para realizar esta comparación se recurrió a lo siguiente: se obtuvo por diámetro cuadrático, desde 10 cm hasta el mayor reportado de los datos del inventario, el número, máximo y mínimo, de árboles por hectárea, por especie, posteriormente con los datos del número de árboles por hectárea estimados con las ecuaciones de la RAA y el FCC se procedió a efectuar una prueba estadística de las diferencias entre los valores reales y los estimados con las dos normas de densidad utilizadas, para esto se efectuó una comparación mediante una prueba de "t" (Freese, 1970) (Cuadros 17 y 18 del Apéndice) y se utilizó la hipótesis nula de que no existen diferencias entre los datos reales y datos estimados (Cuadros 17 y 18 del Apéndice), utilizándose el criterio de que si la "t" estimada de las diferencias no superaba a la "t" de tablas, la hipótesis nula se aceptaba, caso contrario se rechazaba, obteniéndose los valores para la RAA y el FCC por especie, que se muestran el Cuadro 7.

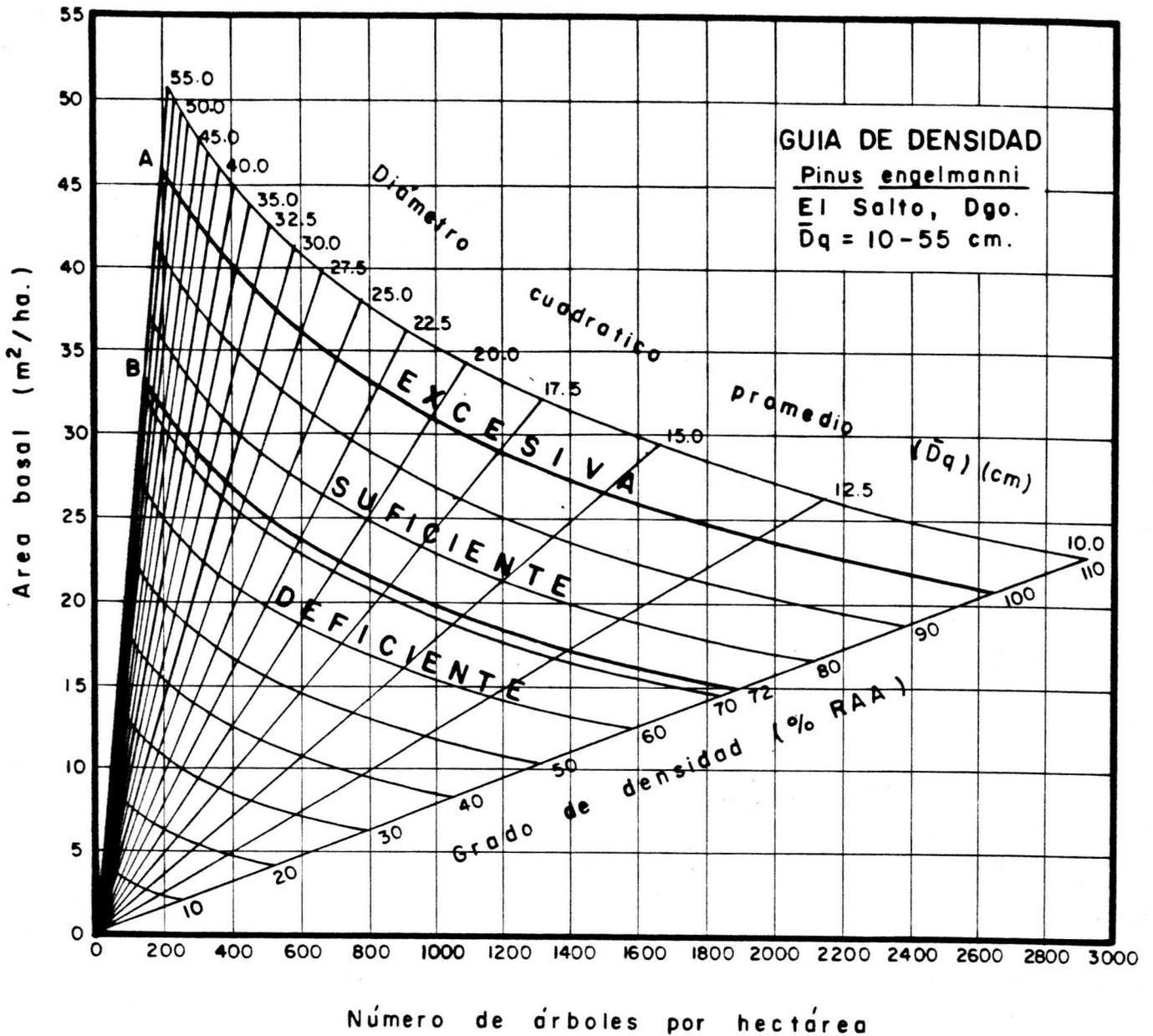


Figura 5. Guia de densidad para Pinus engelmannii de El Salto, Dgo. ($Dq = 10-55$ cm), utilizando a la RAA como norma de densidad máxima de ocupación completa del espacio de crecimiento.

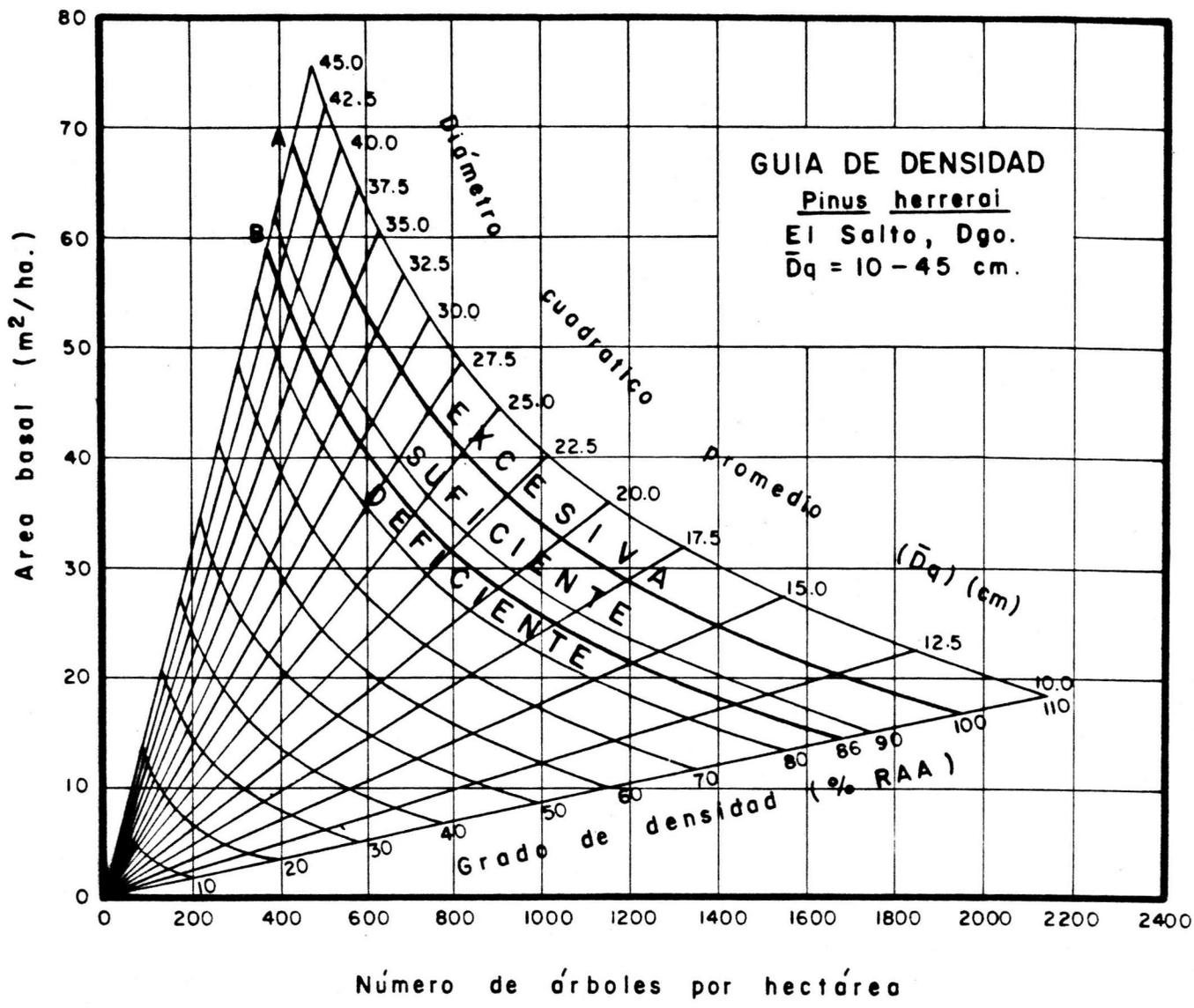


Figura 6. Guia de densidad para Pinus herreraei de El Salto, Dgo. ($D_q = 10-45$ cm), utilizando a la RAA como norma de densidad máxima de ocupación completa del espacio de crecimiento.

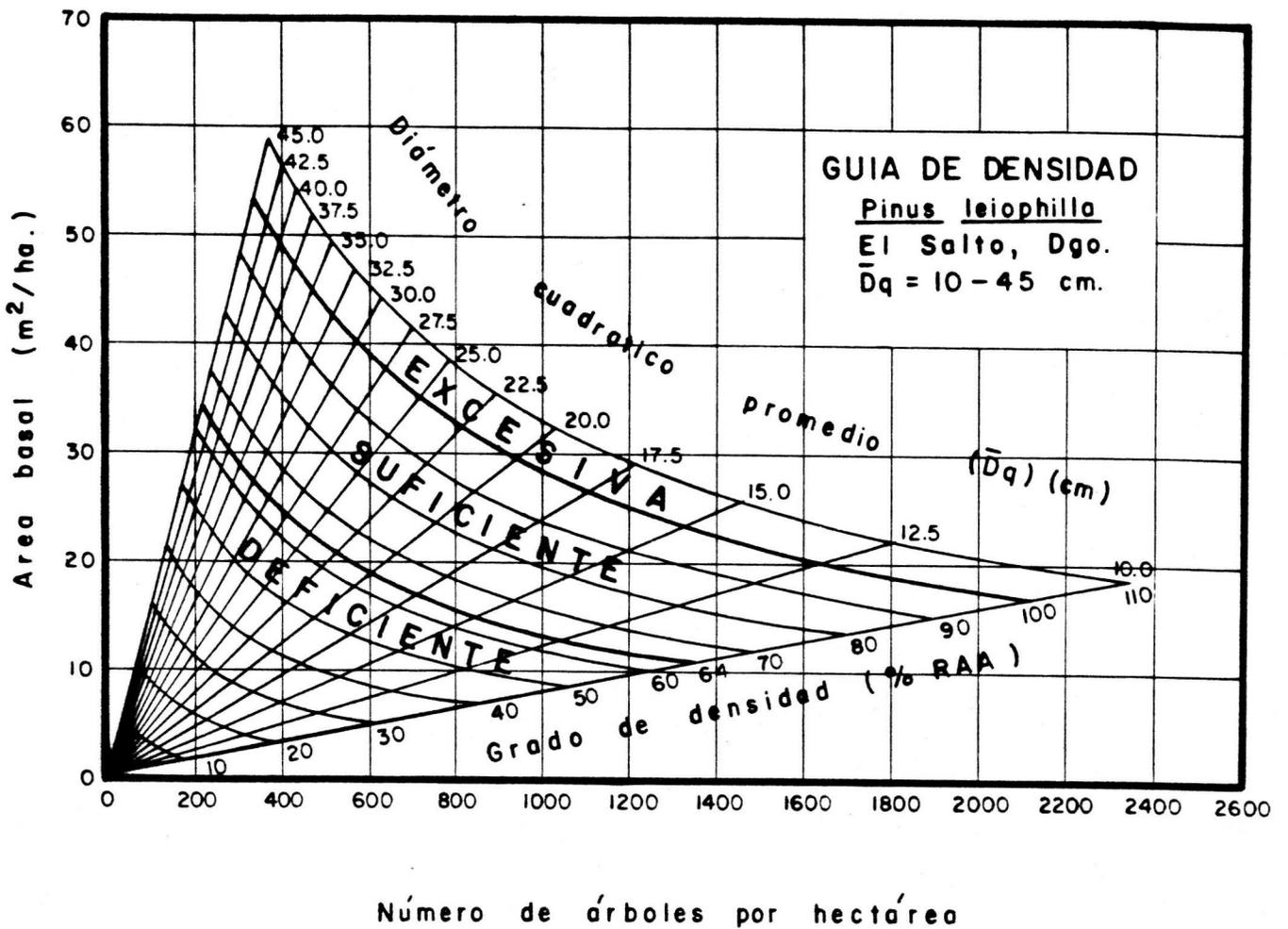


Figura 7. Guia de densidad para Pinus leiophylla de El Salto Dgo. ($Dq = 10-45$ cm), utilizando a la RAA como norma de densidad máxima de ocupación completa del espacio de crecimiento.

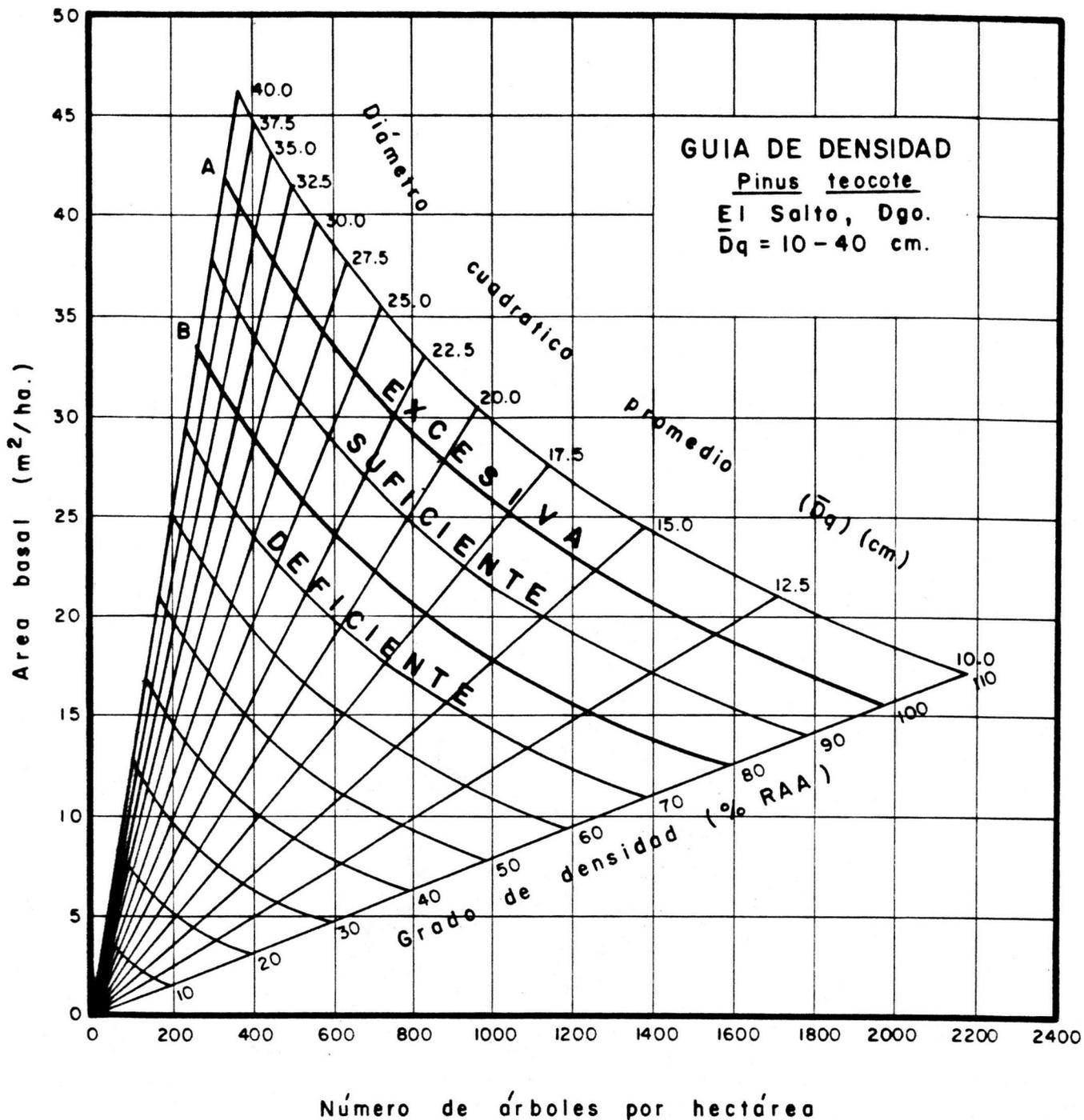


Figura 8. Guia de densidad para Pinus teocote de El Salto, Dgo ($\bar{D}_q = 10-40$ cm), utilizando a la RAA como norma de densidad máxima de ocupación completa del espacio de crecimiento.

Cuadro 7. Valores de "t" para las diferencias entre lo observado y lo estimado.

