



# Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

División de Agronomía  
Departamento Forestal

Aspectos Ecológicos y Basonómicos del Bosque de  
Pseudotsuga Pinus Abies en la Sierra La Marta,  
Arteaga, Coahuila

Tesis Profesional

Que como Requisito Parcial para Obtener  
el Título de:

Ingeniero Agrónomo  
con Especialidad Forestal

Presenta

Gladia Heriberto Cornejo Oviedo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 1987

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

División de Agronomía

Departamento Forestal

Aspectos Ecológicos y Dasonómicos del Bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila

TESIS:

Que como requisito parcial para obtener el  
título de:

INGENIERO AGRONOMO  
CON ESPECIALIDAD FORESTAL

Presenta:

ELADIO HERIBERTO CORNEJO OVIEDO

APROBADA

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

PRESIDENTE DEL JURADO

ING. EDUARDO ALDRETE MENCHACA

DEPARTAMENTO FORESTAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
COORDINADOR DE LA DIVISION  
DE AGRONOMIA

ING. MC. CESAR ESTRADA TORRES

Buenavista, Saltillo, Coahuila **División de Agronomía**  
Coordinación.

Noviembre de 1987

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

División de Agronomía

Departamento Forestal

Aspectos Ecológicos y Dasonómicos del Bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila.

TESIS:

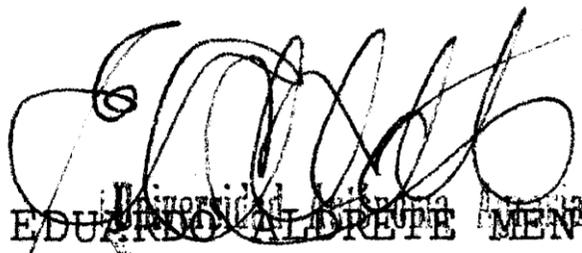
Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

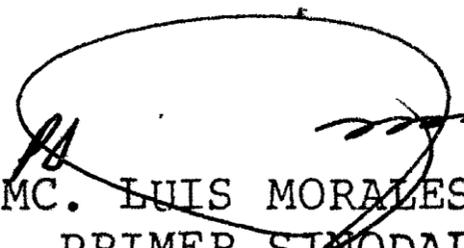
INGENIERO AGRONOMO  
CON ESPECIALIDAD FORESTAL

Presenta:

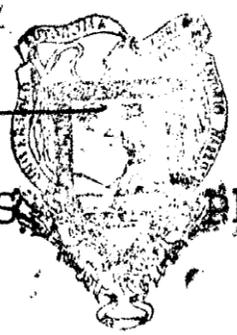
ELADIO HERIBERTO CORNEJO OVIEDO

APROBADA

  
ING. EDUARDO ALDRETE MENCHACA  
PRESIDENTE DEL JURADO

  
ING. MC. LUIS MORALES QUIÑONES  
PRIMER SINODAL

  
Ph.D. MIGUEL ANGEL CAPO ARTEAGA  
SEGUNDO SINODAL

  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila

Noviembre de 1987

Dedicatoria.

A mis padres:

Eladio Cornejo Lugo

Ma. Guadalupe Oviedo de Cornejo

A mis hermanos:

María Guadalupe, Francisco Roberto,

Rosa de Monserrat, Alejandro y

Flora María

Al pueblo de México.

## Agradecimientos.

La realización del presente trabajo fue posible gracias a las facilidades otorgadas por el Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".

De manera especial al Ing. Eduardo Aldrete Menchaca por su disponibilidad y esfuerzo en la asesoría del presente trabajo.

Al Ing. M.C. Luis Morales Quiñones y al Ph.D. Miguel Angel Capó Arteaga por sus comentarios y sugerencias sobre el contenido del trabajo.

A los Ingenieros Mario M. Candelario Rodríguez y Alejandro Zárate Lupercio, por su participación en lo relativo al diseño de muestreo y en la lectura y revisión del presente.

A la Biol. Felicitas Ibarra García del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática por la transferencia del plano forestal.

Al Biol. José A. Villarreal Q. por la identificación del material botánico.

A la Profa. Norma Carrillo Arredondo por la elaboración del perfil de vegetación.

A la Sra. Lourdes Villarreal Saucedo por la labor mecanográfica.

A las siguientes personas las cuales colaboraron en los trabajos de campo: Jorge A. Vargas Rodríguez, Miguel A. García Moncada, Fidel M. Peña Hernández, Rodolfo Hernández Rea, Mario Brindis Chávez, Alejandro Zúñiga Carranza, Rogelio Pando Legorreta, Victor Guzmán Orquiz, Ricardo Rodríguez Soto, Celestino Flores Luna, Mario Manzano Camarillo y Miguel Sosa Morales.

---

# Indice

	Página
1. Introducción . . . . .	1
2. Antecedentes . . . . .	3
2.1. Descripción del área de estudio . . . . .	3
2.2. Bosque de <i>Pseudotsuga-Pinus-Abies</i> . . . . .	6
2.3. Sucesión . . . . .	7
2.3.1. Competencia . . . . .	11
2.3.2. Tolerancia . . . . .	13
2.3.3. Fuego . . . . .	15
2.4. Diseño de muestreo . . . . .	20
2.4.1. Muestreo bietápico de igual tamaño de conglomerados y de igual submues- treo. . . . .	20
* 3. Materiales y Métodos . . . . .	22
3.1. Elaboración del plano forestal . . . . .	22
3.1.1. Fotografía aérea y cartografía utilizadas . . . . .	22
3.1.2. Recorridos de campo. . . . .	22
3.1.3. Fotointerpretación . . . . .	23
3.1.4. Restitución . . . . .	24
3.1.5. Medición de la superficie de los tipos de vegetación . . . . .	24
3.2. Diseño de muestreo . . . . .	25
3.2.1. Selección de las Unidades Prima- rias de Muestreo (U.P.M.) y ubi- cación de las Unidades Secunda- rias de Muestreo (U.S.M.) . . . . .	25
3.2.2. Localización y caracterización de las U.S.M. . . . .	25
3.2.3. Determinaciones de la forma y de la superficie de la U.S.M. . . . .	26
3.2.4. Delimitación de los círculos de U.S.M. . . . .	27

3.3. Medición de la vegetación . . . . .	28
3.3.1. Estrato arbóreo de coníferas . . . . .	28
3.3.2. Tocones de coníferas . . . . .	29
3.3.3. Estrato de renuevos de coníferas . . . . .	29
3.3.4. Estrato de latifoliadas . . . . .	30
3.4. Cálculos derivados de la medición de la vegetación . . . . .	30
4. Resultados y Discusión. . . . .	35
4.1. Vegetación de la Sierra La Marta . . . . .	35
4.2. Bosque de <i>Pseudotsuga-Pinus-Abies</i> . . . . .	37
4.2.1. Estrato arbóreo de coníferas . . . . .	37
4.2.1.1. Densidad . . . . .	38
4.2.1.2. Area basal . . . . .	45
4.2.1.3. Estructura . . . . .	51
4.2.1.4. La edad y sus relaciones con el diámetro normal y la altura . . . . .	60
4.2.1.5. Incremento corriente anual y sus relaciones con el diá- metro normal, la altura y la edad. . . . .	79
4.2.2. Tocones de coníferas . . . . .	87
4.2.2.1. Densidad . . . . .	87
4.2.2.2. Area basal . . . . .	94
4.2.3. Estrato de renuevos de coníferas . . . . .	106
4.2.3.1. Densidad . . . . .	106
4.2.3.1.1. Densidad y altu- ra por dosel . . . . .	115
4.2.4. Estrato de latifoliadas . . . . .	127
4.2.4.1. Densidad . . . . .	128
4.3. Discusión general . . . . .	135
5. Conclusiones . . . . .	141
6. Recomendaciones . . . . .	147

7. Resumen . . . . .	150
8. Bibliografía . . . . .	157
9. Apéndice . . . . .	162
9.1. Apéndice 1 . . . . .	163
9.2. Apéndice 2 . . . . .	168
9.3. Apéndice 3 . . . . .	184
9.4. Apéndice 4 . . . . .	192

## Índice de Cuadros

Cuadro		Página
1	Datos de las estaciones meteorológicas del área de estudio . . . . .	4
2	Valores de densidad del estrato arbóreo de coníferas . . . . .	39
3	Valores de densidad del estrato arbóreo de coníferas en los grupos de sitio ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia. . . . .	42
4	Valores de área basal del estrato arbóreo de coníferas. . . . .	46
5	Valores de densidad y área basal del estrato arbóreo de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia. . . . .	49
6	Valores del diámetro normal promedio del estrato arbóreo de coníferas. . . . .	52
7	Valores de diámetro normal promedio de las especies. . . . .	53
8	Valores de altura promedio del estrato arbóreo de coníferas . . . . .	55
9	Valores de altura promedio de las especies. . . . .	56
10	Valores promedio del diámetro normal	