ESPECIE	"t" Estimada		"t" de Tablas	
	RAA	FCC	P=0.05	P=0.10
P. <u>engelmanni</u>	1.1542	1.6486	2.042	2.750
P. <u>herrerae</u>	0.2735	2.6219	2.056	2.779
P. <u>leiophylla</u>	0.8846	1.7659	2.056	2.779
P. <u>teocote</u>	1.8460	2.3764	2.080	2.831

P = Nivel de probabilidad

Como se observa, para la RAA, la "t" estimada no supera a la "t" de tablas en los dos niveles de probabilidad ahí mostrados por lo que las diferencias no son significativas. En lo que se refiere al FCC, las especies P. herrerae y P. teocote, la "t" estimada supera a la "t" de tablas al nivel de $p = 0.05$ pero al nivel de $p = 0.10$ (diferencia no significativa) la "t" estimada no supera a la "t" de tablas. Con base en lo anterior, se considera que las guías de densidad construidas en este trabajo son correctas.

4.2.1. Comparación entre las Guías por Especie.

Las guías de densidad, producto de esta investigación, definen en forma inicial los límites de variación natural de la densidad de las especies bajo estudio. Debido a que las experiencias sobre densidades residuales en la zona donde se obtuvo la información son escasas, esta definición inicial se considera de gran utilidad.

En vista de que las guías de densidad están basadas en el supuesto de que el espacio de crecimiento es el factor que controla la tasa de crecimiento de los árboles individuales (Gin-grich, 1967), para la comparación entre las guías por especie, se obtendrá la distancia de espaciamiento en metros (Fórmula 4.26) y el espacio de crecimiento en m² (Fórmulas 4.6 a 4.9 multiplicadas por diez y 4.14 a 4.17 multiplicadas por 100 para obtener metros cuadrados); de acuerdo con la relación Area-Arbol y del Factor de Competencia de Copas, con la utilización de un espacio de crecimiento circular (Daniel et al., 1982; Zepeda y Villarreal, 1987), la fórmula utilizada es:

$$D = ((10\ 000 / n) (1 / 0.7854))^{1/2} \quad (4.26)$$

Donde:

D = Distancia de espaciamiento (m)

n = Número de árboles por hectárea

Aplicando las fórmulas anteriores para los valores de diámetro cuadrático (\bar{D}_q) dentro del rango de los datos observados en el campo, se obtuvieron los Cuadros 20, 21, 22 y 23 del Apéndice y las Figuras 9 y 10 y del análisis de esos Cuadros y Figuras se puede observar que para los diámetros de 10 a 15 cm. la especie que tiene el mayor número de árboles por hectárea (n) es el Pinus engelmanni con 2651, esto se debe en parte a que la regeneración de esta especie usualmente soporta más sombra que todos los demás pinos, por esa razón se expande rápidamente tomando el lugar de otras especies mas exigentes de luz (Dallimore y Jackson, 1961; Mirov, 1967), a su vez, el Pinus engelmanni se caracteriza por la

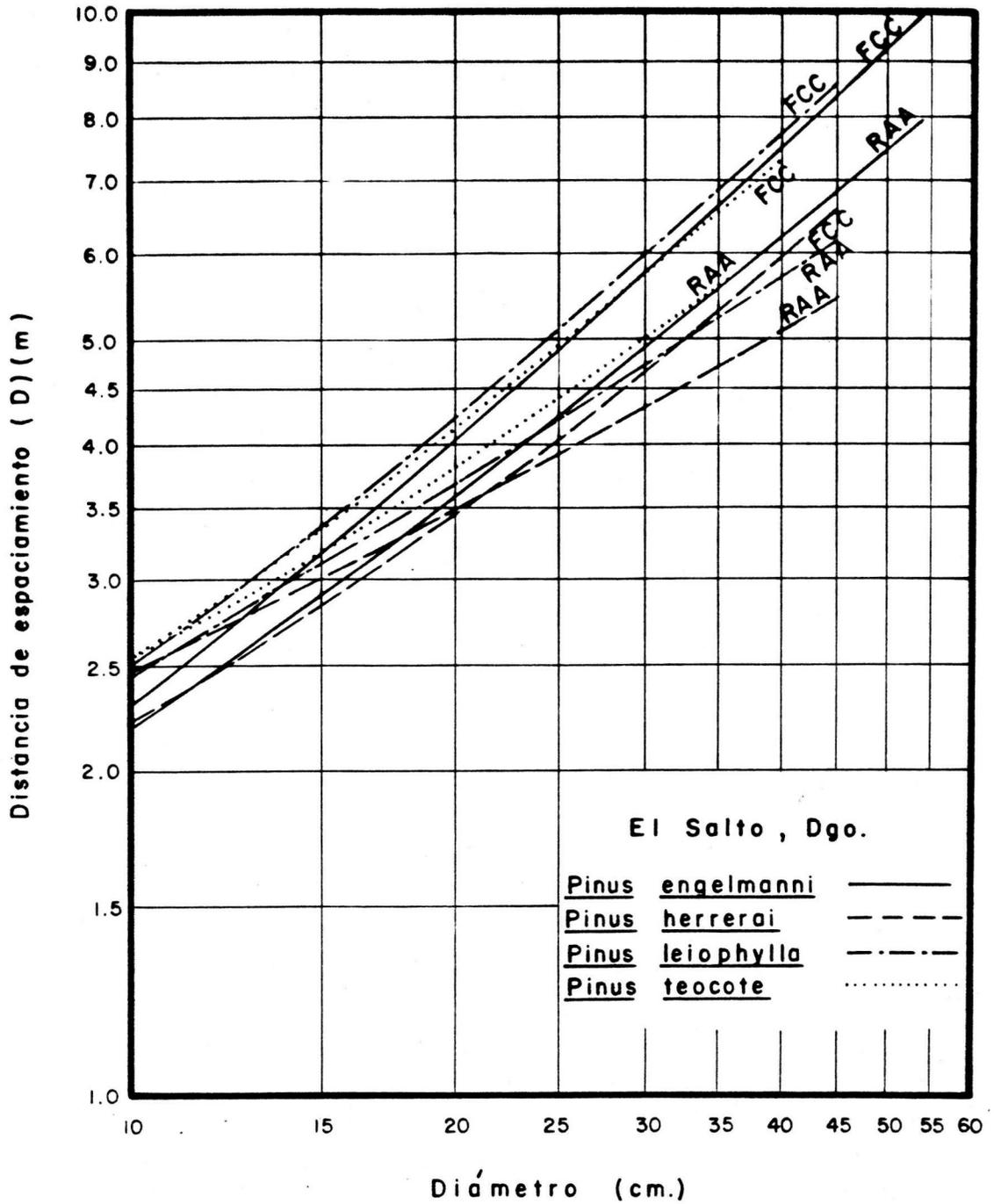


Fig. 9. Comparación por especie de la distancia de espaciamiento (D) (m) bajo el concepto de densidad máxima sin competencia (RAA) y de densidad mínima de ocupación completa del espacio de crecimiento (FCC) de El Salto, Dgo.

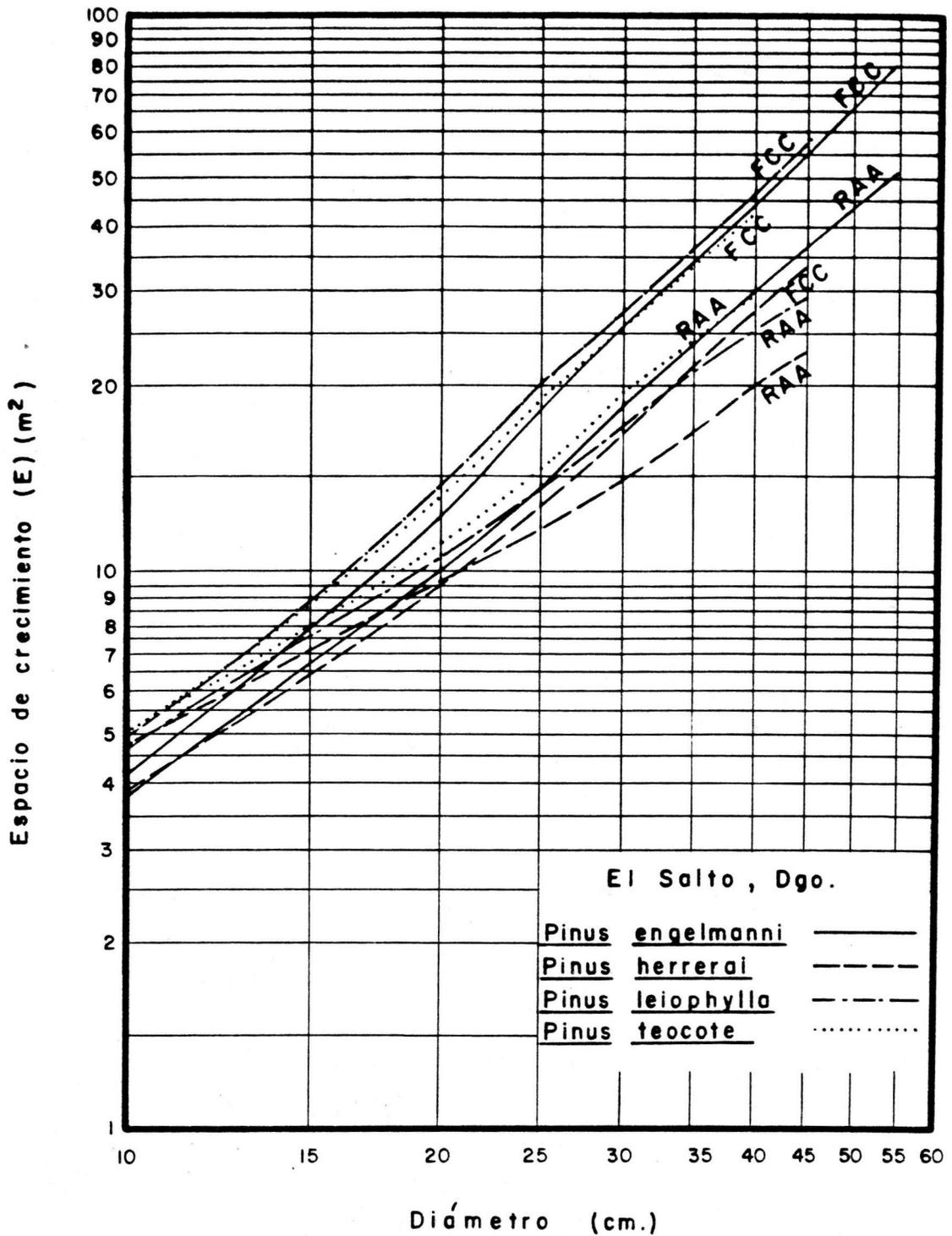


Fig. 10. Comparación por especie del espaciamiento (E) (m^2) bajo el concepto de densidad máxima sin competencia (RAA) y densidad mínima de ocupación completa del espacio de crecimiento (FCC) de El Salto, Dgo.

gran cantidad de renuevo que tiene (Dallimore y Jackson, 1961) ya que no enfrenta vegetación arbustiva debido a que la especie crece en lugares más abiertos y por lo mismo sin una gran competencia (observaciones por el autor), y es la especie, de las cuatro estudiadas que tiene un menor rango altitudinal (1500 - 2400 msnm) con poca precipitación anual (600 - 900 mm) y una elevada temperatura media anual de 14 °C) (Eguiluz, 1978) y las otras tres especies de Pino, no se desarrollan en este ambiente, al menos en esta zona bajo estudio; en seguida sigue el Pinus leiophylla con n= 2135 y esto tiene que ver con el hecho de que esta especie es típica de árbol pionero que crece en suelos delgados, calizos, cubiertos de lava volcánica, en rangos altitudinales de 1700 a 2000 msnm, desafortunadamente su rango altitudinal queda dentro de las alturas adecuadas para algunos cultivos agrícolas (gramíneas), lo que contribuye a la menor frecuencia de esta especie, además que vive en zonas secas y elevadas (Eguiluz, 1978); a continuación sigue P. herrerae con n = 2120, ya que crece en suelos de textura migajón areno-limosa o arcillo-arenosa, de 2 a 4 m. de profundidad en lomeríos y buen drenaje, con precipitación anual superior a los 1000 mm. y temperatura anual de 16 °C. además que crece en la exposición oeste de la Sierra Madre Occidental, y recibe la humedad atmosférica del Océano Pacífico; la especie que tiene el menor número, con n = 1979 es el P. teocote ya que esta especie se asocia con otras especies como Pinus cooperi, P. duranguensis, P. avacahuite brachiptera, con Juniperus sp., Quercus spp. (encinillo), Alnus sp., Arctostaphyllum sp. (manzanita) y zacatonal, lo que ocasiona

competencia a los arbolitos de P. teocote por lo que reducen su numero (ARDI, 1967) y habita en suelos pobres, delgados y arenosos, con una precipitación anual de 600 mm. lo que contribuye a su bajo número.

En las categorías diamétricas intermedias (20 a 25 cm.), la especie con el mayor número de árboles por hectárea es Pinus herrerae por las mejores condiciones de su habitat (influencia de la humedad atmosférica del Océano Pacifico), le sigue el P leiophylla con 713 individuos, en esto influye que es una especie dominada que vive en los filos u orillas de los bosques principales y en suelos someros y zonas secas (ARDI, 1967; Eguiluz, 1978); a continuación le sigue el P engelmanni que tiene 705 individuos a los 25 cm. de diámetro (Cuadro 20 del Apéndice y Fig. 11) y como se observa, reduce más drásticamente su número que las otras tres especies, debido a los habitats más secos en que vive y su forma aislada en que se distribuye (Eguiluz, 1978, 1985); la especie con menor (n) es P. teocote con 656 individuos el cual se relaciona con un habitat seco, suelos someros secos y rocosos, y menor altitud sobre el nivel del mar. además crece en bosques abiertos y se asocia con otros pinos como P. leiophylla, P. durangensis, P. engelmanni y con encinos (Quercus spp) y tascates (Juniperus spp.) lo que ocasiona competencia y el bajo número de individuos (ARDI, 1967, Eguiluz, 1978).

En cuanto a los diámetros de 40 cm en adelante la especie que tiene el mayor n es el P. herrerae (n=494) debido a las mejores condiciones ambientales en que habita y porque no ha sido muy aprovechado comercialmente, por la lejanía de caminos forestales en que se ubica; sigue el P. leiophylla con 392 indi-

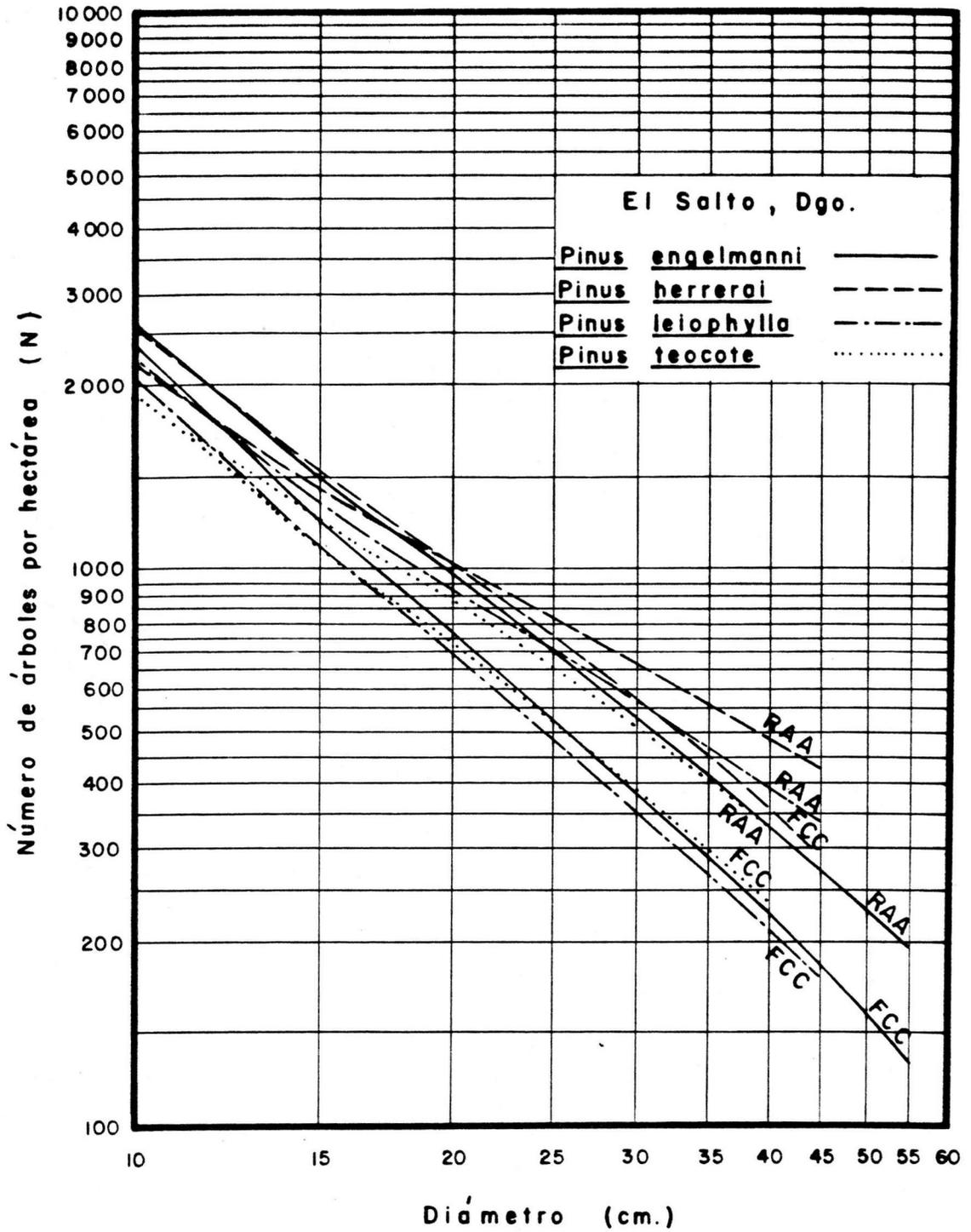


Fig. 11. Comparación por especie del número de árboles por hectarea (m) bajo el concepto de densidad máxima sin competencia (RAA) y de densidad mínima de ocupación completa del espacio de crecimiento (FCC) de El Salto, Dgo.

viduos por hectárea, esto debido al bajo aprovechamiento de que ha sido objeto, por los numerosos nudos a lo largo del fuste lo que origina mayores esfuerzos de corte (Eguiluz, 1978), siguen en menor n el P. teocote con 334 individuos y el P. engelmanni con 332 (Cuadros 20 a 23 del Apéndice) debido a los suelos someros en que habitan, menor precipitación anual, y alturas sobre el nivel del mar así como mayor temperatura anual en que viven en relación a las otras dos especies.

Como comparación, en cuanto a (n), se tiene que la especie que reduce mas drásticamente el número de individuos desde 10 cm (con n=2651) hasta 40 cm. con (n=332) es el P. engelmanni y la que reduce con menor proporción (n) es el P. herreraei (de 2120 a 494 individuos) ésto debido a las malas condiciones ambientales en que habita la primer especie y a las mejores condiciones en que habita la segunda especie.

Por otra parte, la ubicación de la línea B, de las guías de densidad, se situaron en relación a la línea A. de la siguiente forma: P. engelmanni (72%), P. herreraei (86%), P. leiophylla (64%) y P. teocote (80%) lo que se explica de la siguiente forma: analizando las categorías diamétricas de 25 cm en adelante (ya que representan el 73% de área basal total por hectárea del Factor de Competencia de Copas) ya que la relación es FCC/RAA) y de los Cuadros 6 al 9 del Apéndice y Figuras 11 y 12 se tiene que la especie que tiene el mayor valor de esa relación es el P. herreraei (86%) y ésto se debe a las mejores condiciones de su habitat, (humedad y suelo), y a su bajo aprovechamiento comercial; sigue el P. teocote con 80% y el P. engelmanni con 72%) debido a su hábito disperso han sido poco aprovechados

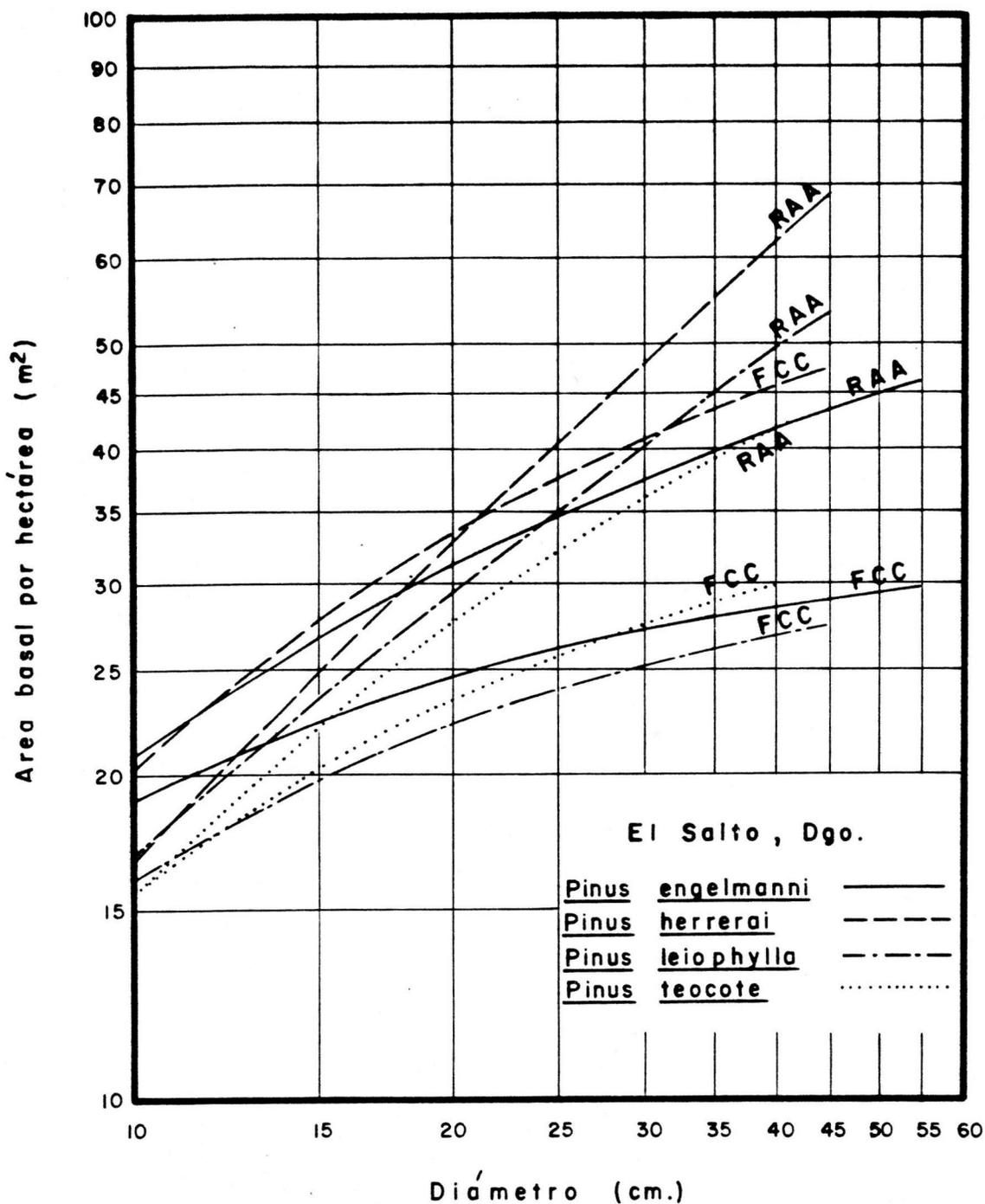


Figura 12. Comparación por especie del área basal por hectárea bajo los conceptos de densidad máxima sin competencia (RAA) y de densidad mínima de ocupación completa del espacio de crecimiento (FCC) de El Salto, Dgo.

comercialmente por eso hay gran cantidad de árbolado de 25 cm en adelante y finalmente el P. leiophylla con 64% va que es generalmente un árbol pequeño de talla mediana, de copa irregular y algo rala y que vive en la orilla de las principales masas de bosques (ARDI, 1967; Eguiluz, 1978).

En relación con otros estudios de Guías de Densidad, donde se ha ubicado la línea B, se tiene que Gingrich (1967) la ubicó a un 57% para Quercus spp y Fagus spp en el norte de E.U.A.; Becerra (1986) a un 23.5% para Pinus patula en el Estado de Puebla, Méx.; Zepeda y Villarreal (1987) a un 57% para Pinus hartwegii Lindl., en el Estado de México; Balderas y Rodríguez (1989) a un 55%, en promedio, para Pinus montezumae, pero en estos casos corresponden a especies y lugares diferentes a las del presente estudio, por lo que se muestran únicamente como información.

4.2.2. Comparación con Guías de Densidad de otras especies.

Con el propósito de apreciar el cambio del rango de variación natural entre las cuatro especies de este estudio y otras tres más para las que también se han hecho estudios en México, se presenta el Cuadro 24 del Apéndice para las especies Pinus patula, P. hartwegii y P. montezumae. al comparar los datos del Cuadro 24 del Apéndice con los reportados en los Cuadros 20 a 23 del Apéndice, se observa que en general, en todas las categorías diamétricas, las cuatro especies estudiadas en este trabajo (Pinus engelmanni, P. herrerae, P. leiophylla, P. teocote) tienen un espacio de crecimiento mayor que las tres especies reportadas en el Cuadro 24 de apéndice, y esto tiene que ver en las mejores

condiciones ambientales en que habitan estas tres especies pues tienen un promedio de 1000 a 1500 mm de precipitación anual, el doble del de las cuatro especies bajo estudio y además se ubican a unos 1000 km al sur de las del estudio y habitan en suelos de 2 m de profundidad en promedio, en general en todas las categorías diamétricas, las cuatro especies estudiadas en este trabajo (Pinus engelmanni, P. herrerae, P. leiophylla y P. teocote), tienen un mayor espacio de crecimiento (13.5 m² en promedio) en un 40% mas que las tres especies Pinus patula, P. hartwegii, y P. montezumae, (con 9.6 m²) y esto tiene que ver con algunas condiciones drásticas en que se desarrollan las cuatro especies de este trabajo, no así de las tres que se comparan como se obtuvo de los estudios respectivos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Condiciones ambientales de tres especies de pino.

Especie	Precipitación anual (mm)	Profundidad del suelo (m)	Latitud Norte	Altura sobre el nivel del mar (m)
<u>P. patula</u>	1500	2-4	19° 15'	1000
<u>P. hartwegii</u>	1000	2-4	19° 12'	2706
<u>P. montezumae</u>	1054	2-4	19° 13'	2706

En general las especies del Cuadro 8, habitan con una mayor precipitación anual, en suelos profundos ricos en materia orgánica derivados de cenizas volcánicas y a una latitud norte menor (unos 1000 km al sur) de las condiciones en que habitan las 4 especies de este estudio.

4.3. Ejemplo de Aplicación de las Guías de Densidad.

Como ejemplo de aplicación, se tienen las Guías de Densidad de pino construidas en este estudio (Figs. 5, 6, 7 y 8); un rodal de diámetro cuadrático promedio (\bar{D}_q) de 25 cm, tendrá como existencias máximas (línea A) (Cuadro 9) lo siguiente:

Cuadro 9. Existencias máximas por especie para un $\bar{D}_q = 25$ cm en la región de El Salto, Dgo.

ESPECIE	Area basal (AB) por hectárea (m ²)	No. de árboles por hectárea (N)
<u>P. engelmanni</u>	34.6	705.5
<u>P. herrerae</u>	40.5	824.6
<u>P. leiophylla</u>	35.0	713.0
<u>P. teocote</u>	32.2	655.6

Aclarando estos rodales a la línea B (el \bar{D}_q usualmente permanece casi el mismo, aunque esto podría ser alterado), el rodal tendría entonces unas existencias por especie iguales a las del Cuadro 10, y se podría remover:

Cuadro 10. Existencias mínimas residuales por especie para un $D_q=25$ cm en la región de El Salto, Dgo.

Especie	Tendría		Remoción	
	(AB)	(N)	(AB)	(N)
<u>P. engelmanni</u>	24.9	507.9	9.7	197.6
<u>P. herrerae</u>	34.8	709.1	5.7	115.5
<u>P. leiophylla</u>	22.4	456.3	12.6	256.7
<u>P. teocote</u>	25.7	524.5	6.5	288.6

Asumiendo que no existe mortalidad (N permanece el mismo), el rodal crecería y no necesitaría ser reaclarado hasta que ha alcanzado aproximadamente las áreas basales y diámetros cuadráticos medios siguientes (Cuadro 11):

Cuadro 11. Tendencia hacia el nivel A por especie, después de la remoción hacia el nivel B, en la Región de El Salto, Dgo.

Espece	(AB)	(\bar{D}_q)
<u>P. engelmanni</u>	37.8	30.8
<u>P. herrera</u>	46.2	28.8
<u>P. leiophylla</u>	45.4	35.6
<u>P. teocote</u>	35.6	29.4

El crecimiento desde luego va más despacio, así como el rodal alcanza la línea A y el rodal puede ser aclareado antes de que alcance esta densidad (Marquis et al., 1969).

Bajo la mayoría de las condiciones, los rodales son considerados para aclareos cuando las existencias están más que la mitad de distancia entre las líneas A y B.

Las existencias después de los aclareos estarían cerca de la línea B (Philbrook et al., 1973).

4.4. Discusión sobre las Guías de Densidad.

A continuación se presenta una discusión, de 11 puntos, sobre las Guías de Densidad:

1. El Factor dominante que controla la tasa de crecimiento del árbol promedio individual, es el espacio de crecimiento (Krajicek et al., 1961; Gingrich, 1967); el problema de determinar las relaciones espacio de crecimiento-tamaño del

árbol es complicado por los efectos de la densidad presente que influye sobre el diámetro del fuste y el tamaño de la copa; por otra parte, donde no se presenta la influencia de la densidad sobre el árbol individual es en un árbol que creció libre de competencia y la relación, que es lineal, de los diámetros normal, del fuste y de la copa, puede ser utilizado en la estimación del espacio máximo de crecimiento ocupado por un árbol individual y a través del área máxima de copa (AMC) se determina que porcentaje representa el área de copa de un árbol, por categoría diamétrica, en relación al área máxima que podría ocupar esa copa, por hectárea; y la suma de las AMC de todas las categorías diamétricas representan el Factor de Competencia de Copas (FCC), y un FCC de 100% implica una ocupación plena de la hectárea, por las copas de los árboles, y este nivel del FCC (Nivel de no competencia) se utilizó en la ubicación de la línea B de las cuatro guías de densidad construidas en este trabajo.

Por otra parte Seymour y Smith (1986) muestran que es posible encontrar áreas de copa mayores que aquellas calculadas con el FCC para árboles de igual diámetro normal y que la posición de la línea B, en las Guías puede no ser la más adecuada para representar la densidad mínima para un adecuado crecimiento como lo señala Leak (1981) con datos de Pinus strobus y algunas hojosas.

2. Por otra parte en árboles sometidos a competencia máxima, la relación área-árbol (RAA) es una medida de la densidad, que asume una relación de segundo grado entre el diámetro

promedio del fuste y el área ocupada por el árbol, cuando este se desarrolla en un rodal plenamente ocupado, que representa una condición normal de existencias máximas, por lo que el espacio de crecimiento así determinado, tiende a ser mínimo y el número de árboles por hectárea estimadas a través de la RAA es el máximo y representa la superficie de una hectárea ocupada por la Proyección de las Áreas de las Copas con Densidad máxima y esta relación se utilizó para el nivel más alto (de Competencia Máxima) ó línea A de las Guías de Densidad.

Para la ubicación de la línea A podría utilizarse el índice de Densidad del Rodal de Reineke (IDRR) (1933), ya que puede ser la mejor herramienta cuando el manejo intensivo del rodal requiere de un método refinado, exento de los efectos del sitio y la edad, para regular la densidad y ajustarlo a metas previamente establecidas (Daniel et al, 1982).

3. Las existencias (número de árboles y áreas basales por hectárea) entre las líneas A y B se denomina completamente lleno ó suficiente porque el espacio de crecimiento puede ser completamente, y quizás más eficientemente utilizado y dentro de este rango es donde se encuentran las existencias y el crecimiento óptimo (Gingrich, 1967), y el rango de manejo silvícola se ubica en algún lugar entre las densidades extremas anteriores.

4. Por otra parte, los parámetros con los que se construyeron las Guías de Densidad en este trabajo son fácilmente obtenidos con mediciones en el bosque y con ellos la densidad del rodal puede ser leída de las guías y una comparación de las existencias de un rodal con las de la Guía indicarían la deseabilidad de aclareos para un mejor logro de los objetivos de manejo.
5. Al observar las Guías construidas en este trabajo, (Figs. 5 a 8, así como los Cuadros 20 a 23 Apéndice se aprecia que la distancia de espaciamiento (D) y el espacio de crecimiento (E) estimados con la RAA son menores que aquellas estimadas con el FCC para árboles de igual diámetro lo que indica congruencia existente en los resultados.
6. No se encontró paralelismo grande entre las curvas de RAA y FCC (Fig. 10), y esto coincide con lo señalado por Curtis (1970) y Zepeda y Villarreal (1987), de que se presume que las diferencias son atribuibles a los errores de estimación de las ecuaciones.
7. De acuerdo con Leak (1981), las medidas de existencias son posiblemente influenciadas por el sitio y que las guías de densidad basadas en dimensiones de copas, llevan la implicación que la competencia por luz es el factor más importante y que las recomendaciones de existencias se aplican a un amplio rango de sitios, lo que es probablemente incorrecto porque: 1. Ignora la competencia en suelos secos

y pobres y 2. Ignora que el incremento en volumen comunmente está relacionado a la interacción entre sitio y densidad. Por ésto, el objetivo principal de las guías de densidad es auxiliar a los dasonómos prácticos a obtener indicadores de campo y decidir sobre los mejores tratamientos a los rodales para obtener el crecimiento adecuado a los planes de manejo.