( $\bar{d}_n$ ) y de la altura ( $\bar{a}$ ) del estrato arbóreo de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia. . . . . 59

11 Valores de edad del estrato arbóreo de coníferas. . . . . 64

12 Valores promedio de la edad ( $\bar{e}$ ) del estrato arbóreo de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia. . . . . 65

13 Ecuaciones de la relación edad-diámetro normal de las especies y sus valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ), del coeficiente de correlación simple ( $r$ ), de  $F$  calculada ( $F_c$ ) y de  $F$  tabulada ( $F_t$ ). . . . . 71

14 Ecuaciones de la relación edad-altura de las especies y sus valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ), del coeficiente de correlación simple ( $r$ ), de  $F$  calculada ( $F_c$ ) y de  $F$  tabulada ( $F_t$ ). . . . . 77

15 Valores del incremento corriente anual (I.C.A.) del estrato arbóreo de coníferas . . . . . 81

16 Valores promedio del incremento corriente anual ( $\bar{I.C.A.}$ ) del estrato arbóreo de coníferas en los grupos

	de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia. . . . .	82
17	Ecuaciones de la relación diámetro normal-ICA de <i>Piha</i> y <i>Piay</i> y ecuación de la relación edad-ICA de <i>Cuar</i> y sus valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ), del coeficiente de correlación simple ( $r$ ), de $F$ calculada ( $F_c$ ) y de $F$ tabulada ( $F_t$ ). . . . .	83
18	Ecuaciones de las regresiones múltiples de las especies y sus valores del coeficiente de determinación múltiple ( $R^2$ ) del coeficiente de correlación múltiple ( $R$ ), de $F$ calculada ( $F_c$ ) y de $F$ tabulada ( $F_t$ ). . . . .	88
19	Valores de densidad de los tocones de coníferas. . . . .	90
20	Sitios con los mayores valores de densidad de tocones de coníferas . . . . .	91
21	Sitios con los menores valores de densidad de tocones de coníferas. . . . .	91
22	Valores de densidad del estrato arbóreo de coníferas y de tocones de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia. . . . .	93
23	Ecuaciones de la relación diámetro a 0.30 m-diámetro normal de las es-	

	pecies y sus valores del coeficiente de determinación- ( $r^2$ ), del coeficiente de correlación simple ( $r$ ), de $F$ calculada ( $F_c$ ) y de $F$ tabulada ( $F_t$ ) . . . . .	100
24	Valores de área basal de los tocones de coníferas . . . . .	101
25	Sitios con los mayores valores de área basal de tocones de coníferas . . . . .	102
26	Sitios con los menores valores de área basal de tocones de coníferas . . . . .	102
27	Valores de densidad y área basal del estrato arbóreo de coníferas y de tocones de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia . . . . .	104
28	Valores de densidad del estrato de renuevos de coníferas . . . . .	107
29	Valores de densidad promedio del estrato arbóreo de coníferas y del estrato de renuevos de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia . . . . .	109
30	Valores de densidad promedio del estrato arbóreo de coníferas y densidad promedio y altura ponderada por dosel de la especie medianamente tolerante <i>Ps fl</i> en los conglomerados . . . . .	116
31	Valor de densidad promedio del estrato	

	arbóreo de coníferas y densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de la especie tolerante <i>Abve</i> en el conglomerado 1. . . . .	125
32	Valores de densidad del estrato de latifoliadas. . . . .	129
33	Valores de densidad promedio del estrato de latifoliadas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia . . . . .	132

## Índice de Figuras

Figura		Página
1	Plano forestal de la Sierra La Marta. . . . .	36
2	Logaritmo natural (ln) del promedio de densidad de las especies en los grupos de sitios . . . . .	45
3	Área basal promedio por individuo en los grupos de sitios. . . . .	50
4	Área basal promedio de las especies en los grupos de sitios . . . . .	50
5	Estructura por categorías diamétricas del estrato arbóreo de coníferas. . . . .	54
6	Estructura por categorías de altura del estrato arbóreo de coníferas . . . . .	57
7	Estructura por categorías diamétricas de los sitios con asociación de <i>Piha/Psfl</i> . . . . .	61
8	Estructura por categorías diamétricas de los sitios con asociación de <i>Psfl/Piha</i> . . . . .	61
9	Estructura por categorías diamétricas de los sitios puros de <i>Psfl</i> . . . . .	62
10	Estructura por categorías diamétricas del sitio con asociación <i>Psfl/Cuar/Abve</i> . . . . .	62

Figura		Página
11	Estructura por categorías diamétricas de los sitios con asociación <i>Abve/Ps fl/Cuar.</i> . . . . .	63
12	Relación edad-diámetro de <i>Abies vejarii</i> Var. <i>macrocarpa</i> . . . . .	66
13	Relación edad- diámetro de <i>Cupresus arizonica</i> . . . . .	67
14	Relación edad-diámetro de <i>Pseudotsuga flahaultii</i> . . . . .	68
15	Relación edad- diámetro de <i>Pinus ayacahuite</i> Var. <i>brachyptera</i> . . . . .	69
16	Relación edad-diámetro de <i>Pinus hartwegii</i> . . . . .	70
17	Relación edad-altura de <i>Abies vejarii</i> Var. <i>macrocarpa</i> . . . . .	72
18	Relación edad-altura de <i>Cupresus arizonica</i> . . . . .	73
19	Relación edad-altura de <i>Pseudotsuga flahaultii</i> . . . . .	74
20	Relación edad-altura de <i>Pinus hartwegii</i> . . . . .	75
21	Relación edad- altura de <i>Pinus ayacahuite</i> Var. <i>brachyptera</i> . . . . .	76
22	Crecimiento en diámetro normal de las especies . . . . .	78
23	Crecimiento en altura de las especies . . . . .	80
24	Relación diámetro normal-ICA de <i>Pinus hartwegii</i> . . . . .	84

25	Relación diámetro normal-ICA de <i>Pinus hartwegii</i> . . . . .	85
26	Relación edad-ICA DE <i>Cupressus arizonica</i> . . . . .	86
27	Logaritmo natural (ln) del promedio de densidad de tocones en los grupos de sitio . . . . .	94
28	Relación diámetro de 0.30 m-diámetro normal de <i>Pseudotsuga flahaulti</i> . . . . .	95
29	Relación diámetro a 0.30 m-diámetro normal de <i>Pinus hartwegii</i> . . . . .	96
30	Relación diámetro a 0.30 m-diámetro normal de <i>Cupressus arizonica</i> . . . . .	97
31	Relación diámetro a 0.30 m-diámetro normal de <i>Abies vejarii</i> Var. <i>macrocarpa</i> . . . . .	98
32	Relación diámetro a 0.30 m-diámetro normal de <i>Pinus ayacahuite</i> Var. <i>brachyptera</i> . . . . .	99
33	Area basal promedio de tocones de coníferas en los grupos de sitios . . . . .	105
34	Logaritmo natural (ln) de la densidad promedio de las especies de los estratos arbóreo y de renuevos de coníferas en los grupos de sitios. . . . .	113

35	Densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de <i>Ps fl</i> en el conglomerado 13. . . . .	117
36	Densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos <i>Ps fl</i> en el conglomerado 12. . . . .	118
37	Densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de <i>Ps fl</i> en el conglomerado 10 . . . . .	121
38	Densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de <i>Ps fl</i> en el conglomerado 1. . . . .	123
39	Densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de <i>Abve</i> en el conglomerado 1. . . . .	126
40	Densidad promedio del estrato de latifoliadas en los grupos de sitios . . . . .	134
41	Densidad promedio de los estratos arbóreo (-) y renuevos (-·-) de conífera, y del estrato de latifoliadas (---) en los grupos de sitios . . . . .	136
42	Pérfil de vegetación del bosque de <i>Pseudotsuga-Pinus-Abies</i> con orientación N-S a los 100°25'33" Longitud W. . . . .	138

## 1. Introducción.

La participación del subsector forestal representó en 1979 el 1.6% del Producto Interno Bruto; dando ocupación en 1980 a 220,500 trabajadores, 35% de los cuales participaron en actividades forestales maderables y el resto en actividades forestales no-maderables, en aspectos técnico-administrativos y de comercio y transporte (SFF, 1981).

La superficie arbolada del país es de 44'212,450 has, de las cuales 29'252,417 has corresponden al bosque de clima templado; de las que a su vez 502,000 has se ubican en Coahuila y 666,000 has en Nuevo León (SFF, 1981). Pese a representar a nivel nacional una superficie relativamente baja, el recurso es de importancia regional, sobre todo en los municipios enclavados en la Sierra Madre Oriental y sus estribaciones. Además, considerando aspectos ecológicos y silvícolas, algunas de las masas representadas en el área -como los bosques de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*- son marcadamente distintos de los bosques más extendidos en México y alcanzan una amplia distribución en la región.

En la Sierra La Marta, localizada en Arteaga, Coah., se ubica extensamente la comunidad arbórea citada, en su área de distribución se ha favorecido el establecimiento de arbustivas y subarbóreas hojosas y de comunidades arbóreas en distintos estadios sucesionales, como resultado de las actividades humanas y los frecuentes incendios.

Rzedowski (1978) cita que son escasos los estudios en México sobre dinámica de la vegetación, sobre comunidades secundarias, así como los realizados con métodos cuantitativos. Las comunidades objetos del presente estudio sólo han sido descritas cualitativamente y no han sido abordadas con los enfoques señalados por ese autor.

El presente estudio tiene como objetivos:

- a). Registrar los principales atributos de los estratos arbóreo, de latifoliadas y de renuevos del bosque.
- b). Analizar la estructura, el crecimiento y la dinámica del bosque; y finalmente,
- c). Relacionar esta información con la variación ambiental asociada con el gradiente altitudinal.

## 2. Antecedentes.

### 2.1. Descripción del área de estudio.

El área de estudio se ubica en la Sierra Madre Oriental, en la porción SE del estado de Coahuila, en el municipio de Arteaga, específicamente en la sierra denominada La Marta. La región está limitada por los paralelos  $25^{\circ}09'$  y  $25^{\circ}16'$  de Latitud Norte y los meridianos  $100^{\circ}20'$  y  $100^{\circ}35'$  de Longitud Oeste.

La sierra presenta una orientación general WNW-ESE; la altitud máxima de la sierra es de 3,600 y la mínima de 2,300 msnm (CETENAL, 1975).

El área queda comprendida dentro de la cuenca hidrológica de El Salado, en la subcuenca Laguna Jazminal y Potosí (SARH, 1976). Los escurrimientos superficiales debido a la presencia de un parteaguas, fluyen hacia el ESE, para formar parte del arroyo La Boquilla; por otro lado, los que se dirigen hacia WNW, no forman cauce importante, perdiéndose en áreas con menor altitud (DETENAL, 1979).

La geología superficial de la sierra la constituyen rocas de origen sedimentario, siendo las calizas las de mayor importancia y distribución; en menor proporción se encuentran las lutitas, areniscas, brechas sedimentarias y conglomerados (DETENAL, 1977). Los suelos predominantes en ella son Litosoles y Rendzinas, encontrándose en menor proporción los Regosoles y Feozems; siendo todos en general de texturas medias (CETENAL, 1977).

El análisis del clima regional se basa en la información de seis estaciones meteorológicas próximas al área de estudio, (Cuadro 1); dos estaciones, la de Ciénega del Toro y San Rafael no cuentan con registros de temperatura, de las cua

Cuadro 1. Datos meteorológicos de las estaciones cercanas al área de estudio.

Localidad y Altitud	Años de Observ.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	Media Anual	Fórmula climática Köppen modificada por García (1973)
COAHUILA															
Arteaga*	T 5	18.5	20.6	21.4	25.3	26.9	27.6	25.2	26.5	25.4	25.3	21.4	19.6	23.6	BW (h')w(e)
27°-100°51' 1,680	P 18	4.1	13.1	6.4	16.9	25.1	37.3	48.4	50.1	61.4	37.7	12.3	6.5	319.3	
Antonio de Alazanas	T 15	9.0	9.8	12.0	14.2	16.1	16.1	15.5	15.3	15.1	13.7	12.3	10.7	13.3	Cx' b (e) g
16°-100°35' 2,160	P 21	21.4	19.4	10.4	21.1	47.5	66.0	79.9	72.8	66.9	45.6	25.9	21.7	498.1	
NUEVO LEON															
San Blas	T 17	14.2	18.3	18.6	22.6	25.8	26.7	26.8	26.5	23.5	21.0	17.6	14.0	21.3	BS <sub>1</sub> hx' (e)
13°-100°17' 1,260	P 19	11.1	17.3	11.1	21.4	56.1	87.1	53.9	76.3	101.1	55.7	17.6	15.0	523.8	
San Juan de los Rios	T 18	11.7	11.9	13.9	15.6	16.9	16.9	16.7	16.3	15.2	14.1	13.1	11.7	14.5	C (W <sub>1</sub> "') b (i') g
21°-100°17' 1,880	P 35	15.8	16.6	11.6	28.2	48.5	91.4	65.1	111.2	146.8	69.8	14.9	13.8	633.7	
San Miguel de los Cueros	T 17	14.2	18.3	18.6	22.6	25.8	26.7	26.8	26.5	23.5	21.0	17.6	14.0	21.3	BS <sub>1</sub> hx' (e)
05°-100°20' 2,140	P	19.9	11.7	15.3	25.9	70.5	58.9	41.1	69.6	75.4	44.8	14.6	27.7	425.4	
Rafael Ángel	T 17	14.2	18.3	18.6	22.6	25.8	26.7	26.8	26.5	23.5	21.0	17.6	14.0	21.3	BS <sub>1</sub> hx' (e)
02°-100°33' 1,885	P	20.1	28.5	12.4	25.9	41.5	48.4	59.0	56.2	59.8	39.0	20.5	22.6	434.1	

fuente: Carta de Climas, Monterrey, escala 1:1'000,000. DGGTENAL 1980  
 Carta de Precipitación, Monterrey, escala 1:1'000,000. DGGTENAL 1980  
 Carta Topográfica, Allende G14C36, escala 1:50,000 CETENAL, 1975  
 Carta Topográfica, Arteaga G14C30, escala 1:50,000 CETENAL, 1975  
 \*Tomados de E. García (1973)

tro restantes las de Arteaga y San Antonio de las Alazanas, se ubican en la vertiente de sotavento de la Sierra Madre Oriental, mientras que las de Casillas y Laguna de Sánchez, ocurren en la de barlovento. La anterior diferencia corresponde con los climas más secos (BW y Cx') y menor precipitación media anual (319.3 y 498.1 mm) de las primeras, mientras las segundas presentan climas más húmedos (BS<sub>1</sub> y C(w<sub>1</sub>")) y mayor precipitación media anual (523.8 y 633.7 mm).

En general, el régimen de lluvias es de verano, iniciándose esta temporada en mayo y terminando en octubre; septiembre es el mes con mayor precipitación, siguiéndole en forma descendente agosto, julio y junio; en estos meses ocurre del 50.07 al 57.34% de la precipitación media anual. En ambas vertientes, un incremento altitudinal (de 1680 a 2160 msnm), corresponde con una mayor precipitación media anual (319.3 y 498.1 mm); de idéntica manera se comporta el clima para la vertiente de barlovento.

En relación con la temperatura, se observa que el mes más caliente es junio (21.8°C) siguiéndole en forma decreciente mayo y julio; en tanto, el mes más frío es enero (13.3°C) seguido por diciembre y febrero. Conviene señalar el que las estaciones meteorológicas estudiadas se presentan en altitudes menores de la sierra por estudiar, por lo cual se considera que en ésta habrá una mayor precipitación y temperaturas más bajas.

Referente a la vegetación, en la exposición NNE de la sierra y aproximadamente de los 2,500 a los 3,600 msnm, ocurre un bosque constituido por tres estratos; el arbóreo lo componen: *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus hartwegii*, *Abies vejarii*, *Pinus ayacahuite* y *Picea mexicana*; el arbustivo lo integran: *Quercus pungens*, *Q. emoryi*, *Q. hypoxantha*, *Arbustus xalapensis*, *Cercocarpus mojadensis*, *Yucca carnerosana*, *Gymnosperma glutinosum* y *Dasyli-rion sp*; finalmente, el estrato herbáceo lo constituyen: *Bromus sp*, *Vulpia octaflora*, *Geranium mexicanum* e *Hibiscus cardiophyllus*. En la sierra el bosque se observa perturbado (CETENAL,

1977).

En la exposición SSW de la sierra y aproximadamente de los 2,400 a los 2,700 msnm, existe un bosque formado por tres estratos; el arbóreo lo constituye: *Pinus cembroides*, el arbustivo lo forman: *Yucca carnerosana*, *Juniperus monosperma*, *Mimosa emoryana*, *Agave lecheguilla*, *Sophora secundiflora*, *Quercus sp.*, *Agave sp.* y *Opuntia sp.*; el herbáceo lo componen: *Bouteloua curtipendula*, *Gymnosperma glutinosum*, *Enneapogon sp.* y *Stevia berlandieri* (CETENAL, 1977).

## 2.2. Bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*.

Rzedowski (1978) al revisar bibliográficamente la distribución geográfica del bosque de *Pseudotsuga spp.*, lo ubica a lo largo de la Sierra Madre Occidental, desde Sonora y Chihuahua hasta Zacatecas; en las localidades montañosas de Coahuila y Nuevo León, en la parte más alta de la Sierra de Pachuca, Hgo. y en el centro del estado de Puebla; asimismo lo localiza a altitudes entre 2,000 y 3,200 msnm. Preferentemente ocupa lugares sombreados, con bastante humedad, en laderas, cañadas, barrancas, valles o a lo largo de corrientes de agua, en sitios muy protegidos; constituye masas puras o asociadas con pinares o bien masas mixtas con *Pinus-Abies* (Rzedowski, Vela y Madrigal, 1977; Rzedowski, 1978).