Las Guías de Densidad, de acuerdo a Leak (1981), proveen las bases para diagnosticar las necesidades de aclareos, preescribir niveles de existencias residuales y decidir cuando los rodales tienen suficiente material de calidad para manejo intensivo.

8. Los niveles de referencia (máximo ó mínimo) al desarrollar una Guía de existencias se deben establecer con base al objetivo de manejo ya que la densidad residual y el tiempo de tratamiento del rodal pueden diferir para cada objetivo (Ernst et al., 1985).
9. Las Guías de Densidad, construidas en este estudio, se ajustaron al rango de densidad-diámetro cuadrático de cada especie con objeto de que cubran cualquier combinación de densidad-diámetro cuadrático encontrados en el bosque. En relación con esto, Curtis (1970) y Leak (1981) señalan que las medidas convencionales de densidad no proveen una descripción de las características del árbol promedio, comparable entre rodales con diferentes grados de densidad, ni toman en cuenta el crecimiento óptimo de los rodales, así como que no existe paralelismo entre las líneas "A" y "B".

10. Las Guías de Densidad elaboradas en este estudio debe ser consideradas como iniciales, por lo siguiente:
- a). La exactitud de los índices de densidad empleados depende de la base de datos utilizados, los cuáles son promedio y pueden presentar gran variación aunque no existen diferencias estadísticas entre los datos estimados y los reales, y provienen de sitios temporales.
 - b). Aún en el rango de densidad "suficiente", los rodales con un mismo diámetro cuadrático, probablemente difieren considerablemente en crecimiento potencial y presente, y como lo menciona Leak (1981) se deben evaluar periódicamente las recomendaciones de las Guías de Densidad, en crecimiento y calidad del arbolado y otros atributos del rodal sobre las existencias residuales que recomiendan.
11. La altura de los árboles se puede incorporar en las Guías de Densidad, a través de modelos de producción ó que relacionan el FCC y la altura total y así estimar el tiempo que requiere un rodal para alcanzar un diámetro cuadrático promedio como lo hicieron Aguirre (1985), Seymour y Smith (1986), Smith (1989) y Balderas y Rodríguez (1989).

5. CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES.

De lo realizado en esta investigación, se concluye lo siguiente:

1. Las Guías de Densidad construidas en la presente investigación para las especies Pinus engelmanni, P.herrerai, P.leiophylla y P. teocote del Estado de Durango, Mexico, se basaron en dos niveles; uno de competencia máxima (Línea A) y otro de no competencia (Línea B): para la ubicación de la línea A se utilizó la Relación Area-Arbol, ya que el espacio de crecimiento ocupado por un árbol individual de diámetro normal determinado tiende a disminuir a un mínimo sin establecer interacción competitiva entre ellos. Para la ubicación de la línea B, el espacio de crecimiento de árboles que crecieron libres de competencia tiende a ser máximo, por esa razón se recomiendan ambas técnicas para la delimitación de los extremos de la densidad.
2. Para la ubicación de la línea A de las Guías de Densidad podría utilizarse el Índice de Densidad del Rodal de Reineke (IDRR) ya que puede ser la mejor herramienta cuando el manejo intensivo del rodal requiere de un método refinado exento de los efectos del sitio y edad.
3. Los parámetros con los que se construyeron las Guías de Densidad en este estudio son fácilmente obtenibles de medición en el bosque y la técnica empleada en su construcción es sencilla, por lo que se recomienda ampliamente su adopción.

4. En las Guías de Densidad construidas, la ubicación de la línea B, quedó situada en relación a la línea A de la siguiente forma: Pinus engelmanni (72%), P. herrerae (86%), P. leiophylla (64%) y P. teocote (80%) lo que se explica porque el P. herrerae tiene las mayores áreas basales debido a las mejores condiciones de su habitat, y el P. leiophylla tiene las menores áreas basales por hectárea ya que es un árbol de talla pequeña y marginal.

5. Con base en las Guías de Densidad construidas, se encontró en relación al número de árboles (n) por categoría diamétrica, lo siguiente: que en las categorías diamétricas pequeñas (10 cm) la especie que tiene el mayor (n) es el Pinus engelmanni y el de menor (n) es el P. teocote, lo anterior se debe a las características propias de la especie (gran cantidad de renuevo) del P. engelmanni y en el caso del P. teocote debido a la gran competencia que enfrenta. En las categorías diamétricas intermedias (25 cm) el P. engelmanni comienza a reducir más drásticamente su (n) debido a las condiciones ambientales adversas (sequedad) y en los árboles gruesos (40 cm de diámetro), la especie que tiene el mayor número de árboles, es el P. herrerae debido a las mejores condiciones de humedad en que habita. En lo que se refiere en el espacio de crecimiento (E) los resultados obtenidos son inversamente proporcionales a los de (n).

6. Se compararon las cuatro Guías de Densidad construidas en este estudio con las de otras tres especies de Pino

(P. patula, P. hartwegii y P. montezumae) los que se ubican en lugares con mayor precipitación anual y mejores suelos, por lo que sus espacios de crecimiento resultaron menores en un 29% que los de las especies de este estudio, lo que es congruente con los resultados obtenidos.

7. Los espacios de crecimiento estimados con la Relación Área-Arbol (RAA) son menores que los obtenidos con el Factor de Competencia de Copas (FCC), lo que es congruente; además del no paralelismo entre las líneas A y B de las Guías, como se reporta en la literatura.
8. Debido a que algunos autores consideran que influye en las medidas de existencias el sitio, se recomienda que se elaboren Guías de Densidad (con la técnica empleada en este estudio), para las dos ó tres calidades de sitio dominantes y se comparen estadísticamente las diferencias.
9. El objetivo principal de las Guías de Densidad es auxiliar a los dasonómos prácticos a obtener indicadores de campo y decidir sobre los mejores tratamientos a los rodales para obtener el crecimiento adecuado a los planes de manejo.
10. Se concluye que las cuatro Guías de Densidad construidas en este estudio representan una estimación de la densidad del rodal y pueden utilizarse de acuerdo a los objetivos de manejo a los que se someterán los rodales en específico.
11. las guías de densidad construidas en este estudio se consideran como iniciales debido a que se utilizó en su construcción valores promedio por sitio de muestreo y no por

árbol además de tratarse de sitios temporales, y utilizar el diámetro cuadrático en lugar del normal lo que aumenta el área que ocupan los árboles, por lo que se propone se evalúen periódicamente las recomendaciones de las guías sobre las existencias residuales.

6. LITERATURA CITADA.

- AGENCIA REGIONAL PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (ARDI, 1967). Seminario y viaje de estudio de coníferas latinoamericanas. 2a. Ed. Centro Regional de Ayuda Técnica. México, 218 p.
- AGUIRRE, B.C. 1985. Preliminary growth and yield study of Pinus patula natural stands. Thesis of Master of Science. Colorado State University U.S.A. 112 p.
- ARKIN, H. y COLTON, R.R. 1969. Statistical methods. Barnes & Noble, New York. 47 p.
- ASSMANN, E. 1970. The principles of forest yield study: Studies in the organic production, structure, increment and yield on forest stands. Traducido de la edición alemana (1961) por Sabine H. Gardiner Oxford, Pergamon. 506 p.
- BECERRA LUNA, F. 1986. Determinación de una Guía de Densidad para Pinus patula Schl. et Cham. en la Región de Chignahuapan-Zacatlán, Pue., Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 81 p.
- BALDERAS, A. M.C. Y RODRIGUEZ F. R. 1989. Elaboración de tres Guías de Densidad para Pinus montezumae Lamb., en el C.E.F. San Juan Tetla, Pue. Tesis profesional Ing. Forestal con Orientación en Silvicultura. UACH. DiCiFo. Chapingo, México. 71 p.
- BICKFORD, C.A. BRIEGLEB, P.A., BULL H. Y LEXEN B. 1957. Stocking, normality and measurement of stand density. J. For. 55: 99-104.
- CLUTTER, J. L., FORTSON, J. C., PIENAAR L., V., BRISTER, G. H. Y BAILEY, R. L. 1983. Timber management: A quantitative approach. New York, Wiley U.S.A. 333 p.
- COCHRAN, P. H. 1985. Site index, height growth, normal yields, and stocking levels for larch in Oregon and Washington. USDA Forest Service. Res. Note PNW-424. 24 p.
- CURTIN, R. A. 1964. Stand density and the relationship of crown width to diameter and height in Eucaliptus oblicua. Austr. For. 28: 91-105 p.
- CURTIS, R. O. 1970. Stand density measures: an interpretation. For. Sci. 16(4): 403-414.
- CHISMAN, H. H. Y SCHUMACHER, F.X. 1940. On the tree-area ratio and certain of its applications. J. For. 38:311-317.
- DANIEL, W. T., A. J. HELMS Y S. F. BAKER. 1982. Principios de silvicultura. Trad. del inglés Ramón Elizondo Mata. Mc Graw Hill México. 491 p.

- DALLIMORE, I. S. O. Y JACKSON B. A. L. S. 1961. A handbook of coniferae Edward Arnold, London. 686 p.
- DAVIS, L. S., Y JOHNSON, K. N. 1987. Forest management. 3a ed. Mc Graw Hill, New York. 790 p.
- DIRECCION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL (DETENAL). 1970. Relación de cartas de topografía, geología, uso del suelo (escala 1:50,000), y de climas (escala 1:500,000). Secretaría de la Presidencia, México.
- DIRECCION TECNICA FORESTAL EL SALTO Y OTROS. 1977. Estudio dasómico de la Unidad de Ordenación Forestal de las empresas ejidales de "El Salto", Dgo. SARH. SFF. 65 P.
- DREW T. J. Y J.W. FLEWELLING 1977. Some recent japanese theories of yield-density relationships and their applications to Monterey pine plantations. For. Sci. 23(4): 517-534.
- 1979. Stand Density Mangement: an alternative approach and its application to Douglas-Fir plantations. For. Sci. 25(3): 518-532.
- EGUILUZ, P. T., 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis Ing. Agr. Esp. en Bosques. Profesional. UACH. Chapingo, México. 263 p.
- 1985. Descripción botánica de los pinos mexicanos. IX Congreso Forestal Mundial. SARH. FAO México. 45 p.
- ERNST, R. L., WARREN, P. A. Y KNAPP, W. H. 1985. Forest stand density and stocking: concepts, terms and the use of stocking guides. USDA Forest Service General Technical Report WO-44. 8 p.
- FERGUSON, I.S. Y H.W. LEECH 1976. Stand dynamics and density in radiata pine plantations. N.Z.J. For. Sci. 6(3):445-456.
- FIERROS, G. A. M. 1989. Site quality growth and yield, and growing space occupancy by plantations of *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* in Oaxaca, México. Dissertation. Yale University USA. 213 p.
- FORD, E.D. 1975. Competition and stand structure in some even-aged plant monocultures. Journal of Ecology 63:311-333.
- FRANK, R.M. Y J.C. BJORKBOM 1973. A silvicultural guide for spruce fir in the northeast. USDA Forest Service General Technical Report NE-6. 29 p.
- FREESE, F. 1970. Métodos estadísticos elementales para técnicos

- forestales. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). Mexico/Buenos Aires. 104 p.
- GARCIA, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación - climática de Köppen. UNAM. Instituto de Geografía. México. 71 p.
- GINGRICH, S.F. 1967. Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the Central States. For. Sci. 13(1):38-53.
- HIBBS, D.E. 1987. The self-thinning rule and red alder management. Forest Ecology and management 18:273-281.
- HUSCH, B., C.I. MILLER Y T.W. BEERS 1972. Forest mensuration, 2a. ed. New York, Wiley. 410 p.
- INVENTARIO NACIONAL FORESTAL DE MEXICO(INF). 1965. Informe sobre el estado de Durango. ONU, FAO, SAG (México). Volumen III. 53 p.
- KRAJICEK, J.E., K.A. BRINKMAN Y S.F. GINGRICH 1961. Crown competition factor a measure of density. Foresty Science. 7(1):35-42.
- LANCASTER, K.F. Y W.B. LEAK 1978. A silvicultural guide for white pine in the Northeast. USDA. Forest Service General Technical Report NE-41. 13 p.
- LEAK, W.B. 1981. Do stocking guides in the eastern United States related to stand growth. J. For. 79:661-664.
- 1982. More on stocking guides. J. For. 80:503.
- LEAK, W.B. D.S. SOLOMON Y S.M. PHILIP 1969. A Silvicultural guide for northern hardwoods in the northeast. USDA. Forest Service Research Paper NE-143. 34 p.
- LONG, J.N. Y F.W. SMITH 1984. Relation between size and density in developing stands: a description and possible mechanisms. Forest Ecology and Management 7:191-206.
- MARQUIS, D.A., D.S. SOLOMON Y J.C. BJORKBOM 1969. A Silvicultural guide for paper birch in the northeast. USDA. Forest Service. Research Paper NE-130. 47 p.
- MIROV, N. T. 1967. The Genus Pinus. The Ronald Press Company New York, USA. 602 p.
- MOORE, P.D. 1977. Restating the self-thinning rule. Nature. Vol. 265:295.
- OSMASTON, F.C. 1968. The management of forests. Hafner. New York. 356 p.

- PHILBROOK, J.S., J.P. BARRET Y W.B. LEAK 1973. A Stocking guide for eastern white pine. USDA. Forest Service Research Note NE-168. 3 p.
- REINEKE, L.H. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forest. J. Agr. Res. 46(7):627- 633.
- ROACH, B. A. 1977. A stocking guide for allegheny hardwoods and its use in controlling intermediate culttings. USDA Forest Service. Research Paper NE-373. 30 p.
- SANDER, I. L. 1977. Manager's handbook for oaks in the north central states USDA Forest Service. General Technical Report NC-37. 35 p.
- SEYMOUR, R.S. Y D.M. SMITH. 1987. A new stocking guide formula-tion applied to eastern white pine For. Sci. 33:469- 484.
- SMITH, D.M. 1986. The practice of silviculture. 8a. ed. Wiley, New York. 527 p.
- SMITH, N.J. 1989. A stand-density control diagram for western red cedar, Thuja plicata. Forest Ecology and Management. 27:235-244.
- SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS (SAF). 1971. Terminology of forest science, techonology, practice and products. Ford-Robertson, Washington, D.C. Society of American Foresters. 345 p.
- TUBBS, C.H. 1977. Manager's handbook for northern hardwoods in the north central states. USDA. Forest Service General Technical Report NC-39. 29 p.
- U.A.F. No. 6. "EL SALTO", DGO. 1984. Inventario de densidad y mortalidad por clases de edad (instructivo). 10 p.
- 1988. Planteamientos Generales del Manejo Integral de Los Recursos Forestales en "El Salto". Durango. México. 122 p.
- VEZINA, P.E. 1964. An analysis of measures of density in even-aged balsam fir and jack pine stands. Forest Chronicle 40:474-481.
- WARD, W. W. 1964. Live crown ratio and stand density in young even-aged, red oak stands. For Sci. 10:56- 65.
- WELLER, D.E. 1987. Self-thinning exponent correlated with allometric measures of plant geometry. Ecology 68(4):813-821.
- WEST, P. W. 1982 Comparison of stand density measures in eve-aged regrowth eucalypt foret of southern Tasmania. Canadian Journal of Forest Research. 13:22-31.

- WESTOBY, M. 1984. The self-thinning rule. *Advances in Ecological Research*. 14:167-225.
- WHITE, J. 1980. Demographic factors in populations of plants. In *Demography and Evolution in Plant Populations*. O. T. Solbrig, Ed. Oxford. 21-48 p.
- 1981. The allometric interpretation of the self-thinning rule. *J. Theoretical Biology*. 89:475-500.
- WHITE, J. Y J.L. HARPER 1970. Correlated changes in plant size and number in plant populations. *Journal of Ecology*. 58: 467-485.
- YODA, K., KIRA, T., OGAWA, H., AND HOZUMI, H. 1963. Self-thinning in over crowded pure stands under cultivated and natural conditions (Intraspecific competition among higher plants XI). *Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University, Series D* 14:107-129.
- ZEIDE, B. 1987. Analysis of the $3/2$ power law of self-thinning. *F. Sci.* 33(2):517-537.
- ZEPEDA, B. E.M. 1984. Ejemplificación de tres procedimientos para caracterizar rodales por su densidad. División de Ciencias Forestales. UCh. Chapingo, México. 57 p.
- ZEPEDA, B. E.M. Y D. M.E. VILLARREAL 1987. Guía de Densidad para Pinus hartwegii Lind. Zoquiapan, México. UACH. DiCiFo. 52 p.

7. APENDICE

Cuadro 1. Relación de datos por sitio del Pinus engelmanni en la región de El Salto, Dgo.