Valdez T. (1981) en su estudio sobre la vegetación del municipio de Santiago, N.L., describe el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* localizado en las sierras Potrero de Abrego y Rancho Nuevo; señala que se ubica entre los 2,500 y 3,470 msnm, sobre rocas sedimentarias y en condiciones de clima Cw, con temperatura media anual entre 5 y 10°C. Reconoce cuatro estratos en el bosque, el superior que va de los 18 a los 25 m, el medio inferior de 4 m, el inferior de 0.30 m y el rasante.

El estrato superior está compuesto por: *Abies sp.*, *Abies*

*vejarii*, *Arbutus Xalapensis*, *Cupressus arizonica*, *Picea engelmannii* Var. *mexicana*, *Pinus ayacahuite* Var. *brachyptera*, *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus*, Var. *estevezi*, *Populus tremuloides*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pseudotsuga macrolepis*; el medio inferior constituido por: *Abies* spp, *Ceanothus fendleri*, *Ceanothus gregii*, *Crataegus greggiana*, *Garrya lauriflora*, *Garrya ovata*, *Juniperus flaccida*, *Juniperus monosperma*, *Populus tremuloides*, *Prunus* sp, *Pseudotsuga* spp, *Quercus affinis*, *Quercus crassifolia*, *Quercus greggii*, *Quercus hypoxantha* y *Quercus sideroxyla*; el inferior integrado por: *Achillea millefolium*, *Amoreuxia wrightii*, *Castilleja aff sessiliflora*, *Chimaphila maculata*, *Chimaphila umbellata*, *Eriogonum hemipterum*, *Geranium* sp, *Heterotheca* sp, *Lonicera albiflora*, *Muhlenbergia virescens*, *Portulaca* sp, *Rosa woodsii*, *Symphoricarpus microphyllus*, *Senecio bifelovii* y *Trisetum canescens*; y el rasante formado por: *Hypnum cupressiforme* Var. *lacunosum*, *Hypnum cupressiforme*, *Entodon erythropus*, *Dicranum scoparium*, *Cladonia* sp. y *Parmelia* sp. Además, el autor menciona que dentro del área de distribución del bosque ocurre un chaparral secundario de encinos, el cual tiende a dominar al bosque, esto al parecer como resultado del permanente disturbio (tala, fuego, etc.) en el área.

### 2.3. Sucesión.

La sucesión ecológica se define como una serie de etapas ordenadas de desarrollo de la comunidad, la cual interactúa con el medio físico y en ausencia de disturbio puede ser predecible, finalizando en una comunidad estable (Odum, 1972).

La sucesión vegetal se considera como la sustitución de una comunidad vegetal de una área, por otra de naturaleza diferente; dicho reemplazo puede ser lento o rápido, lento por la presencia de varias fases, sobreviviendo algunas especies y rápido, como producto de agentes perturbadores (incendio, tala inmoderada, etc.) (Rzedowski, 1978; Spurr y Barnes, 1982; Daniel, Helms y Baker, 1982; Hocker Jr., 1984).

Dentro del desarrollo de la sucesión vegetal existen dos tipos de cambios, los sucesionales y los cíclicos. Los primeros ocurren cuando se presenta una alteración progresiva en la estructura y composición de las especies, los cíclicos, cuando tipos semejantes de vegetación se repiten en el mismo sitio en diferentes períodos de tiempo (Grime, 1982).

En relación con los cambios sucesionales, se distinguen dos tipos: uno de ellos, la sucesión primaria o autogénica, consiste en la colonización de una superficie o habitat nuevo que principalmente se encuentra carente de sustrato y vegetación (duna de arena, lava volcánica, etc), el otro, la sucesión secundaria o alogénica, la cual es una etapa del proceso de colonización o recuperación del estado original de un sitio perturbado (Odum, 1972; Grime, 1982; Spurr y Barnes, 1982; Daniel, Helms y Baker, 1982; Hocker Jr., 1984).

Con respecto a la sucesión secundaria, esta se caracteriza en su inicio con el establecimiento de especies pioneras intolerantes en áreas perturbadas, en donde los gradientes de temperatura son elevados, permitiendo altas tasas de respiración y niveles bajos de humedad en el suelo, por esto las especies intolerantes se caracterizan por tener un crecimiento rápido y ser de vida corta, encontrándose genética y fisiológicamente adaptados a este microclima. Conforme se desarrolla el bosque dominado por especies intolerantes, debajo de su dosel podrán germinar, arraigarse y establecerse especies que sobreviven con bajos grados de intensidad solar, soportando la sombra producida por el estrato superior, así como, la competencia radicular, por tanto, estas especies tienen bajas tasas de respiración y son de lento crecimiento, en tales circunstancias se reconocen a las especies medianamente tolerantes; de la misma manera, bajo el dosel de estas especies medianamente tolerantes, se establecerán especies que sobreviven un sombreado y una competencia radicular más severas que las anteriores, reconociéndose aquí a las especies tolerantes

(Spurr y Cline, 1962; Spurr y Barnes, 1982). Sin embargo, bajo ciertas condiciones, las especies intolerantes se mantienen esencialmente y no son reemplazadas por especies más tolerantes. En relación con la sucesión, en general, conviene mencionar que no necesariamente comienza con la primera etapa, para luego continuar en una dirección única, las etapas no se presentan una tras de la otra sino, que existe una sobreposición considerable y la duración de cada una de ellas no es de manera permanente de tal forma que dependerá de la dinámica propia del sitio (Spurr y Barnes, 1982).

Kessell y Fischer (1981) al estudiar la sucesión vegetal en bosques de coníferas y su respuesta al fuego, reconocen básicamente cinco etapas en que se da la sucesión en ausencia de un incendio de fuerte intensidad; la primera etapa, está conformada por plantas herbáceas y arbustivas intolerantes, posteriormente se presentan las diferentes etapas de crecimiento de las coníferas, desde plántulas y renuevos hasta la de árboles maduros, para finalizar en la etapa climax de la comunidad. Los mismos autores citan, que con el conocimiento de estas etapas de la sucesión vegetal, es posible predecir los cambios ocurridos en la misma al presentarse un incendio de fuerte o baja intensidad; que en caso de ser de fuerte intensidad, se provocaría una regresión a la primera etapa y al ser de baja intensidad permanecerá la etapa en la que ocurre el incendio.

Stickney (1986) estudió la sucesión secundaria a lo largo de los diez primeros años de haber ocurrido un incendio de fuerte intensidad en un bosque compuesto por *Tsuga heterophylla*/*Pachistima myrsinites* localizado al norte de Idaho, E.U.A. El autor cita que después del incendio la primera etapa que se establece está conformada por plantas herbáceas, la cual tuvo

una duración de cuatro años, siendo reemplazada por una etapa compuesta por plantas arbustivas, además, menciona que en esta primera década de la sucesión secundaria, aún no se establecen especies arbóreas.

Analizando la estructura en diámetro y por edad, así como, la tolerancia de las especies componentes del bosque es posible entender el proceso sucesional del mismo; algunos autores (Day, 1972; Leak, 1975; Knowles y Grant, 1983) se han fundamentado en esto para describir las etapas sucesionales de diferentes comunidades forestales.

Day (1972) reconoció cuatro fases sucesionales después de haber ocurrido un incendio, hace aproximadamente 200 años o más, en un bosque compuesto por *Pinus contorta* Var. *latifolia*, *Picea engelmannii*, *Picea glauca* y *Abies lasiocarpa*, localizado al sur de Alberta, Canadá. El autor menciona que las fases se desarrollan con una sobreposición de especies; la primera fase se presenta a los 55 años de haber ocurrido el incendio, en esta fase el dosel del bosque se encuentra dominado por *Pinus*, el cual no tiene regeneración en el sotobosque, debido a que la especie es dependiente del fuego, ya que posee conos serotinos, además de existir una competencia intraespecífica debilitando los individuos de la especie, en esta fase *Picea* y *Abies* comienzan a establecerse en el sotobosque.- A lo largo de la segunda y la tercera fase, 155 y 255 años después del incendio respectivamente, la mayoría de los individuos de *Picea* van reemplazando en el dosel a los de *Pinus*, mientras que el sotobosque está compuesto por *Abies* y *Picea*, en donde la regeneración de estas especies casi se encuentra en la misma proporción, ya que *Abies* parece estar mejor adaptada a bajas intensidades de luz y altos niveles de competencia radicular que *Picea*, la cual tiene mayor mortalidad. En la última fase, 355 años después del incendio, *Pinus* está completamente eliminado, el dosel está dominado por *Abies*, la cual se encuentra en competencia con *Picea*.