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m ²)	VOL HA (m ³)	VAM (m ³)
0006	29.84	0320	22.39	0210.49	0.657781
0010	30.34	0400	28.92	0298.76	0.746900
0024	27.41	0560	33.06	0358.99	0.641053
0031	25.61	0640	32.99	0290.74	0.454281
0032	27.47	0800	47.41	0552.47	0.690587
0035	14.72	0960	16.35	0106.61	0.111052
0041	20.81	1200	40.82	0365.73	0.304775
0042	21.39	1280	46.00	0543.79	0.424835
0043	14.79	1360	23.39	0121.04	0.089000
0047	09.30	3360	22.85	0185.57	0.055229
0050	23.00	0320	13.29	0086.58	0.270562
0055	20.63	0400	13.37	0099.47	0.248675
0058	15.13	0480	08.63	0058.09	0.121020
0059	25.69	0560	29.03	0193.68	0.345857
0063	35.62	0480	47.58	0596.63	1.242979
0065	24.08	0800	36.44	0404.04	0.505050
0067	31.87	0880	70.20	0791.37	0.899284
0069	28.80	0800	52.12	0661.43	0.826787
0073	33.20	0160	13.85	0157.20	0.982500
0074	41.05	0160	21.17	0204.21	1.276312
0075	49.15	0160	30.36	0350.97	2.193562
0077	51.69	0240	50.37	0726.00	3.025000
0078	24.78	0320	15.44	0151.88	0.474625
0080	33.19	0240	20.77	0238.47	0.993625
0081	26.85	0320	18.13	0210.36	0.657375
0082	42.28	0320	44.93	0541.89	1.693406
0883	28.41	0320	20.28	0198.22	0.619437
0085	30.81	0320	23.87	0264.11	0.825343
0086	24.85	0320	15.65	0152.26	0.475812
0087	37.96	0320	36.22	0467.43	1.460718
0088	28.93	0320	21.04	0239.56	0.748625
0089	31.72	0320	25.29	0293.81	0.918156
0090	37.74	0320	35.42	0386.99	1.209343
0091	35.28	0320	31.28	0326.43	1.020093
0092	36.51	0320	33.50	0387.29	1.210281
0093	27.27	0400	26.36	0222.35	0.555875
0094	34.87	0400	38.21	0413.16	1.032900
0096	36.52	0400	41.90	0440.24	1.100600
0097	32.25	0400	32.69	0346.85	0.867125
0099	26.94	0480	27.36	0262.95	0.547812
0100	23.37	0480	20.59	0189.59	0.394979
0101	32.89	0480	40.79	0391.17	0.814937
0102	33.95	0400	36.23	0433.39	1.083475

Continua ...

Cuadro 1 (Continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m ²)	VOL HA (m ³)	VAM (m ³)
0109	32.33	0240	19.71	0232.07	0.966958
0110	33.13	0240	20.69	0235.36	0.980666
0130	23.39	0400	17.18	0123.68	0.309200
0132	29.92	0400	28.14	0281.85	0.704625
0133	33.92	0400	36.16	0401.79	1.004475
0136	32.11	0400	32.40	0299.30	0.748250
0138	34.62	0400	37.65	0438.94	1.097350
0139	35.20	0400	58.93	0427.53	1.068825
0144	30.61	0400	29.44	0301.31	0.753275
0148	33.18	0560	48.43	0596.43	1.059696
0155	27.09	0560	32.29	0321.73	0.574517
0158	27.16	0560	32.44	0333.09	0.594803
0161	40.55	0480	61.99	0748.74	1.559875
0162	31.23	0480	36.77	0384.94	0.801958
0173	26.83	0800	45.24	0464.10	0.580125
0174	23.87	0800	55.82	0383.01	0.478762
0175	24.14	0720	32.97	0339.50	0.471527
0178	29.50	0720	49.23	0516.32	0.717111
0184	44.00	0080	12.16	0138.85	1.735625
0188	39.75	0160	19.85	0196.01	1.225062
0190	35.46	0160	15.80	0160.67	1.004187
0191	44.38	0160	24.75	0262.83	1.642687
0193	41.07	0160	21.20	0236.74	1.479625
0196	24.59	0240	11.39	0094.90	0.395416
0202	27.97	0240	14.74	0141.72	0.590500
0203	33.17	0240	20.75	0224.15	0.933958
0204	44.26	0160	24.61	0266.69	1.666812
0206	28.11	0320	19.87	0169.92	0.531000
0207	30.52	0320	23.41	0175.00	0.546875
0209	26.69	0320	17.90	0170.12	0.531625
0210	30.34	0320	23.13	0192.88	0.602750
0212	37.55	0320	35.44	0425.47	1.329593
0213	31.94	0320	25.65	0268.45	0.838906
0214	31.87	0400	31.92	0329.08	0.822700
0219	34.60	0320	30.09	0346.05	1.081406
0220	30.75	0320	23.76	0215.57	0.673656
0221	26.78	0320	18.03	0199.44	0.623250
0223	30.74	0400	29.69	0348.16	0.870400
0226	22.58	0400	16.03	0122.29	0.305725
0228	28.46	0400	25.46	0197.20	0.493000
0229	27.43	0400	23.64	0212.44	0.531100
0233	28.98	0400	26.39	0284.52	0.711300
0235	28.62	0400	25.74	0240.97	0.602425
0237	27.17	0560	32.48	0384.09	0.685875
0241	19.53	0560	16.78	0121.79	0.217482
0242	18.49	0560	15.03	0110.73	0.197732

Continua ...

Cuadro 1 (Continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m2)	VOL HA (m3)	VAM (m3)
0243	29.96	0480	33.85	0153.81	0.736687
0245	22.41	0560	22.10	0186.42	0.332892
0246	30.52	0480	35.11	0392.01	0.816687
0248	45.50	0560	91.06	1003.31	1.791625
0250	24.52	0480	22.67	0201.25	0.419270
0251	28.68	0480	31.02	0307.69	0.641020
0255	33.46	0560	49.25	0562.60	1.004642
0258	25.08	0480	23.72	0214.41	0.446687
0260	30.21	0560	40.15	0409.26	0.730821
0261	27.78	0480	29.11	0316.32	0.659000
0265	15.24	0800	14.59	0101.41	0.126762
0268	26.95	0720	41.08	0307.30	0.426805
0271	25.82	0800	41.89	0384.61	0.480762
0272	21.59	0800	29.29	0260.27	0.325337
0273	27.04	0720	41.36	0332.22	0.461416
0274	31.35	0640	49.41	0542.95	0.848359
0276	31.55	0640	50.03	0443.37	0.692765
0278	28.41	0720	45.65	0501.78	0.696916
0280	29.95	0640	36.52	0383.88	0.599818
0282	30.58	0640	47.01	0460.51	0.719546
0289	19.64	0880	26.66	0229.98	0.261340
0290	28.39	0960	60.79	0665.42	0.693145
0292	27.77	0720	43.62	0479.24	0.665611
0295	42.30	0080	11.24	0096.84	1.210500
0299	31.93	0160	12.81	0148.58	0.928625
0300	39.97	0160	20.08	0198.79	1.242437
0306	36.78	0240	25.51	0278.15	1.158958
0311	29.71	0320	22.19	0153.06	0.478312
0312	35.40	0320	31.49	0408.35	1.276093
0313	33.53	0320	28.27	0321.42	1.004437
0314	46.33	0320	53.96	0726.39	2.269968
0319	30.31	0320	23.09	0226.20	0.706875
0322	24.62	0400	19.05	0138.94	0.347350
0325	26.94	0400	22.81	0216.40	0.541000
0326	24.23	0400	18.45	0163.85	0.409625
0328	41.40	0400	53.85	0748.40	1.871000
0329	39.15	0400	48.16	0591.69	1.479225
0336	26.41	0480	26.31	0268.59	0.559562
0337	35.97	0560	56.91	0743.33	1.327375
0340	23.32	0480	20.50	0169.30	0.352708
0342	25.85	0480	25.20	0243.89	0.508104
0343	22.98	0480	19.91	0156.16	0.325333
0344	24.91	0480	23.39	0254.98	0.531208
0345	26.64	0480	26.77	0233.25	0.485937

Continua ...

Cuadro 1 (Continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m2)	VOL HA (m3)	VAM (m3)
0346	27.24	0560	32.64	0302.33	0.539875
0348	34.24	0480	44.20	0539.39	1.123729
0349	26.69	0480	26.86	0266.08	0.554333
0353	20.55	0720	23.90	0186.68	0.259277
0354	23.34	0640	32.28	0285.90	0.446718
0355	24.92	0640	31.22	0243.52	0.380500
0356	24.17	0560	25.71	0218.45	0.390089
0357	26.27	0720	39.04	0384.89	0.534569
0358	26.66	0720	40.21	0361.90	0.502638
0359	24.20	0640	29.45	0239.20	0.373750
0360	25.37	0800	40.44	0355.96	0.444950
0362	23.54	0720	31.33	0255.64	0.355055
0363	25.07	0640	31.61	0294.57	0.460265
0367	25.00	0720	35.36	0305.39	0.424152
0368	20.54	0880	29.18	0210.25	0.238920
0369	24.25	1280	59.16	0597.16	0.466531
0370	23.95	1120	50.48	0432.52	0.386178
0371	13.70	2640	38.94	0346.01	0.131064
0379	18.58	0400	10.85	0082.15	0.205375
0381	22.23	0480	18.63	0122.19	0.254562
0383	21.64	0560	20.61	0153.81	0.274660
0394	22.74	0640	25.99	0209.15	0.326796
0402	18.08	1040	26.71	0198.30	0.190673
0424	24.80	0560	27.05	0217.58	0.388535
0429	17.17	0880	20.38	0120.22	0.136613
0434	17.13	1200	27.66	0176.67	0.147225
0436	15.75	1600	31.18	0298.80	0.186750
0440	18.14	0320	08.27	0062.33	0.194781
0457	17.62	0640	15.62	0112.54	0.175843
0458	15.26	0960	17.57	0110.31	0.114906
0464	17.88	1280	32.43	0220.50	0.172265
0466	12.28	1600	18.97	0118.96	0.074350
0467	11.50	2000	20.78	0117.55	0.058775
0480	15.24	0400	07.30	0055.16	0.137900
0494	13.74	0880	13.05	0095.15	0.108125
0497	21.35	0400	14.33	0114.80	0.287000
0499	27.29	0480	28.07	0194.83	0.405895
0500	18.44	0560	14.96	0135.34	0.241678
0501	17.78	0560	13.91	0119.03	0.212553
0504	17.22	0960	22.36	0190.57	0.198510
0505	17.02	1040	23.67	0197.47	0.189875
0507	14.50	1600	26.45	0225.05	0.140556
0510	13.81	1440	21.58	0146.80	0.102006
0513	12.16	1840	21.38	0176.51	0.095929
0516	20.44	0400	13.12	0109.78	0.274450

Continua ...

Cuadro 1 (Continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m ²)	VOL HA (m ³)	VAM (m ³)
0518	18.72	0560	15.41	0126.82	0.226464
0519	18.44	0560	14.96	0111.50	0.199107
0520	19.31	0720	21.08	0162.71	0.225986
0521	14.85	0800	13.86	0112.39	0.140487
0522	15.34	1040	19.24	0155.22	0.149250
0523	16.13	1040	21.25	0163.96	0.157653
0524	16.99	0880	19.95	0180.06	0.204613
0525	19.10	0880	25.21	0204.82	0.232750
0526	14.61	1120	18.79	0140.18	0.125160
0527	17.54	1120	27.09	0235.44	0.210214
0528	15.42	1440	26.92	0225.53	0.156618
0529	14.72	1600	27.23	0231.79	0.144868
0539	13.45	1360	19.33	0139.14	0.102308
0540	13.12	1520	20.56	0174.78	0.114986
0542	14.05	1440	22.34	0179.23	0.124465
0543	13.67	1680	24.66	0219.86	0.130869
0549	19.71	1120	34.17	0278.85	0.248973
0550	15.44	1520	28.47	0186.36	0.122605
0551	11.08	1680	16.20	0093.83	0.055851
0552	15.82	1680	33.02	0552.06	0.328607
0554	15.34	1920	35.49	0268.17	0.139671
0557	17.12	0320	07.36	0055.73	0.174156
0558	28.02	0320	19.74	0157.28	0.491500
0560	18.31	0400	10.53	0062.92	0.157300
0562	24.69	0400	19.16	0133.63	0.334075
0567	16.55	1200	25.83	0194.18	0.161816
0568	14.80	1440	24.79	0222.65	0.154618
0569	13.78	1680	25.06	0212.65	0.126577
0572	17.75	0320	07.92	0057.41	0.179406
0583	16.39	0640	13.51	0100.06	0.156343
0586	15.33	1120	20.67	0160.61	0.143401
0592	18.16	0400	10.36	0082.85	0.207125
0600	20.32	0640	20.77	0148.56	0.232325
0602	25.30	0960	48.27	0482.69	0.502802
0603	25.95	0880	46.54	0509.87	0.579397
0605	12.77	1440	18.45	0136.64	0.094888
0606	12.38	1920	23.13	0183.49	0.095567
0607	14.28	2240	35.90	0298.56	0.133285
0608	12.82	2240	28.95	0230.21	0.102772
0612	13.34	0560	07.83	0043.69	0.078017
0622	15.66	0960	18.49	0120.88	0.125916
0631	18.79	0400	11.09	0096.82	0.242050
0635	17.18	0560	12.99	0107.26	0.191535
0636	19.49	0560	16.70	0180.60	0.322500
0637	19.18	0480	13.87	0124.29	0.258937
0639	20.97	0720	24.87	0245.99	0.341652

Cuadro 1 (Continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m ²)	VOL HA (m ³)	VAM (m ³)
0643	16.55	0960	20.66	0182.53	0.190135
0645	15.11	1120	20.09	0174.94	0.156196
0647	14.20	1520	24.09	0235.66	0.155039
0648	16.76	1360	30.00	0313.32	0.230382

- \bar{D}_q = Diámetro cuadrático promedio.
 NAHA = Número de árboles por hectárea (ha).
 ABHA = Área basal por hectárea.
 VOLHA = Volumen por hectárea.
 VAM = Volumen del árbol medio.

Cuadro 2. Relación de datos por sitio del Pinus herreraei en la región de El Salto, Dgo.

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m ²)	VOL HA (m ³)	VAM (m ³)
0002	32.90	0400	34.01	0384.76	0.961900
0005	17.66	0800	19.59	0145.02	0.181275
0006	20.52	0800	26.46	0248.74	0.310925
0007	29.95	0720	50.74	0496.59	0.689708
0018	35.29	0320	31.30	0349.58	1.092437
0032	23.30	0560	23.88	0259.75	0.463839
0058	31.55	0640	50.05	0682.00	1.065625
0059	20.49	0640	21.11	0200.99	0.314046
0075	21.62	0560	20.56	0174.43	0.311482
0077	23.67	0480	21.12	0200.82	0.418375
0080	20.66	0720	24.14	0194.75	0.270486
0081	24.12	0720	32.91	0347.45	0.482569
0083	27.38	0640	37.69	0417.91	0.652984
0089	23.78	1120	49.74	0461.81	0.412330
0091	17.83	0320	07.99	0048.47	0.151468
0101	34.17	0400	36.68	0411.66	1.029150
0106	14.20	0480	07.60	0067.33	0.140270
0107	26.18	0480	25.48	0240.53	0.501104
0112	27.11	0560	32.34	0357.23	0.637910
0118	18.57	0800	21.67	0159.03	0.198787
0112	23.05	0800	33.38	0308.41	0.385512
0123	21.08	0720	25.14	0210.86	0.292861
0128	14.15	1760	27.70	0271.01	0.153982
0133	27.88	0320	18.84	0199.54	0.623562
0140	17.83	0400	09.99	0070.53	0.176325
0145	17.29	0560	13.15	0089.47	0.159767
0147	17.78	0480	11.92	0094.89	0.197687
0148	17.81	0480	11.96	0084.42	0.175875
0150	20.17	0480	15.34	0137.17	0.285770
0152	20.66	0560	18.78	0142.36	0.254214
0160	17.61	0640	15.59	0123.52	0.193000
0161	12.80	0880	11.33	0076.23	0.086625
0163	13.73	1120	16.60	0128.04	0.114321
0165	20.87	1200	41.07	0350.29	0.291908
0202	24.68	0480	22.97	0198.25	0.413020
0211	26.99	0640	36.62	0399.59	0.624359
0220	21.18	0400	14.10	0096.92	0.242300
0223	29.49	0400	27.32	0272.19	0.680475
0227	20.73	0560	18.90	0201.31	0.359482
0230	25.13	0560	27.77	0286.44	0.511500
0234	20.21	0640	20.54	0169.35	0.264609
0236	23.29	1600	68.19	0775.03	0.484393
0243	19.64	0880	26.68	0200.59	0.227943
0245	17.60	1040	25.31	0208.49	0.200471

Continuación ...