Algunos bosques con especies dependientes del fuego han

permanecido a lo largo del tiempo, debido a la frecuencia de los incendios, de tal forma que la sucesión se mantiene en alguna etapa de su desarrollo. Cooper (1961) y Spurr y Barnes (1982) mencionan que en el norte de las Montañas Rocallosas en los E.U. A. los bosques han sido afectados seriamente por los incendios, favoreciendo la permanencia de especies intolerantes y semitolerantes como climax de incendio en sus áreas de distribución; esto es, que los incendios en estas áreas, mantienen a *Pinus ponderosa* eliminando a *Pseudotsuga menziesii* y *Abies grandis*, las cuales se comportan como especies invasoras, mientras que a mayor altitud, pasando la distribución de *Picea engelmannii*, los incendios favorecen a *Pseudotsuga menziesii*, ya que son eliminadas especies competidoras más tolerantes, como *Abies lasiocarpa*.

En el área de distribución del bosque de *Pseudotsuga* en el estado de Chihuahua, México, el bosque se encuentra en la etapa subclimax del proceso sucesional del bosque de *Pinus arizonica* (Le Sueur, 1945).

En cambio, el bosque de *Abies religiosa* presente en el Eje Neovolcánico y con afinidad ecológica con el de *Pseudotsuga*, se considera como una comunidad climax, donde el proceso sucesional se inicia sobre substrato rocoso con líquenes, musgos, helechos y fanerógamas, para continuar con un zacatonal formado por herbáceas perennes y gramíneas (*Potentilla*, *Acaena*, *Stipa* y *Muhlenbergia*), prosiguiendo con un matorral compuesto por *Juniperus*, *Senecio* y *Baccharis*, continuando después con un bosque subclimax integrado por *Pinus*, *Cupressus*, *Quercus* y *Arctostaphylos*, para llegar finalmente al bosque climax (Rzedowski, Vela y Madrigal, 1977; Rzedowski, 1978).

### 2.3.1. Competencia.

La competencia se define como la interacción entre plantas vecinas por recursos vitales, como luz, nutrientes minera-

les, agua o espacio (Odum, 1972; Grime, 1982; Spurr y Barnes, 1982; Hocker Jr., 1984).

Daniel, Helms y Baker (1982) mencionan algunas características que debe de tener una especie competitiva exitosa, estas son: a) contar con una buena fuente de semilla; b) ambiente apropiado para el desarrollo de la semilla; c) buenas condiciones de crecimiento y d) baja susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades.

Durante las primeras etapas del proceso de colonización por la vegetación de un habitat fértil perturbado, ocurren interacciones competitivas entre los brotes de las plantas que intentan establecerse, en este momento la competencia se da por debajo de la superficie del suelo y conforme la vegetación se desarrolle y el dosel se cierre, la competencia se dará por arriba de la superficie del suelo. En contraste con lo anterior, en habitats donde hay un afloramiento de material madre, con suelos poco profundos o donde ocurre un continuo y severo daño a la vegetación, el dosel permanece ralo y las interacciones se confinan principalmente al ambiente que rodea a las raíces (Grime, 1982).

Se reconocen dos tipos de competencia entre las especies, la interespecífica y la intraespecífica. La intraespecífica, ocurre cuando plantas contiguas de la misma especie compiten por los mismos recursos vitales, y la interespecífica, se presenta cuando plantas de diferente especie ocupan posiciones adyacentes en un sitio compitiendo por algún recurso (Hocker Jr. 1984).

Lagunes T. (1969) al evaluar la regeneración natural, diez años después de hacerse una corta en un bosque constituido por *Pinus durangensis*, *Pinus arizonica*, *Pinus engelmannii*, *Pinus leiophylla* y *Pinus ayacahuite* en Guanacevi, Dgo. sostiene que la regeneración a la edad de cuatro años y en los sitios con mayor densidad, 14 ind/m<sup>2</sup>, presenta una fuerte competencia por luz; y al crecer la regeneración esta competencia disminuye, pero se manifiesta la com-

petencia por nutrientes minerales, la cual se incrementa durante el desarrollo de la regeneración.

En relación con otros estudios sobre competencia entre las especies se encuentran los realizados por Chacon S. (1983) y Negreros C. (1984), dichos autores evalúan la regeneración natural de pino en los estados de Chihuahua y Oaxaca, respectivamente. El primero de estos autores, hizo la evaluación en un bosque de *Pinus arizonica* tratado con el método de árboles padres, localizado en el municipio de Madera, Chih., este autor menciona que la regeneración se vio condicionada al presentarse entre ella y el estrato herbáceo la competencia por luz, debido al rápido incremento de la densidad de las herbáceas al invadir y arraigarse en los espacios abiertos dejados por las cortas hechas durante el tratamiento. En el caso del segundo autor, la estimación la hizo en un bosque de pino-encino, conformado por *Pinus patula*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus rudis*, *Quercus laurina*, *Quercus rugosa* y *Quercus crassifolia*, tratado con diferentes intensidades de corta, cita que la regeneración se estableció sin problemas en los sitios talados totalmente y que en éstos se encontró la mayor proporción de individuos que en los sitios tratados por el método de selección, en donde ocurrió, entre la regeneración natural de pino y los encinos, la competencia por espacio y por luz, esto como consecuencia de haber dirigido sólo las cortas hacia el pino.

De igual forma Sánchez C. (1984) en su estudio sobre *Picea chihuahuana* en los estados de Durango y Chihuahua, cita que uno de los principales problemas que tiene esta especie para su regeneración natural es la competencia con las demás coníferas presentes en su hábitat. El autor menciona a la densidad de renuevos por especie como un estimador de la competencia, por lo anterior, señala que con el tiempo *Picea chihuahuana* podría ser desplazada por *Abies durangensis* y *Pinus ayacahuite* Var. *brachyptera*, debido a que estas especies se presentan con mayor densidad.

#### 2.2.2. Tolerancia.

La tolerancia expresa la relativa capacidad genética y fisiológica de una especie para desarrollarse bajo condiciones

de escasa iluminación y elevada competencia radicular (Spurr y Barnes, 1982; Daniel, Helms y Baker, 1982).

De manera general, las especies pueden clasificarse de acuerdo con su tolerancia, en intolerantes y tolerantes; siendo las intolerantes aquellas especies con una gran capacidad para colonizar y extenderse rápidamente en sitios perturbados o xéricos, a través de una temprana producción y amplia dispersión de semillas y un crecimiento acelerado, en tanto que las tolerantes son especies que se reproducen, sobreviven y prosperan en sitios muy húmedos, protegidos, fértiles, con mantillo no perturbado de formación bastante antigua o bajo un dosel, reemplazan a los intolerantes formando doseles por debajo de estas e incluso por abajo de su propio dosel. Existen otras especies que se clasifican como intermedias o medianamente tolerantes a la sombra, estas especies caracterizan las etapas medias entre las intolerantes y las tolerantes, aquí se clasifica *Pseudotsuga menziesii* (Spurr y Barnes, 1982; Daniel, Helms y Baker, (1982).

En los bosques del noroeste de los E.U.A. *Pseudotsuga menziesii* alcanza su mayor distribución, los sitios puros de la especie, se cambian gradualmente a comunidades dominadas por *Thuja plicata* o por *Tsuga heterophylla*, los cuales se caracterizan por ser especies tolerantes y muy tolerantes, respectivamente (Spurr y Barnes, 1982).

Algunos factores del medio ambiente condicionan la tolerancia, pues cualquier especie tendrá una mayor tolerancia en sitios con dosel denso y suelos húmedos y ricos (Spurr y Barnes, 1982; Daniel, Helms y Baker, 1982). La latitud es otro factor relacionado con la tolerancia, debido a que a mayor latitud las especies necesitan mayor cantidad de luz solar, dado que los rayos solares no llegan de una manera directa; otro factor, es la edad de las especies tolerantes, ya que en la medida en que la edad es mayor las especies pierden esta capacidad (Daniel, Helms y Baker, 1982).

Spurr y Barnes (1982) y Daniel, Helms y Baker (1982), mencionan una serie de criterios para estimar la tolerancia de las especies: a) las condiciones de reproducción bajo diferentes grados de dosel y de competencia, es el más confiable y el más usado, pero es insuficiente al tratar de comparar la tolerancia de dos especies no asociadas, b) la densidad de la copa, las especies tolerantes tienen copas densas y las especies intolerantes copas abiertas, c) el crecimiento juvenil en altura, es lento en las especies tolerantes y rápido en las intolerantes, d) la poda natural, es lenta en especies tolerantes y rápida en las intolerantes, e) la respuesta a la liberación, las especies tolerantes inician con un crecimiento rápido e inmediato, en las intolerantes su respuesta comúnmente es débil, f) la densidad del sitio, es mayor con especies tolerantes y menor con intolerantes, g) la forma de tronco, en las especies tolerantes es cónica y en las intolerantes es cilíndrica.

A manera de resumen, se considera que la tolerancia no es constante para cada especie, pues varía con las diferencias genéticas de los individuos, con los diferentes climas regionales, con las variaciones locales del sitio, con el tipo de asociación vegetal y especialmente con la edad (Spurr y Barnes, 1982).

### 2.3.3. Fuego.

Desde antes del presente siglo el fuego ha jugado un papel trascendental en la mayoría de los bosques del mundo, puesto que no se intentaban apagar los incendios que ocurrían, los cuales eran causados por el hombre o por relámpagos, y de que su uso deliberado o intencionado para despejar la maleza, mejorar las pasturas y combatir los insectos, resultara como consecuencia la presencia de muchas de las sabanas dentro de la zona de bosques tropicales, de la pradera en los bosques de las montañas de E.U.A. y en general, de la persistencia de los pastos sobre sitios de tierras altas en las regiones forestales; la dominancia de los bosques de pino-encino, sobre casi

todas las especies y en casi todas las regiones del mundo, se debe predominantemente al fuego, por lo que, para un bosque ya establecido en su crecimiento, el fuego es claramente una perturbación que interrumpe y altera drásticamente el desarrollo del mismo, mientras que para comunidades y especies dependientes del fuego, este es un factor natural a cuyos efectos se han adaptado desde hace tiempo (Spurr y Barnes, 1982).

Se considera un incendio forestal todo fuego no controlado, resultante de la combustión de las diferentes formas de materia orgánica presentes en suelos cubiertos con vegetación forestal (Gutiérrez, 1977; Aguirre, 1981; Padilla, 1981).

Con base en el orden de frecuencia, las causas de los incendios forestales son las siguientes: a) para hacer agricultura a través de la roza-tumba-quema, b) grandes y pequeños ganaderos aplican fuego, con el fin de mejorar los pastos adyacentes a los bosques, c) personas ajenas o no a la actividad forestal olvidan extinguir sus fogatas, d) por problemas de tenencia de la tierra, e) por descuido de los fumadores al no apagar completamente sus cerillos, f) por alguna falla en las líneas viales, de alta tensión y tuberías (de gas o petróleo) que cruzan el bosque, g) por chispas que liberan las chimeneas industriales ubicadas en el interior del bosque y h) por descargas eléctricas producidas por tormentas (Saw y Clarke, 1968; Verduzco, 1976; Gutiérrez 1977).

Se reconocen tres tipos de incendios forestales, los subterráneos, los superficiales y los de copa; los subterráneos son los que se originan en el subsuelo debido a la presencia de una gruesa capa de materia orgánica acumulada, parcialmente descompuesta, relativamente comprimida y de muy fina estructura, la cual puede encenderse y quemarse durante períodos largos, aún cuando el material está húmedo, debido a que la parte anterior de la oxidación activa, avanza tan lentamente que el calor de ésta seca a un ritmo igual que los restos adyacentes no que-

mados, manteniendo así una zona de combustible, ocasionando la muerte de las raíces de toda la vegetación comprendida en el área quemada y transformando al suelo en estéril. En los superficiales el fuego barre la superficie del suelo quemando y descomponiendo al sotobosque, dañando al renuevo y sólo abrasando las bases de individuos maduros, pero dejando disponibles nutrientes minerales para las plantas sobrevivientes. En los de copa, el fuego se puede propagar al pasar de la copa de un árbol a otro, según la dirección y la velocidad del viento, destruyendo a menudo la totalidad de la vegetación (Verduzco, 1976; Padilla, 1981; Aguirre, 1981; Daubenmire, 1982).

Caballero D. (1986) al resumir la información proporcionada por el Inventario Nacional Forestal sobre los agentes perturbadores del bosque en cinco estados del país, hasta entonces inventariados, concluye que en el 42.5% de los sitios muestreados (de 5,867 sitios) en el estado de Nayarit, se observaron árboles dañados por fuego, en los demás estados fue de 40.5% (de 1,058 sitios) en Baja California Norte, el 39% (de 36,541 sitios) en Durango, el 33.5% (de 38,233 sitios) en Chihuahua y el 21% (de 2,426 sitios) en Sonora. Por lo anterior, señala que los incendios ocupan el primer lugar de los agentes perturbadores del bosque en México.

Rzedowski, Vela y Madrigal (1977) mencionan que los daños de los incendios dependen de las siguientes condiciones: a) de las especie(s) de pino presentes en el sitio, b) de la edad del arbolado, c) de la época del año en que se produce, d) de la naturaleza del suelo y e) de la intensidad del fuego.

De manera general, los daños producidos por los incendios en el bosque son: a) quemado parcial o total del arbolado comercial, igualmente los que se encuentran en las diferentes etapas de crecimiento, incluyendo los renuevos, b) cambios en la composición, c) por plagas y enfermedades, d) a la fauna silvestre, e) a los valores estéticos, f) a la capacidad forra-

jera y g) a la infraestructura instalada en su interior (Saw y Clarke, 1968; Verduzco, 1976). Asimismo, con la pérdida de la cubierta vegetal por la acción del fuego, el suelo queda al descubierto alterándose sus propiedades físicas, perdiendo la capacidad de transformar el material vegetativo en humus, además, ocasionando serios trastornos en el ciclo hidrológico que se traduce en la peligrosa disminución de las reservas de agua subterránea propiciando fuertes escurrimientos superficiales, los cuales serán mayores o menores de acuerdo con el tipo de vegetación, chaparral y bosque de clima templado respectivamente, dando lugar a la erosión hídrica, así como, inundaciones y azolve de presas (Saw y Clarke, 1968; Verduzco, 1976; Aguirre, 1981).

La repetición constante de los incendios forestales dentro de los bosques ha ocasionado que muchas especies desarrollen características especiales de adaptación, tales como: a) la germinación de semillas con testa dura, dichas semillas están en vida latente en el suelo y para germinar requieren de temperaturas altas (*Arctostaphylos* sp., *Ceanothus* sp., *Prunus* sp., *Rhus* sp.), b) crecimiento y desarrollo rápido produciendo frutos sólo unos cuantos años después de la germinación, terminando su ciclo de vida antes de que se presente otro incendio, c) follaje y corteza resistentes al fuego (*Quercus macrocarpa*, *Pinus palustris* y *Pinus ponderosa*), d) desarrollo de yemas axilares latentes o adventicias capaces de regenerar ramas o individuos nuevos, después de un incendio (*Eucalyptus* sp., *Populus tremuloides* y *Pinus rígida*), e) producción de lignotuber, es un hinchamiento del eje por debajo del suelo, con yemas latentes capaces de producir nuevos brotes rápidamente (*Arctostaphylos* sp. y *Eucalyptus*) y f) producción de conos serotinos, son conos maduros que retienen semillas viables durante muchos años y por la acción del fuego o del crecimiento secundario las liberan (*Pinus contorta*, *Pinus muricata* y *Pinus radiata*) (Hawley y Smith, 1972; Aguirre, 1981; Daubemire, 1982).

Madrigal S. (1967) al estudiar el bosque de *Abies religiosa* en el Valle de México, cita que después de un incendio y en corto tiempo, la regeneración de la especie se

presenta formando masas puras, además, señala que los incendios son poco frecuentes en este bosque, debido a las condiciones de humedad del suelo y la poca vegetación herbácea.

El fuego reduce la capa de mantillo permitiendo que las semillas de muchas especies germinen y se establezcan mejor en contacto con el suelo mineral; de la misma manera, disminuye gran parte de la competencia entre árboles, arbustos y herbáceas por la humedad del suelo y los nutrientes, así como, la invasión de vegetación, permitiendo a las especies sobrevivientes incrementar su densidad a expensas de sus asociados sensibles al fuego (Verduzco, 1976; Spurr y Barnes, 1982; Daubenmire, 1982).

Existe una relación del fuego con la edad y la densidad del bosque, ya que cuando ocurren edades iguales y alta densidad en las últimas etapas de crecimiento, en el suelo se acumulan elevadas concentraciones de combustible, propiciando la incidencia de un incendio y las condiciones favorables para la propagación de plagas y enfermedades (Spurr y Barnes, 1982; Daubenmire, 1982).

La interacción del fuego con el proceso sucesional se denota, cuando especies de pino, de encino y de otras plantas son recicladas por el fuego durante varias generaciones sin ser las especies climax del sitio. Al incrementarse la frecuencia o la intensidad del fuego, una especie determinada puede ser reemplazada por otra más dependiente del fuego, esto puede ser en perjuicio o en beneficio, ya que es posible guiar o mantener el desarrollo sucesional en la fase más conveniente de acuerdo con las especies y a su uso que se les quiera dar (Verduzco, 1976; Spurr y Barnes, 1982; Daubenmire, 1982).

Spurr y Barnes (1982) citan que en las Montañas Rocallosas en los E.U.A., *Picea engelmannii* es reemplazada por *Pseudotsuga menziesii*, esta a su vez es substituída por *Pinus ponderosa* y *Pinus ponderosa* por gramíneas, pero al disminuir la frecuencia del incendio se presenta una sucesión menos dependiente

del fuego; *Picea engelmannii* supliría a *Pseudotsuga menziesii*, ésta a *Pinus ponderosa* y *Pinus ponderosa* a las gramíneas, además, manifiestan que las especies muy tolerantes a la sombra tanto de coníferas como de latifoliadas (*Acer sp.*, *Abies sp.*, *Thuja sp.*, *Tilia sp.*) aunque, ocupan normalmente sitios húmedos, son susceptibles al fuego.