Cuadro 2 (Continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m2)	VOL HA (m3)	VAM (m3)
0246	21.76	0880	32.74	0295.39	0.335670
0247	18.45	1040	27.82	0281.56	0.270730
0250	19.87	1120	34.76	0307.32	0.274392
0252	14.04	1280	19.82	0189.72	0.148218
0253	14.53	1120	18.58	0177.81	0.158758
0256	21.29	1280	45.57	0583.71	0.456023
0258	19.76	1440	44.20	0467.53	0.324673
0270	16.50	0720	15.40	0104.12	0.144611
0274	11.49	1200	12.44	0082.34	0.068616
0275	11.50	1520	15.81	0118.32	0.077842
0298	08.86	0480	02.96	0023.35	0.048645
0319	29.99	0400	28.59	0370.07	0.925175
0323	37.54	0480	53.13	0727.78	1.516208
0327	24.61	1360	64.74	0732.89	0.538889
0340	24.74	0640	30.77	0274.31	0.428609
0347	23.98	1280	57.83	0524.62	0.409859
0355	27.97	0960	59.00	0678.15	0.706406
0359	22.06	1200	45.88	0500.61	0.417175
0371	33.56	0480	42.46	0561.74	1.170292
0383	26.69	0880	49.24	0473.29	0.537829
0387	14.95	1440	25.28	0188.48	0.130888
0391	14.47	2320	38.19	0315.25	0.135884
0393	31.87	0240	19.15	0182.58	0.760750
0396	32.69	0240	20.15	0172.08	0.717000
0398	28.02	0320	19.73	0183.81	0.574406
0401	39.96	0320	40.15	0593.82	1.855706
0404	19.76	0560	17.18	0116.91	0.208768
0410	16.79	0800	17.71	0132.91	0.166137
0412	20.98	0800	27.68	0228.17	0.285212
0418	30.37	0320	23.18	0268.40	0.838750
0419	37.84	0320	35.99	0392.92	1.227875
0420	32.75	0320	26.95	0286.68	0.895875
0428	18.94	0480	13.52	0108.27	0.225562
0451	24.53	0880	41.61	0422.52	0.480136
0454	23.14	0880	37.03	0408.30	0.463977
0474	30.42	0400	29.08	0352.09	0.880225
0503	21.33	0880	31.44	0337.84	0.383909
0532	31.84	0240	19.11	0268.82	1.120083
0536	19.94	0320	09.99	0083.03	0.259469
0537	26.27	0320	17.35	0203.05	0.634531
0538	38.84	0320	37.93	0497.60	1.555000
0539	42.17	0320	44.69	0581.62	1.817562
0552	13.70	0640	09.44	0066.39	0.103734
0555	12.29	1120	13.28	0098.59	0.088027
0556	12.60	1440	17.96	0140.70	0.097708
0557	15.35	1520	28.13	0209.84	0.138053

Continuación ...

Cuadro 2 (Continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m ²)	VOL HA (m ³)	VAM (m ³)
0563	25.46	0320	16.29	0160.68	0.502125
0583	33.71	0320	28.57	0290.05	0.906406
0594	37.34	0240	26.28	0277.60	1.156666
0596	35.30	0240	23.49	0197.79	1.824125
0600	22.62	0320	12.86	0101.58	0.317437
0601	37.75	0320	35.83	0364.41	1.138781
0602	30.31	0320	23.09	0227.92	0.712250
0603	29.20	0400	26.79	0235.01	0.587525
0604	25.36	0400	20.21	0187.97	0.469925
0605	36.74	0400	42.20	0416.71	1.041775
0606	26.70	0480	26.87	0260.49	0.542687
0609	17.07	1360	31.12	0256.15	0.188345
0614	31.26	0240	18.42	0174.38	0.726583
0615	27.71	0240	14.48	0149.59	0.623291
0625	23.08	1280	53.55	0525.33	0.410414
0629	20.28	1760	56.88	0628.44	0.357068
0631	15.23	1360	24.78	0209.92	0.154352
0635	12.99	1520	20.15	0124.99	0.082230

\bar{D}_q = Diámetro cuadrático promedio.

NAHA = Número de árboles por hectárea (ha).

ABHA = Area Basal por Hectárea.

VOLHA = Volumen por hectárea.

VAM = Volumen del árbol medio.

Cuadro 3. Relación de datos por sitio del Pinus leiophylla en la región de El Salto, Dgo.

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m ²)	VOL HA (m ³)	VAM (m ³)
0124	19.08	0640	18.31	0148.17	0.231515
0128	18.05	0960	24.56	0190.11	0.198031
0130	17.69	1040	25.58	0229.72	0.220884
0133	21.84	0320	11.99	0090.03	2.281343
0139	21.05	0640	22.28	0184.15	0.287734
0141	15.93	0720	14.35	0100.59	0.139708
0142	14.34	0960	15.51	0123.24	0.128375
0151	10.94	0560	05.26	0033.91	0.060553
0155	18.43	0400	10.67	0083.16	0.207900
0157	18.22	0720	18.77	0163.91	0.227652
0162	19.25	0960	27.94	0233.58	0.243312
0167	12.08	2240	25.70	0205.77	0.091861
0188	20.73	0400	13.50	0101.96	0.254900
0190	17.72	0400	09.87	0083.69	0.209225
0211	19.17	1120	32.34	0329.82	0.294482
0212	17.44	1120	26.77	0254.26	0.227017
0214	21.12	0720	25.23	0252.43	0.350597
0217	18.16	1440	37.32	0316.19	0.219576
0218	19.14	0320	09.21	0076.26	0.238312
0219	16.24	0320	06.63	0049.05	0.153281
0221	19.52	0320	09.58	0079.00	0.246875
0235	17.40	0400	09.52	0070.18	0.175450
0239	21.35	0400	14.32	0106.04	0.265100
0243	19.28	0480	14.01	0124.06	0.258458
0244	20.39	0480	15.67	0120.60	0.251250
0245	14.90	0640	11.16	0082.12	0.128312
0253	13.60	0960	13.96	0104.18	0.108520
0255	16.00	0960	19.32	0162.72	0.169500
0257	13.29	1200	16.65	0110.20	0.091833
0259	15.41	1440	26.87	0213.14	0.148013
0266	23.23	0320	13.56	0098.58	0.308062
0269	16.51	0400	08.56	0058.54	0.146350
0274	44.44	0400	62.05	0823.58	2.058950
0280	20.13	0560	17.83	0167.31	0.298767
0282	22.63	0640	25.74	0220.66	0.344781
0286	20.66	1040	34.88	0305.44	0.293692
0292	19.11	1200	34.43	0344.99	0.287450
0294	14.77	1680	28.79	0219.21	0.130482
0329	18.16	1360	35.24	0303.67	0.223286
0330	17.53	1600	38.62	0317.32	0.198325
0337	15.53	0320	06.06	0037.62	0.117562
0339	21.64	0320	11.77	0087.36	0.273000
0340	15.01	0320	05.66	0041.16	0.128625
0352	13.23	0320	04.40	0023.99	0.074968

continuación ...

Cuadro 3 (continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m2)	VOL HA (m3)	VAM (m3)
0364	22.30	0400	15.62	0139.50	0.348750
0377	19.67	0560	17.02	0127.09	0.226946
0378	22.89	0480	19.75	0160.96	0.335333
0389	15.24	1120	20.44	0142.63	0.127348
0405	12.90	0320	04.18	0020.92	0.065375
0427	17.94	0560	14.16	0116.46	0.207964
0431	26.75	0560	31.48	0321.93	0.574875
0438	18.18	0720	18.70	0137.24	0.190611
0440	13.92	0720	10.95	0069.24	0.096166
0441	19.06	0640	18.26	0136.65	0.213515
0450	14.15	1120	17.62	0130.15	0.116205
0451	17.91	1120	28.21	0226.67	0.202383
0513	32.10	0320	25.89	0345.27	1.078968
0526	23.84	0720	32.16	0256.51	0.356263
0529	19.82	0880	27.17	0261.73	0.297420
0533	16.87	1360	30.40	0230.99	0.169845
0536	19.62	1440	43.56	0343.13	0.238284
0543	20.86	0320	10.94	0061.83	0.193218
0572	29.61	0560	38.56	0367.00	0.655357
0576	25.42	0640	32.49	0263.97	0.412453
0578	22.04	0960	36.65	0325.74	0.339312
0600	40.43	0240	30.81	0273.40	1.139166
0604	34.24	0320	29.47	0270.64	0.845750
0623	40.34	0240	30.67	0373.61	1.556708
0630	30.50	0400	29.24	0283.68	0.709200
0644	23.40	0640	40.54	0416.38	0.650693
0654	18.85	1600	44.66	0404.49	0.252806
0656	13.01	1760	23.40	0194.87	0.110721
0660	17.07	1920	43.98	0323.35	0.168411
0662	17.33	2080	49.08	0429.27	0.206379
0663	15.60	2240	42.86	0388.36	0.173375
0678	16.55	1520	32.70	0288.19	0.189598
0687	20.37	0400	27.10	0252.68	0.631700
0691	32.39	0480	39.56	0406.59	0.847062
0702	33.52	0240	21.18	0189.99	0.791625
0712	21.33	0560	20.01	0171.58	0.306392
0723	13.53	0240	03.45	0024.44	0.101833
0724	17.39	0240	05.70	0041.64	0.173500
0731	32.44	0400	33.06	0387.44	0.968600
0732	31.91	0480	38.39	0447.81	0.932937
0737	38.64	0160	18.76	0208.36	1.302250
0747	32.04	0560	45.15	0467.43	0.834696
0752	26.63	0880	49.01	0492.88	0.560090
0755	17.52	1360	32.79	0253.92	0.186705
0762	33.10	0400	34.42	0328.79	0.821975

continúa ...

Cuadro 3 (continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m ²)	VOL HA (m ³)	VAM (m ³)
0765	36.05	0240	24.50	0241.02	1.004250
0767	32.88	0320	27.17	0218.09	0.681531

\bar{D}_q = Diámetro cuadrático promedio.
 NAHA = Número de árboles por hectárea (ha).
 ABHA = Área basal por hectárea.
 VOLHA = Volumen por hectárea.
 VAM = Volumen del árbol medio.

Cuadro 4. Relación de datos por sitio del Pinus teocote en la región de El Salto, Dgo.

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m2)	VOL HA (m3)	VAM (m3)
0005	20.34	0560	18.20	0132.09	0.235875
0010	23.52	1120	48.68	0406.46	0.362910
0011	14.81	1360	23.43	0167.97	0.123507
0012	20.12	1600	50.87	0460.48	0.287800
0013	13.24	2400	33.07	0250.65	0.104437
0016	26.03	0800	42.58	0417.37	0.521712
0018	30.01	0560	39.61	0403.10	0.719821
0020	31.90	0560	44.76	0476.65	0.851160
0021	23.22	0720	30.49	0224.98	0.312472
0022	30.07	0640	45.45	0468.68	0.732312
0023	30.09	0800	56.90	0592.74	0.740925
0024	27.71	0720	43.43	0417.52	0.579888
0027	15.16	0480	08.677	0058.37	0.121604
0028	22.76	0480	19.54	0116.55	0.242812
0029	26.32	0560	30.48	0266.47	0.475839
0030	13.17	0880	11.98	0079.72	0.090590
0031	15.76	0720	14.05	0100.88	0.140111
0034	33.70	0400	35.68	0392.97	0.982425
0036	30.44	0400	29.11	0313.14	0.782850
0041	26.69	0320	17.91	0161.02	0.503187
0042	22.03	0560	21.35	0206.23	0.368267
0045	31.86	0320	25.51	0265.43	0.829468
0046	24.69	0320	15.32	0194.51	0.607843
0047	17.14	0400	09.23	0081.73	0.204325
0050	27.00	0560	32.06	0308.90	0.551607
0052	23.97	0800	36.13	0380.73	0.475912
0056	16.19	1600	32.95	0325.85	0.203656
0067	37.06	0400	43.16	0493.49	1.233725
0085	15.04	1120	19.90	0145.16	0.129607
0090	20.67	0480	16.11	0085.64	0.178416
0095	16.25	0880	18.26	0103.64	0.117772
0108	21.13	0480	16.84	0126.44	0.263416
0110	20.65	0640	21.43	0178.97	0.279640
0141	14.36	1120	18.14	0155.22	0.138589
0142	15.48	1120	21.08	0157.33	0.142258
0144	15.26	1200	21.96	0167.11	0.139258
0147	14.63	1360	22.87	0187.58	0.137926
0148	14.50	1600	26.43	0210.15	0.131343
0149	16.85	1600	35.68	0377.85	0.236156
0151	10.77	2800	25.51	0185.24	0.066157
0153	11.41	3760	38.48	0297.97	0.079247
0166	26.93	0480	27.35	0250.66	0.522208
0199	16.92	0800	17.99	0125.60	0.157000
0208	16.61	1040	22.54	0212.12	0.203961

continúa ...

Cuadro 4 (continuación)

Sitio No.	\bar{D}_q	NAHA	ABHA (m ²)	VOL HA (m ³)	VAM (m ³)
0210	12.40	0880	10.63	0080.22	0.091159
0249	13.71	0800	11.81	0079.99	0.099987
0268	20.15	0320	10.28	0068.96	0.215500
0274	20.64	0400	13.38	0107.99	0.269975
0287	25.30	0480	24.13	0194.26	0.404708
0290	21.07	0560	19.54	0171.61	0.306446
0293	15.34	0640	11.82	0091.21	0.142515
0302	17.69	0880	21.63	0142.00	0.161363
0303	15.23	0960	17.49	0123.51	0.128656
0304	10.04	1120	08.86	0045.52	0.040642
0305	15.52	1200	22.72	0205.16	0.170966
0307	16.50	1200	25.67	0178.64	0.148866
0308	11.00	1120	10.65	0078.89	0.070437
0309	10.52	1120	09.74	0067.80	0.060535
0310	21.48	1200	43.51	0438.52	0.365433
0311	14.55	1120	18.63	0127.64	0.113964
0312	11.62	1520	16.13	0113.70	0.074802
0335	17.66	0400	09.80	0084.82	0.212050
0338	20.10	0400	12.70	0100.19	0.250475
0365	21.29	0320	11.39	0097.02	0.303187
0384	19.35	0400	11.76	0099.25	0.248125
0392	15.73	0800	15.55	0115.88	0.144850
0395	13.03	0960	12.80	0097.75	0.101822
0411	21.75	0400	14.86	0135.83	0.339575
0419	16.97	0640	14.47	0108.03	0.168796
0423	19.00	0720	00.43	0156.79	0.217763
0432	13.77	1360	20.26	0159.89	0.117566
0449	27.02	0480	27.52	0240.91	0.501895
0464	15.86	0320	06.32	0038.69	0.120906
0469	10.66	0320	02.85	0017.96	0.056125
0471	12.64	1120	14.05	0103.56	0.092464
0479	22.75	0480	19.51	0172.43	0.359229
0489	33.35	0320	27.96	0371.67	1.161468
0504	19.22	1600	46.44	0492.34	0.307712

- \bar{D}_q = Diámetro cuadrático promedio.
 NAHA = Número de árboles por hectárea (ha).
 ABHA = Área basal por hectárea.
 VOLHA = Volumen por hectárea.
 VAM = Volumen del árbol medio.

Cuadro 5. Relación de diámetro normal-diámetro promedio de copa para el Pinus engelmanni en la región de El Salto, Dgo.

Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
1	3	0.67	27	6	0.77
2	3	0.92	28	6	1.05
3	3	1.62	29	6	1.25
4	3	1.41	30	6	1.49
5	3	1.50	31	6	1.52
6	3	1.75	32	6	1.71
7	4	0.76	33	6	1.76
8	4	0.89	34	6	2.77
9	4	1.02	35	6	3.19
10	4	1.15	36	7	1.21
11	4	1.26	37	7	1.79
12	4	1.42	38	7	1.91
13	4	1.76	39	7	2.01
14	4	1.83	40	7	2.61
15	4	1.99	41	7	3.19
16	4	2.02	42	8	1.51
17	5	0.76	43	8	1.71
18	5	1.25	44	8	1.82
19	5	1.47	45	8	1.99
20	5	1.51	46	8	2.19
21	5	1.52	47	8	2.42
22	5	1.71	48	8	2.76
23	5	1.90	49	9	1.59
24	5	1.99	50	9	1.65
25	5	2.02	51	9	2.51
26	5	4.01	52	9	2.59
53	9	2.93	80	15	2.99
54	10	3.01	81	15	3.11
55	10	1.83	82	16	2.12
56	10	1.99	83	16	3.01
57	10	2.22	84	16	3.32
58	10	2.76	85	16	3.45
59	10	2.80	86	16	3.56
60	10	3.01	87	16	4.21
61	11	2.31	88	17	2.02
62	11	2.42	89	17	3.11
63	11	2.72	90	17	3.25
64	11	2.91	91	17	3.49
65	12	2.59	92	17	3.89
66	12	3.25	93	17	4.39
67	13	0.75	94	18	2.71
68	13	1.79	95	18	3.25

continúa ...

Cuadro 5 (continuación)

Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
69	13	1.96	96	18	3.42
70	13	2.82	97	18	3.51
71	13	3.79	98	19	2.99
72	14	2.41	99	19	3.38
73	14	2.66	100	19	3.76
74	14	2.76	101	19	3.81
75	14	2.92	102	19	3.99
76	14	3.45	103	19	4.29
77	14	3.51	104	19	4.23
78	15	2.56	105	20	3.19
79	15	2.61	106	20	3.71
107	20	3.89	134	27	4.35
108	20	3.99	135	27	5.11
109	20	4.08	136	27	5.25
110	20	5.01	137	27	5.51
111	21	3.59	138	27	5.61
112	21	4.01	139	27	5.78
113	21	4.43	140	27	6.09
114	21	4.51	141	27	6.75
115	22	3.69	142	28	4.09
116	22	4.35	143	28	5.01
117	23	2.99	144	28	5.25
118	23	4.65	145	28	5.96
119	23	5.75	146	29	5.42
120	24	3.43	147	29	5.51
121	24	3.51	148	29	6.42
122	25	4.08	149	30	5.02
123	25	4.59	150	30	5.96
124	25	5.16	151	30	6.43
125	25	5.22	152	30	6.51
126	25	5.59	153	30	6.67
127	26	3.76	154	30	6.79
128	26	5.01	155	30	7.21
129	26	5.52	156	31	5.49
130	27	3.58	157	31	5.61
131	27	3.59	158	31	5.72
132	27	4.01	159	31	5.77
133	27	4.16	160	31	6.35
161	31	6.51	187	34	7.11
162	31	6.72	188	34	7.36
163	31	6.76	189	34	7.52
164	31	7.06	190	35	5.11
165	31	7.21	191	35	5.26
166	32	4.65	192	34	6.22

continúa ...