#### 2.4. Diseño de muestreo.

En muchas áreas del conocimiento humano se trabaja con poblaciones finitas y bien caracterizadas, siendo estas de personas, empresas, granjas, superficie cultivada, etc., de las cuales se requiere obtener información, como la estatura promedio de los habitantes de una ciudad o la proporción de superficie cultivada de un país, etc., para este efecto se procede a seleccionar una muestra a la que se estimará el parámetro que se desea, el cual después servirá para inferir sobre el total de la población en estudio, pues de otra manera, se tendría que estimar el parámetro a cada uno de los integrantes de la misma, ocasionando un gasto inútil de tiempo, trabajo y dinero (Azorín, 1969; Freese, 1969; Raj, 1980; Cochran, 1982).

Considerando lo anterior, deberá elegirse un diseño de muestreo que se adapte a los propósitos del estudio, tomando en cuenta el tamaño y características de la población, así como de los resultados que se pretendan obtener.

En general, se reconocen dos grupos de diseños de muestreo, uno para variables continuas y otro para variables discretas (Freese, 1969). En el primer grupo de estos diseños de muestreo se ubica el muestreo bietápico o submuestreo de conglomerados, el cual es de interés para el presente trabajo.

##### 2.4.1. Muestreo bietápico de igual tamaño de conglomerados y de igual submuestreo.

De manera general, este método de muestreo consiste en dividir o seccionar la población en conglomerados o unidades de

muestreo de tamaños iguales, para luego proceder a seleccionar, en su primera etapa, una muestra de estos conglomerados, que se les conoce como unidades primarias de muestreo (U.P.M.), de igual manera se selecciona, en su segunda etapa, una submuestra de unidades, dentro de cada uno de los conglomerados anteriormente elegidos, a esta submuestra se le denomina unidades secundarias de muestreo (U.S.M.) (Azorín, 1969; Freese, 1969; Raj, 1980; Cochran, 1982).

En este método la elección de las unidades primarias de muestreo y unidades secundarias de muestreo está relacionada con el cálculo del tamaño de muestra óptimo de las unidades secundarias de muestreo, esto quiere decir, que al aumentar el número de unidades primarias y disminuir el de unidades secundarias, ocasiona un incremento de los costos y la precisión, mientras que al revés habrá un descenso de estos últimos, puesto que relativamente cuesta más ubicar una unidad primaria que localizar y medir una unidad secundaria. Por lo tanto, se hace un muestreo piloto o premuestreo, si es que no existe, para determinar la variabilidad de la muestra, la cual se presenta entre unidades primarias y entre unidades secundarias dentro de unidades primarias, para después de aquí, obtener la variabilidad poblacional, que junto con el costo de ubicar una unidad primaria, más el costo adicional por localizar y medir una unidad secundaria, se podrá determinar el tamaño de muestra óptimo para una máxima precisión a un costo dado (Azorín, 1969; Freese, 1969; Raj, 1980; Cochran, 1982).

### 3. (Materiales y Métodos)

#### 3.1. (Elaboración del plano forestal)

El proceso cartográfico del área de estudio se basó en el uso de fotografías aéreas, de las cuales (se obtuvo información mediante técnicas de fotointerpretación)

##### ➤ 3.1.1. Fotografía aérea y cartografía utilizadas.

(La fotografía aérea utilizada) se obtuvo en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), es del tipo blanco y negro pancromática de 23 x 23 cm, (con escala 1:25,000 correspondiente al vuelo bajo de la zona 77, empleándose de la línea de vuelo 22) las fotografías de la 15 a la 23 y de la línea de vuelo 23 las fotografías de la 14 a la 19.

La cartografía utilizada en las fases de delimitación del área de estudio y en los recorridos de campo, fue de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL); en particular las cartas Topográfica y de Uso del Suelo escala 1:50,000 clave G14-C45 San Rafael.

##### ➤ 3.1.2. Recorridos de campo.

Se hicieron dos tipos de recorridos de campo, los preliminares) se llevaron a cabo en julio y agosto de 1984 (y los definitivos) se realizaron de septiembre de 1985 a febrero de 1986.

(Los objetivos de los recorridos preliminares fueron: a) conocer el área de estudio) y sus comunidades vegetales, (b) establecer referencias entre los tipos de vegetación del área) y sus imágenes fotográficas, (c) probar algunas técnicas de me-

dición de vegetación) (ch) determinar la forma y el tamaño de la unidad secundaria de muestreo, y d) definir los atributos de la vegetación por medir.)

(En estos recorridos se realizaron muestreos de vegetación utilizándose métodos de medición con y sin parcela; de los primeros se probaron cuadrados, rectángulos y círculos de diferentes superficies y de los segundos se probó el método de cuadrantes centrados en un punto) El aspecto florístico de la vegetación se cubrió mediante la colecta y posterior identificación del material botánico de los diferentes estratos de vegetación. En relación con la estructura de la vegetación se reconocieron los siguientes estratos: el arbóreo de coníferas, el de renuevos de coníferas, el de latifoliadas y el herbáceo.

(En los muestreos preliminares se midieron algunos atributos de los estratos; para el arbóreo fueron el diámetro normal y la altura total, para el de renuevos fueron el diámetro medio de copa, la altura total y el dosel, y para el de latifoliadas fue el diámetro medio de copa. El estrato herbáceo no se cuantificó.)

Los objetivos de los recorridos definitivos fueron: a) localizar las unidades secundarias de muestreo, y b) medir los atributos de la vegetación. En estos recorridos se hizo propiamente la medición de la vegetación.

En ambos tipos de recorridos de campo se utilizaron vehículos, fotografías aéreas, estereoscopio de bolsillo, cuerdas, instrumentos de medición y una prensa botánica. Los trabajos de campo se realizaron integrando una brigada de cuatro miembros.

### 3.1.3. Fotointerpretación.

Durante los recorridos preliminares y con el auxilio de las fotografías aéreas, se indentificaron los rasgos general

les del área de estudio y de la distribución de sus principales comunidades vegetales; además, con base en la imagen fotográfica de la vegetación (tonos, texturas y alturas) y las observaciones de campo, se diferenciaron y caracterizaron mediante literales los tipos de vegetación del área de estudio. La fotointerpretación se realizó utilizando un estereoscopio de bolsillo Casella-London y lápices de color Prismacolor.

La denominación de los tipos de vegetación del área de estudio se hizo de acuerdo con la clasificación de la carta de Uso del Suelo escala 1:50,000 (CETENAL, 1976) y con las descripciones hechas por Rzedowski, Vela y Madrigal (1977), Rzedowski (1978) y Valdéz T. (1981).

#### 3.1.4. Restitución.

Una vez realizada la interpretación del material fotográfico, éste se envió al INEGI con sede en la Cd. de México, en donde se transfirió la información resultante a un plano con escala 1:50,000, obteniéndose así el plano forestal. La restitución la realizó personal especializado, utilizando para ello un Stereosketch.

#### 3.1.5. Medición de la superficie de los tipos de vegetación.

La medición de la superficie de los tipos de vegetación se hizo en las vertientes de la sierra con exposición SSW y NNE; inicialmente se obtuvieron dos copias heliográficas del plano forestal, en una de ellas y con un planímetro polar compensado se midieron repetidamente las superficies de las unidades, con la finalidad de obtener una media aritmética. Las unidades de la otra copia se recortaron con una cuchilla, se agruparon por unidad y se guardaron en sobres, para luego llevarse a la Rama de Botánica del Colegio de Postgraduados de Chapinjo, donde mediante el integrador electrónico de áreas se cotejó la medición.

### 3.2. Diseño de muestreo.

(El diseño de muestreo que se eligió para desarrollar el trabajo fue el de muestreo bietápico o submuestreo de conglomerados.)

#### 3.2.1. Selección de las Unidades Primarias de Muestreo (U.P.M.) y ubicación de las Unidades Secundarias de Muestreo (U.S.M.).

(Para seleccionar las U.P.M. se procedió inicialmente a ampliar hasta la escala de 1:20,000, la superficie ocupada en el plano forestal por el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*; después, esta superficie se dividió consecutivamente, formando las U.P.M. de 50 ha; a cada una de ellas se le asignó un número arábigo. Se emplearon en esta etapa el plano forestal) un pantógrafo, papel albanene y un planímetro polar compensado.

La selección de las U.P.M. se hizo considerando fundamentalmente dos criterios; el primero fue el de la accesibilidad, de manera de no consumir mucho tiempo de traslado del camino vecinal a la unidad y el segundo fue el aspecto altimétrico, de manera de seleccionar unidades presentes tanto en la ladera baja de la sierra como en las laderas media y alta.