Cuadro 5 (continuación)

Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
167	32	4.83	193	35	6.65
168	32	5.25	194	35	6.76
169	32	5.42	195	35	7.01
170	32	5.51	196	35	7.21
171	32	5.81	197	36	6.51
172	32	6.01	198	36	7.02
173	32	6.11	199	36	7.09
174	32	6.92	200	36	7.15
175	32	7.29	201	36	7.73
176	32	7.51	202	36	7.79
177	33	4.66	203	37	7.01
178	33	5.91	204	37	7.73
179	33	6.01	205	37	8.65
180	33	6.27	206	37	8.71
181	33	7.01	207	38	6.23
182	33	7.26	208	38	6.26
183	33	7.42	209	38	6.91
184	34	6.01	210	38	8.81
185	34	6.81	211	38	9.25
186	34	7.02	212	38	9.32
213	39	6.81	226	43	7.22
214	39	7.56	227	43	8.06
215	39	7.61	228	43	8.76
216	39	7.91	229	44	8.76
217	39	7.99	230	45	10.05
218	40	7.01	231	49	6.71
219	40	7.72	232	49	9.95
220	40	7.81	233	49	11.04
221	42	6.42	234	50	8.21
222	42	6.51	235	50	8.42
223	42	7.42	236	50	10.52
224	42	7.55	237	55	9.81
225	42	9.51	238	64	9.21

Cuadro 6. Relación de diámetro normal-diámetro promedio de copa para el Pinus herreraei en la región de El Salto, Dgo.

Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
1	2	0.45	27	6	1.57
2	2	0.60	28	6	1.65
3	2	0.65	29	6	1.75
4	2	0.71	30	6	2.35
5	3	0.65	31	7	1.21
6	3	0.79	32	7	1.32
7	3	0.99	33	7	2.31
8	3	1.21	34	7	2.51
9	3	1.74	35	8	1.81
10	4	0.78	36	8	2.09
11	4	1.11	37	8	2.22
12	4	1.15	38	8	2.61
13	4	1.29	39	8	2.72
14	4	1.82	40	9	1.51
15	5	0.71	41	9	1.75
16	5	1.00	42	9	1.79
17	5	1.35	43	9	2.61
18	5	1.71	44	9	2.72
19	5	2.21	45	9	2.85
20	5	2.35	46	10	1.31
21	5	2.51	47	10	1.72
22	6	0.78	48	10	2.49
23	6	1.11	49	10	3.31
24	6	1.21	50	10	3.51
25	6	1.26	51	11	2.09
26	6	1.35	52	11	3.90
53	12	1.71	80	16	2.72
54	12	2.35	81	16	2.81
55	12	2.41	82	16	3.01
56	12	2.49	83	16	3.31
57	12	2.61	84	16	4.01
58	12	3.01	85	16	4.05
59	12	3.16	86	16	4.17
60	12	3.31	87	17	2.61
61	13	2.22	88	17	3.23
62	13	2.99	89	17	3.25
63	13	3.41	90	17	3.27
64	13	3.52	91	17	3.49
65	13	3.90	92	17	3.75
66	14	1.72	93	18	2.42
67	14	2.11	94	18	2.74
68	14	2.31	95	18	2.81

continuación ...

Cuadro 6 (continuación)

Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
69	14	2.51	96	18	3.40
70	14	2.65	97	18	3.75
71	14	3.14	98	19	3.01
72	14	3.21	99	19	3.52
73	14	3.76	100	19	3.69
74	15	3.01	101	19	4.41
75	15	3.21	102	20	2.53
76	15	3.51	103	20	3.87
77	16	2.01	104	20	4.40
78	16	2.51	105	21	3.12
79	16	2.69	106	21	3.26
107	21	4.09	134	26	5.21
108	21	4.21	135	26	5.26
109	21	4.49	136	27	2.99
110	21	4.51	137	27	3.74
111	21	5.01	138	27	4.01
112	22	2.61	139	27	4.09
113	22	2.70	140	27	4.19
114	22	3.30	141	27	4.76
115	22	3.51	142	27	6.26
116	22	3.65	143	28	3.65
117	22	3.74	144	28	3.81
118	23	3.60	145	28	6.21
119	23	3.72	146	28	6.26
120	23	3.73	147	29	3.26
121	23	4.41	148	29	7.01
122	23	4.51	149	30	3.40
123	24	3.30	150	30	5.75
124	24	3.45	151	31	3.90
125	24	3.55	152	31	4.81
126	24	4.51	153	31	5.01
127	25	3.71	154	31	5.31
128	25	3.92	155	31	5.75
129	25	3.98	156	32	3.15
130	25	4.81	157	32	4.82
131	26	3.01	158	32	5.29
132	26	3.42	159	32	5.43
133	26	3.49	160	32	5.59
161	32	5.63	185	36	6.11
162	32	5.71	186	37	4.42
163	32	6.51	187	37	7.26
164	33	4.09	188	38	3.61
165	33	4.45	189	38	4.48
166	34	5.01	190	38	5.01

continúa ...

Cuadro 6 (continuación)

Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
167	34	5.09	191	38	5.11
168	34	5.51	192	38	6.51
169	34	5.78	193	38	7.37
170	34	6.01	194	40	5.26
171	34	6.11	195	40	6.75
172	34	6.51	196	40	6.81
173	36	3.60	197	41	4.95
174	36	3.78	198	41	6.42
175	36	3.80	199	42	5.51
176	36	4.82	200	42	6.52
177	36	4.83	201	42	7.88
178	36	4.86	202	43	6.21
179	36	4.87	203	43	6.48
180	36	4.89	204	45	5.45
181	36	4.90	205	46	6.69
182	36	4.95	206	48	6.11
183	36	5.00	207	48	8.69
184	36	6.02			

Cuadro 7. Relación de diámetro normal-diámetro de copa para el Pinus leiophylla en la región de El Salto, Dgo.

Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
1	3	0.91	27	13	1.85
2	4	1.25	28	13	2.00
3	6	1.31	29	13	2.26
4	6	1.41	30	13	2.39
5	6	1.55	31	13	3.09
6	7	1.59	31	13	3.19
7	7	1.85	33	14	1.49
8	7	2.21	34	14	1.51
9	7	2.31	35	14	2.48
10	7	2.45	36	14	2.59
11	8	1.51	37	14	2.79
12	8	2.21	38	14	3.05
13	8	4.11	39	14	3.21
14	9	1.25	40	14	3.35
15	9	1.75	41	14	3.69
16	11	2.01	42	14	3.75
17	11	2.24	43	14	3.99
18	11	2.61	44	14	4.11
19	11	2.81	45	15	3.02
20	12	2.21	46	15	3.22
21	12	2.31	47	15	3.35
22	12	2.70	48	15	3.49
23	12	2.75	49	15	3.59
24	12	3.11	50	15	3.75
25	12	3.51	51	15	3.95
26	12	3.62	52	15	4.09
53	15	5.03	80	19	3.69
54	16	2.76	81	19	4.01
55	16	3.92	82	19	4.35
56	16	4.03	83	19	8.81
57	16	4.25	84	19	8.99
58	16	4.69	85	20	2.21
59	16	6.59	86	20	2.27
60	17	3.35	87	20	3.91
61	17	3.39	88	20	3.99
62	17	3.55	89	20	4.25
63	17	3.69	90	20	4.35
64	17	3.79	91	20	4.59
65	17	3.91	92	20	4.85
66	17	4.25	93	20	5.27
67	17	4.29	94	21	2.55
68	17	4.53	95	21	3.95

continúa ...

Cuadro 7 (continuación)

Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
69	17	4.59	96	21	4.05
70	18	2.71	97	21	4.99
71	18	3.22	98	21	5.55
72	18	3.31	99	21	5.61
73	18	3.99	100	22	3.69
74	18	4.09	101	22	4.27
75	18	4.45	102	22	4.55
76	18	4.59	103	22	5.21
77	18	5.11	104	22	5.27
78	19	2.65	105	22	5.75
79	19	2.77	106	22	5.81
107	22	6.23	135	28	3.95
108	22	6.29	136	28	4.49
109	23	3.71	137	28	5.21
110	23	4.52	138	28	6.84
111	23	4.81	139	28	6.99
112	24	3.92	140	29	5.09
113	24	3.93	141	29	5.78
114	24	5.01	142	29	6.09
115	24	5.45	143	29	6.61
116	24	5.59	144	29	6.62
117	24	6.51	145	29	7.09
118	25	4.73	146	30	5.51
119	25	4.79	147	30	5.65
120	25	5.05	148	30	5.79
121	25	5.41	149	31	5.61
122	25	5.51	150	31	5.82
123	26	4.25	151	31	6.03
124	26	4.29	152	31	6.59
125	26	5.25	153	31	6.99
126	26	5.46	154	32	5.01
127	26	6.01	155	32	6.26
128	26	6.09	156	32	6.29
129	26	6.59	157	32	7.02
130	26	6.63	158	33	5.29
131	27	4.57	159	33	6.19
132	27	4.79	160	33	7.26
133	27	5.58	161	33	7.93
134	27	5.87	162	34	6.86
163	34	7.43	192	46	5.91
164	35	5.61	193	46	8.26
165	35	7.01	194	48	8.79
166	35	7.16	195	48	8.94

continúa ...

Cuadro 7 (continuación)

Arbol No.	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
167	35	7.49	196	50	8.99
168	35	7.55	197	50	7.92
169	36	7.05	198	50	12.43
170	36	7.81	199	52	10.79
171	37	6.99	200	52	10.91
172	37	7.15	201	59	10.16
173	38	5.79	202	59	12.26
174	38	7.01			
175	39	5.26			
176	39	5.61			
177	39	6.26			
178	39	9.76			
179	40	7.96			
180	41	9.27			
181	40	9.46			
182	42	6.27			
183	42	7.01			
184	42	8.91			
185	43	8.02			
186	43	8.35			
188	45	8.29			
189	45	8.89			
190	45	9.26			
191	45	9.27			

Cuadro 8. Relación de diámetro normal-diámetro promedio de copa para el Pinus teocote, en la región de El Salto, Dgo.

Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
1	2	1.38	27	7	3.31
2	3	0.61	28	8	1.71
3	3	0.77	29	8	1.81
4	3	0.81	30	8	1.87
5	3	0.95	31	8	2.21
6	3	1.22	32	8	2.31
7	4	0.75	33	8	2.38
8	4	0.92	34	8	2.55
9	4	1.22	35	8	2.79
10	4	1.24	36	8	2.86
11	4	1.25	37	9	1.35
12	4	1.35	38	9	1.61
13	5	1.22	39	9	1.91
14	5	1.59	40	9	2.01
15	5	1.66	41	9	2.11
16	5	1.95	42	9	2.21
17	6	1.22	43	9	2.42
18	6	1.39	44	9	2.65
19	6	1.49	45	9	2.71
20	6	1.55	46	9	2.81
21	6	1.64	47	9	2.92
22	6	2.22	48	9	3.03
23	7	1.42	49	10	1.25
24	7	1.49	50	10	1.81
25	7	1.63	51	10	2.39
26	7	1.74	52	10	2.65
53	10	2.72	79	13	3.31
54	10	2.91	80	13	3.43
55	10	3.61	81	13	3.50
56	10	4.62	82	13	3.71
57	11	1.71	83	13	3.81
58	11	2.36	84	13	3.95
59	11	2.59	85	13	4.09
60	11	2.81	86	13	4.65
61	11	3.15	87	13	4.95
62	11	3.25	88	14	2.21
63	11	3.82	89	14	2.65
64	11	4.05	90	14	2.74
65	11	4.11	91	14	3.21
66	12	1.81	92	14	3.31
67	12	2.22	93	14	3.50
68	12	2.51	94	14	3.55
69	12	2.58	95	14	3.67
70	12	2.61	96	14	4.51

Cuadro 8 (continuación)

Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
71	12	2.68	97	14	5.71
72	12	2.73	98	14	5.78
73	12	3.01	99	15	2.41
74	12	3.16	100	15	3.11
75	12	3.23	101	15	3.21
76	13	2.51	102	15	3.35
77	13	2.71	103	15	3.67
78	13	2.87	104	15	3.72
105	15	5.51	131	19	4.09
106	16	3.38	132	19	4.21
107	16	3.65	133	19	4.99
108	16	3.71	134	19	5.51
109	16	3.79	135	19	6.52
110	16	5.11	136	20	3.50
111	16	6.16	137	20	3.71
112	17	3.14	138	20	3.76
113	17	3.71	139	20	4.09
114	17	3.96	140	20	4.16
115	17	4.02	141	20	4.51
116	17	4.50	142	20	4.69
117	17	4.61	143	20	6.79
118	17	5.22	144	21	4.05
119	18	3.21	145	21	4.13
120	18	3.39	146	21	4.69
121	18	3.76	147	21	4.76
122	18	3.82	148	21	4.79
123	18	3.91	149	22	3.11
124	18	4.02	150	22	4.41
125	18	4.79	151	22	5.95
126	18	5.15	152	23	3.99
127	18	5.51	153	23	4.09
128	19	2.66	154	23	4.18
129	19	3.49	155	23	4.35
130	19	5.52	156	23	4.81
157	23	5.66	183	28	4.41
158	23	5.92	184	28	5.45
159	24	4.79	185	28	5.78
160	24	5.22	186	28	5.89
161	25	3.50	187	29	4.42
162	25	3.68	188	30	3.98
163	25	4.22	189	30	4.39
164	25	4.95	190	30	4.51
165	25	5.21	191	30	4.70
166	25	6.82	192	30	4.99

continúa ...

Cuadro 8 (continuación)

Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
167	26	2.74	193	30	6.21
168	26	2.89	194	30	7.02
169	26	3.70	195	30	8.59
170	26	3.81	196	30	8.19
171	26	4.35	197	31	5.74
172	26	4.52	198	31	7.09
173	26	5.51	199	31	7.42
174	26	7.26	200	32	4.77
175	27	3.81	201	32	5.82
176	27	4.69	202	32	6.51
177	27	5.46	203	32	8.18
178	27	5.51	204	33	4.71
179	27	5.71	205	33	4.92
180	27	5.79	206	33	5.49
181	27	6.74	207	34	3.71
182	27	6.82	208	34	5.39
209	34	5.51	235	37	9.36
210	34	6.16	236	37	9.96
211	34	6.62	237	38	3.82
212	34	6.73	238	38	8.61
213	34	7.82	239	38	8.72
214	34	8.01	240	38	8.84
215	35	5.29	241	38	8.95
216	35	6.52	242	39	4.58
217	35	8.21	243	39	5.21
218	35	9.58	244	39	6.72
219	36	4.75	245	39	6.78
220	36	4.98	246	39	7.11
221	36	6.78	247	39	7.78
222	36	7.01	248	38	8.41
223	36	7.42	249	39	8.49
224	36	9.21	250	39	9.26
225	36	5.39	251	39	9.40
226	37	5.49	252	40	6.18
227	37	6.58	253	40	9.51
228	37	6.81	254	41	6.51
229	37	7.39	255	41	6.71
230	37	8.24	256	41	8.19
231	37	8.28	257	41	8.52
232	37	8.42	258	42	7.11
233	37	8.49	259	42	7.95
234	37	9.36	260	42	8.05
261	42	8.24	279	48	6.02
262	42	8.47	280	48	8.70

continúa ...

Cuadro 8 (continuación)

Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)	Arbol No	Diámetro Normal (cm)	Diámetro Promedio de copa (m)
263	42	8.51	281	48	8.81
264	43	4.61	282	48	9.05
265	43	8.11	283	49	8.66
266	43	8.24	284	49	8.72
267	44	6.54	285	49	8.81
268	45	6.78	286	50	8.26
269	45	6.91	287	50	9.24
270	45	9.31	288	50	9.36
271	45	9.55	289	50	9.52
272	45	9.71	290	53	9.69
273	46	6.72	291	53	9.70
274	46	8.21	292	54	7.91
275	46	9.61	293	54	7.92
276	47	7.49	294	60	9.55
277	47	7.66	295	60	9.56
278	48	5.90			

Cuadro 9. Análisis de regresión entre el diámetro de copa promedio (DPC) y el diámetro normal (DN), de Pinus engelmanni en la Región de El Salto, Dgo.

Análisis de regresión Modelo Lineal: $Y = a + bX$

 Variable dependiente: DPC (m) Variable independiente: DN (cm)

Parámetro	Estimada	Error Estandar	Valor de T	Nivel de Prob.
Interceptada	0.567475	0.0965078	5.88009	3.25653E-8
Pendiente	0.173222	3.76656E-3	45.9894	0

 Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Prob. F.	Nivel de Prob.
Modelo	1292.3040	1	1292.3040	2115.0208	.00000
Error	144.80995	237	.61101		
Total (corr)	1437.1140	238			

Coef. de Correlación: 0.94828 R-Cuadradaa = 89.92 porciento
 Error Estand. de la Est. = 0.781673.

Cuadro 10. Análisis de regresión entre el diámetro de copa promedio (DPC) y el diámetro normal (DN), de Pinus herrerai en la Región El Salto, Dgo.

Análisis de regresión Modelo Lineal: $Y = a + bX$

 Variable dependiente: DPC (m) Variable independiente: DN (cm)

Parámetro	Estimada	Error Estandar	Valor de T	Nivel de Prob.
Interceptada	0.989001	0.101184	9.77428	-1.11022E-14
Pendiente	0.123448	4.23896E-3	19.1215	0

 Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Prob. F.	Nivel de Prob.
Modelo	476.38132	1	476.38132	848.06111	.00000
Error	115.71637	206	.56173		
Total (corr)	592.09769	207			

 Coef. de Correlación: 0.896976 R-Cuadrada = 80.46 por ciento
 Error Estand. de la Est.=0.749486

Cuadro 11. Análisis de regresión entre el diámetro de copa promedio (DPC) y el diámetro normal (DN), de Pinus leiophylla, en la Región de El Salto, Dgo.

Análisis de regresión Modelo Lineal: $Y = a + bX$

 Variable dependiente: DPC (m) Variable independiente: DN (cm)

Parámetro	Estimada	Error Estandar	Valor de T	Nivel de Prob.
Interceptada	0.761931	0.144658	5.26713	3.68707E-7
Pendiente	0.173788	5.48865E-3	31.6632	0

 Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Prob. F.	Nivel de Prob.
Modelo	808.7458	1	808.7458	1002.5597	.00000
Error	162.14286	201	.80668		
Total (corr)	970.88862	202			

 Coef. de Correlación: 0.912686 R-Cuadradaa = 83.30 porciento
 Error Estand. de la Est.=0.898154

Cuadro 12. Análisis de regresión entre el diámetro de copa promedio (DPC) y el diámetro normal (DN), de Pinus teocote, en la Región de El Salto, Dgo.

Análisis de regresión Modelo Lineal: $Y = a + bX$

 Variable dependiente: DPC (m) Variable independiente: DN (cm)

Parámetro	Estimada	Error Estandar	Valor de T	Nivel de Prob.
Interceptada	0.938801	0.117333	8.00118	6.08402E-14
Pendiente	0.159393	4.40278E-3	36.2029	0

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Prob. F.	Nivel de Prob.
Modelo	1410.4870	1	1410.4870	1310.6495	.00000
Error	316.39517	294	1.07617		
Total (corr)	1726.8821	295			

Coef. de Correlación: 0.90376 R-Cuadradaa = 81.68 por ciento
 Error Estand. de la Est. = 1.03739.

Cuadro 13. Número de árboles y áreas basales por hectárea de Pinus engelmanni; estimados para el FCC y RAA en la Región de El Salto, Dgo.

Diámetro Normal (cm)	Número de árboles por hectárea		Area basal (m ² /ha)	
	FCC	RAA	FCC	RAA
10.0	2407.5132	2650.5518	18.9086	20.8174
12.5	1704.9410	1951.7078	20.9228	23.9511
15.0	1270.4010	1508.8125	22.4499	26.6630
17.5	983.0582	1207.0250	23.6454	29.0324
20.0	783.2248	990.5865	24.6058	31.1203
22.5	638.6635	829.3029	25.3938	32.9738
25.0	530.7221	705.4823	26.0518	34.6304
27.5	448.0008	608.1181	26.6094	36.1197
30.0	383.2136	530.0333	27.0878	37.4659
32.5	331.5275	466.3657	27.5028	38.6887
35.0	289.6343	413.7163	27.8662	39.8043
37.5	255.2077	369.6448	28.1869	40.8261
40.0	226.5734	332.3591	28.4721	41.7656
42.5	202.5011	300.5172	28.7274	42.6322
45.0	182.0709	273.0965	28.9572	43.4342
47.5	164.5834	249.3063	29.1651	44.1785
50.0	149.4995	228.5265	29.3542	44.8712
52.5	136.3981	210.2651	29.5269	45.5173
55.0	124.9464	194.1276	29.6852	46.1215
		SUMA	503.1193	700.6136

FCC = Factor de Competencia de Copas

RAA = Relación Area-Arbol.

AB = Area Basal

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de AB de FCC/RAA} &= 503.1193/700.6136 \times 100 \\ &= 71.81 = 72\% \end{aligned}$$

Cuadro 14. Número de árboles y áreas basales por hectárea de Pinus herreraei; estimados para el FCC y RAA en la Región de El Salto, Dgo.

Diámetro (cm)	Número de árboles por hectárea		Area basal (m ² /ha)	
	FCC	RAA	FCC	RAA
10.0	2575.3875	2120.2972	20.2271	16.6528
12.5	1985.8546	1694.4292	24.3702	20.7938
15.0	1577.8016	1407.0669	27.8821	24.8650
17.5	1283.7198	1200.1647	30.8772	28.8674
20.0	1064.8035	1044.1341	33.4519	32.8025
22.5	897.4600	922.3087	35.6838	36.6768
25.0	766.6757	824.5848	37.6342	40.4768
27.5	662.5279	744.4801	39.3514	44.2190
30.0	578.2454	677.6451	40.8739	47.9000
32.5	509.0794	621.0525	42.2321	51.5212
35.0	451.6198	572.5302	43.4510	55.0840
37.5	403.3665	530.4794	44.5506	58.5898
40.0	362.4529	493.6970	45.5473	62.0399
42.5	327.4625	461.2606	46.4548	65.4358
45.0	297.3048	432.4508	47.2844	68.7785
		SUMA	559.8720	654.6983

FCC = Factor de Competencia de Copas

RAA = Relación Area-Arbol.

AB = Area Basal

Porcentaje de AB de FCC/RAA = $559.8720/654.6983 \times 100$
 = 85.52 = 86%

Cuadro 15. Número de árboles y áreas basales por hectárea de Pinus leiophylla; estimados para el FCC y RAA en la Región de El Salto, Dgo.

Diámetro (cm)	Número de árboles por hectárea		Area basal (m ² /ha)	
	FCC	RAA	FCC	RAA
10.0	2037.4852	2135.3079	16.0024	16.7707
12.5	1478.7861	1641.0861	18.1475	20.1392
15.0	1121.9433	1322.3077	19.8264	23.3672
17.5	880.2490	1100.0861	21.1725	26.4602
20.0	709.0063	936.6358	22.2741	29.4254
22.5	583.2746	811.5914	23.1915	32.2696
25.0	488.2471	713.0082	23.9668	34.9998
27.5	414.6832	673.4187	24.6305	37.6225
30.0	356.5741	567.9153	25.2048	40.1437
32.5	309.8753	513.1409	25.7066	42.5691
35.0	271.7839	466.7218	26.1487	44.9040
37.5	240.3075	426.9325	26.5412	47.1534
40.0	213.9987	392.4890	26.8919	49.3217
42.5	191.7851	362.4162	27.2072	51.4134
45.0	172.8590	335.9605	27.4921	53.4323
		SUMA	354.4042	549.9922

FCC = Factor de Competencia de Copas

RAA = Relación Area-Arbol.

AB = Area Basal

Porcentaje de AB de FCC/RAA = $354.4042/549.9922 \times 100$
 = 64.44 = 64%

Cuadro 16. Número de árboles y áreas basales por hectárea de Pinus teocote; estimados para el FCC y RAA en la Región de El Salto, Dgo.

Diámetro Normal (cm)	Número de árboles por hectárea		Area basal (m ² /ha)	
	FCC	RAA	FCC	RAA
10.0	1984.8637	1978.7785	15.5891	15.5413
12.5	1481.8829	1552.0327	18.1855	19.0474
15.0	1148.4170	1256.7840	20.2943	22.2093
17.5	916.0419	1042.2549	22.0334	25.0692
20.0	747.6720	880.5561	23.4889	27.6335
22.5	621.7904	755.1472	24.7229	30.0253
25.0	525.2168	655.6279	25.7816	32.1831
27.5	449.5119	575.1500	26.6992	34.1615
30.0	389.0692	509.0328	27.5017	35.9815
32.5	340.0457	453.9772	28.2095	37.6610
35.0	299.7361	407.5961	28.8381	39.2154
37.5	266.1913	368.1240	29.4000	40.6581
40.0	237.9780	334.2298	29.9053	42.0007
		SUMA	320.6495	401.4163

FCC = Factor de Competencia de Copas

RAA = Relación Area-Arbol.

AB = Area Basal

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje de AB de FCC/RAA} &= 320.6495/401.4163 \times 100 \\ &= 79.88 = 80\% \end{aligned}$$

Cuadro 17. Número de árboles por hectárea observados del bosque (OBS) y estimados (EST) con la ecuación de la Relación Area-Árbol.

DN (cm)	<u>P. engelmanni</u>		<u>P. herreraei</u>		<u>P. leiophylla</u>		<u>P. teocote</u>	
	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST
10.0	3360	2651	480	2120	560	2135	2800	1979
12.5	2640	1952	1520	1694	2240	1641	3760	1552
15.0	2240	1509	2320	1407	2240	1322	1600	1257
17.5	1360	1207	1360	1200	2080	1100	1600	1042
20.0	1200	991	1760	1044	1600	937	1600	881
22.5	1280	829	1600	922	960	812	1200	755
25.0	1280	706	1360	825	720	713	1120	656
27.5	960	608	960	745	880	633	720	575
30.0	800	530	720	678	560	568	800	509
32.5	880	466	640	621	560	513	560	454
35.0	560	414	400	573		467		408
37.5	400	370	480	530	400	427	400	368
40.0	480	332	320	494	240	392		
42.5	400	301	320	461		362		
45.0	560	273			400	336		
47.5	320	249						
50.0	160	229						
52.5	240	210						

Cuadro 18. Número de árboles por hectárea observados del bosque (OBS) y estimados (EST) con la ecuación del Factor de Competencia de Copas.

DN (cm)	P. engelmanni		P. herrerae		P. leiophylla		P. teocote	
	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST	OBS	EST
10.0	1680	2407	480	2575	560	2037	320	1985
12.5	560	1705	880	1986	240	1479	800	1482
15.0	400	1270	1120	1578	320	1122	320	1148
17.5	320	983	480	1284	240	880	400	916
20.0	400	783	320	1065	320	709	320	748
22.5	320	639	560	897	320	583	320	622
25.0	240	531	400	767	640	488	80	525
27.5	240	448	320	663	560	415	320	449
30.0	320	383	320	578	400	357	400	389
32.5	160	331	240	509	240	310	320	340
35.0	160	290	320	452		272		300
37.5	240	255	320	403	160	240	400	266
40.0	160	227	320	362	240	214		
42.5	80	202	320	227		192		
45.0	80	182			400	173		
47.5	320	165						
50.0	160	150						
52.5	240	136						

Cuadro 19. Relación de diámetros de copa con las ecuaciones de regresión respectivas, en la Región de El Salto, Dgo.

DN (cm)	Diámetro de Copa' (cm)			
	<i>P. engelmanni</i>	<i>P. herrerae</i>	<i>P. leiophylla</i>	<i>P. teocote</i>
10	2.300	2.223	2.500	2.533
15	3.166	2.841	3.369	3.330
20	4.032	3.458	4.238	4.127
25	4.898	4.075	5.107	4.924
30	5.764	4.692	5.976	5.721
35	6.630	5.310	6.845	6.518
40	7.496	5.927	7.713	7.315
45	8.362	6.544	8.582	
50	9.229			
55	10.095			

Cuadro 20. Número de árboles por hectárea (N), distancia de espaciamiento (D) y espacio de crecimiento (E) para la RAA y el FCC del Pinus engelmanni de la Región de El Salto, Dgo.

CD (cm)	Número de árboles/ha (N)		Distancia de espaciamiento (D) (m)		Espacio de crecimiento (E) (m ²)	
	RAA	FCC	RAA	FCC	RAA	FCC
10	2650.5518	2407.5132	2.1917	2.2997	3.7728	4.1537
15	1508.8125	1270.4010	2.9049	3.1658	6.6277	7.8715
20	990.5865	783.2248	3.5852	4.0319	10.0950	12.7677
25	705.4823	530.7221	4.2483	4.8980	14.1747	18.8423
30	530.0333	383.2136	4.9012	5.7641	18.8667	26.0951
35	413.7163	289.6343	5.5476	6.6302	24.1712	34.5263
40	332.3591	226.5734	6.1894	7.4964	30.0879	44.1358
45	273.0965	182.0709	6.8280	8.3625	36.6171	54.9237
50	228.5265	149.4995	7.4643	9.2286	43.7586	66.8898
55	194.1276	124.9464	8.0986	10.0947	51.5125	80.0343

RAA = Relación Area-Arbol

FCC = Factor de Competencia de Copas.

Cuadro 21. Número de árboles por hectárea (N), distancia de espaciamiento (D) y espacio de crecimiento (E) para la RAA y el FCC del Pinus herreraei de la Región de El Salto, Dgo.

CD (cm)	Número de árboles/ha (N)		Distancia de espaciamiento (D) (m)		Espacio de crecimiento (E) (m ²)	
	RAA	FCC	RAA	FCC	RAA	FCC
10	2120.2972	2575.3875	2.4505	2.2235	4.7163	3.8829
15	1407.0669	1577.8016	3.0081	2.8407	7.1070	6.3379
20	1044.1341	1064.8035	3.4920	3.4580	9.5773	9.3914
25	824.5848	766.6757	3.9295	4.0752	12.1273	13.0433
30	677.6451	578.2454	4.3346	4.6924	14.7570	17.2937
35	572.5302	451.6198	4.7158	5.3097	17.4663	22.1425
40	493.6970	362.4529	5.0784	5.9269	20.2553	27.5898
45	432.4508	297.3048	5.4261	6.5442	23.1240	33.6355

RAA = Relación Area-Arbol

FCC = Factor de Competencia de Copas.

Cuadro 22. Número de árboles por hectárea (N), distancia de espaciamiento (D) y espacio de crecimiento (E) para la RAA y el FCC del Pinus leiophylla de la Región de El Salto, Dgo.

CD (cm)	Número de árboles/ha (N)		Distancia de espaciamiento (D) (m)		Espacio de crecimiento (E) (m ²)	
	RAA	FCC	RAA	FCC	RAA	FCC
10	2135.3079	2037.4852	2.4419	2.4998	4.6832	4.9080
15	1322.3077	1121.9433	3.1030	3.3688	7.5625	8.9131
20	936.6358	709.0063	3.6870	4.2377	10.6765	14.1042
25	713.0082	488.2471	4.2258	5.1066	14.0251	20.4814
30	567.9153	356.5741	4.7349	5.9756	17.6083	28.0447
35	466.7218	271.7839	5.2231	6.8445	21.4260	36.7939
40	392.4890	213.9987	5.6956	7.7135	25.4784	46.7293
45	333.9605	172.8590	6.1562	8.5824	29.7654	57.8506

RAA = Relación Area-Arbol

FCC = Factor de Competencia de Copas.

Cuadro 23. Número de árboles por hectárea (N), distancia de espaciamiento (D) y espacio de crecimiento (E) para la RAA y el FCC del Pinus teocote de la Región de El Salto, Dgo.

CD (cm)	Número de árboles/ha (N)		Distancia de espaciamiento (D) (m)		Espacio de crecimiento (E) (m ²)	
	RAA	FCC	RAA	FCC	RAA	FCC
10	1978.7785	1984.8637	2.5366	2.5327	5.0536	5.0382
15	1256.7840	1148.4170	3.1829	3.3297	7.9568	8.7078
20	880.5561	747.6720	3.8026	4.1267	11.3565	13.3752
25	655.6279	525.2168	4.4068	4.9236	15.2526	19.0403
30	509.0328	389.0692	5.0013	5.7206	19.6451	25.7032
35	407.5961	299.6361	5.5891	6.5176	24.5341	33.3638
40	334.2298	237.9780	6.1721	7.3145	29.9195	42.0221

RAA = Relación Area-Arbol

FCC = Factor de Competencia de Copas.

Cuadro 24. Espacios de crecimiento (E) en m²/ha para la Relación Area-Arbol de tres especies de Pino en México.

Diámetro (cm)	P. patula (1)	P.hartwegii' (2)	P.montezumae (3)
10	1.4775	3.2658	1.3761
15	2.5419	5.7637	2.9878
20	3.8241	8.8417	5.2329
25	5.3220	12.5000	8.1169
30	7.0373	16.7224	11.6279
35	8.9767	21.5517	15.7729
40	11.2486	26.9542	20.5761
45	13.4953	32.8947	25.9740
50	16.0772	39.3701	32.0513
55	18.8679	46.5116	38.7597

(1) Becerra (1986)

(2) Zepeda y Villareal (1989)

(3) Balderas y Rodriguez (1989)