(La ubicación de las U.S.M. se realizó en cuatro U.P.M., procediéndose mediante la sobreposición en cada una de ellas de un eje de coordenadas y con el auxilio de una tabla de números aleatorios, se ubicaron aleatoriamente cinco U.S.M.; a éstas se les señaló con una literal. Posteriormente, las U.S.M. se transfirieron utilizando un Sketchmaster, de la ampliación a las fotografías aéreas y de éstas a la carta topográfica escala 1:50,000) (CETENAL, 1975).

#### 3.2.2. Localización y caracterización de las U.S.M.

Para localizar en campo a las U.S.M. o sitios de mues-

treo, se procedió mediante rumbos y distancias respecto de algún rasgo fisiográfico y/o mojoneas previamente establecidas, para así poder localizarlas; además, en caso necesario las distancias se compensaban por pendiente. Se utilizaron para esto las fotografías aéreas, la carta topográfica escala 1:50,000 (CETENAL, 1975), una regla plástica graduada de 30 cm, un transportador plástico graduado a 90°, una brújula Silva, un longímetro Lufkin de 50 m y una pistola Haga.

En la caracterización de las U.S.M. o sitios de muestreo se incluyó: a) número de la U.P.M. en la que se ubicó y su literal respectiva, b) reconocimiento de los estratos de vegetación presentes y de sus especies componentes, c) altitud, ch) pendiente, d) exposición topográfica y e) posición topográfica. La altitud se midió en campo con un altímetro-barómetro de bolsillo Thommen, estas mediciones se corrigieron después con la carta topográfica escala 1:50,000 (CETENAL, 1975); la pendiente se cuantificó con la pistola Haga en su escala de por ciento, la exposición topográfica se determinó con el auxilio de una brújula Silva y la posición topográfica se evaluó mediante observaciones de campo y altimétricas.

### 3.2.3. Determinaciones de la forma y de la superficie de la U.S.M.

Las determinaciones de la forma y de la superficie de la U.S.M. se hicieron con base en las experiencias derivadas de los muestreos preliminares de vegetación.

Respecto de la forma de la U.S.M. se decidió utilizar el círculo, dado que resulta más práctica su delimitación en sitios arbolados con gran densidad de latifoliadas y en terrenos con fuertes pendientes.

En los muestreos preliminares de vegetación al utilizar para el estrato arbóreo de coníferas círculos de 1000 m<sup>2</sup> y para el estrato de renuevos de coníferas círculos de 400 m<sup>2</sup>, se observó que dichas superficies arrojaban escasa información

debido a la densidad de los mismos estratos, por lo que se consideró conveniente incrementar sus superficies. De manera contrastante para el estrato de latifoliadas se escogió una superficie menor a la utilizada en los muestreos preliminares, ya que el estrato presentaba muy alta densidad en el área de estudio. Asimismo y como resultado de las observaciones preliminares se consideró conveniente incluir a los tocones de coníferas.

La superficie de los círculos utilizados en la medición de las U.S.M. fueron de: a) 1,200 m<sup>2</sup> para el estrato arbóreo y tocones de coníferas, b) 800 m<sup>2</sup> para el estrato de renuevos de coníferas y c) 250 m<sup>2</sup> para el estrato de latifoliadas.

#### 3.2.4. Delimitación de los círculos en la U.S.M.

La delimitación de los círculos concéntricos en la U.S.-M. se hizo a partir del punto donde se localizó la unidad considerándolo como el centro de los mismos.

El procedimiento para delimitar los círculos consistió en tender tres cuerdas a partir del centro, la primera en el sentido de la pendiente, la cual presentaba marcas en color de los radios (19.54 m para los 1,200 m<sup>2</sup>, 15.96 m para los 800 m<sup>2</sup> y 8.92 m para los 250 m<sup>2</sup>) que delimitaban el tamaño de los círculos; a su vez, entre estas marcas había otras que correspondían a la compensación por pendiente; la segunda se tendía perpendicularmente respecto de la primera y presentaba solamente las marcas de los radios; por último la tercera cuerda se tendía por enmedio de las dos anteriores tratando de formar un ángulo de 45°, esta cuerda presentaba únicamente las marcas de los radios, las que se compensaban por pendiente. Fue necesario realizar este proceso para delimitar precisamente los tres círculos, ya que la fuerte pendiente y lo denso del sotobosque no lo permitían de otra manera. De esta forma y en sentido contrario al de las manecillas del reloj se procedió hasta cerrar los círculos, midiendo a todos los individuos de cada es-

trato que quedaron dentro de éstos.

### 3.3. Medición de la vegetación.

Para recabar los resultados de la medición de la vegetación fue necesario diseñar formas de registro, consistentes en hojas blancas tamaño carta, donde se anotaban los datos de la caracterización de la U.S.M. y los propios de la vegetación. Para anotar los datos de la vegetación se trazaron dos grupos de tres columnas, en una de las cuales se registraba la abreviatura de la especie y en las dos restantes los datos correspondientes según el estrato medido.

#### 3.3.1. Estrato arbóreo de coníferas .

El estrato arbóreo de coníferas comprendió a los individuos que presentaron un diámetro normal mayor o igual de cinco centímetros.

La diferenciación en campo de las especies componentes de este estrato se hizo con base en la observación y comparación de algunas características morfológicas de los árboles, tales como: la apariencia escamosa, fisurada o lisa de la corteza externa del tallo, la presencia de las hojas solitarias o en fascículos así como su forma, tamaño, color y aspereza al tacto; además de la forma y presencia de resina en las yemas laterales y para los conos se observó su posición en las ramas y la presencia o no de resina. De esta manera y con la recolección de muestras posteriormente identificadas en laboratorio, se pudo facilitar la identificación en campo de las especies de los géneros *Pseudotsuga*, *Pinus*, *Abies* y *Cupressus*.

(Los atributos que se midieron a estas especies fueron su diámetro normal y su altura total, utilizando una cinta diamétrica y para la altura una pistola Haga.)

Además el estrato se subdividió en ocho categorías dia-

métricas, de cinco en cinco centímetros hasta los 19.9 cm y de 10 en 10 centímetros hasta los 60 cm; de esta forma, el primer árbol muestreado por categoría se le midió adicionalmente su diámetro a la altura de 30 cm del suelo y con un taladro de Pressler se le extrajo un cilindro de madera a 1.30 m, para determinar con él, la edad del árbol y la longitud de los últimos 10 anillos de crecimiento. Estas últimas determinaciones se hicieron en campo, la edad mediante conteo directo y la longitud de los anillos de crecimiento se midió con una regla plástica graduada de 30 cm.

### 3.3.2. Tocones de coníferas.

En este caso comprendió sólo los tocones de las especies componentes del estrato arbóreo de coníferas. Se consideró aquí el tocón como la parte inferior del tronco del árbol que queda en el terreno después de ser cortado.

La identificación de los tocones se realizó sólo a nivel de género, basándose en la apariencia escamosa, fisurada o lisa de la corteza externa de los mismos.

Se midieron a los tocones su altura de corte y su diámetro a 30 cm del suelo, se utilizaron aquí flexómetros Truper de tres metros y cinta diamétrica, respectivamente.

### 3.3.3. Estrato de renuevos de coníferas.

En este estrato se incluyeron los individuos de coníferas con diámetro normal menor de cinco centímetros, inclusive plántulas de dichas especies.

El reconocimiento en campo, de las especies de este estrato se basó en la observación y comparación de ciertas características morfológicas de los renuevos, tales como: la presencia solitaria o en fascículos de las hojas, así como su forma, tamaño, color y aspereza al tacto, además de forma y presencia

de resina en las yemas laterales.

Los atributos que se registraron a los renuevos fueron su altura total y su ocurrencia bajo cielo abierto o bajo algún tipo de dosel; entendiéndose este último como la proyección vertical de la(s) copa(s) de un árbol o un arbusto sobre el renuevo. Las alturas de los renuevos se midieron con flexómetros Truper de tres metros y la determinación de algún tipo de dosel o no se hizo mediante observación directa.

#### 3.3.4. Estrato de latifoliadas.

El estrato de latifoliadas comprendió aquellos individuos de los géneros: *Quercus*, *Arbutus*, *Ceanothus*, *Garrya*, *Eupatorium*, *Cercocarpus*, *Rhamnus*, *Prunus*, *Rhus* y *Populus* que presentaron una altura mayor o igual a 1.50 m. Para este estrato sólo se determinó la densidad por especie.

#### 3.4. Cálculos derivados de la medición de la vegetación.

En relación con el cálculo de la intensidad de muestreo se utilizó la fórmula;

$$I.M. = \frac{\text{Superficie muestreada}}{\text{Superficie estudiada}} \cdot (100)$$

La intensidad de muestreo fue de 0.343% (Apéndice 1).

La densidad se calculó para los cuatro estratos de vegetación, expresándose en número de individuos por hectárea (ind/ha);

$$\text{densidad total} = \frac{\text{total de individuos en el sitio}}{\text{área del sitio (m}^2\text{)}} \cdot (10,000 \text{ m}^2/\text{ha})$$

$$\text{densidad absoluta} = \frac{\text{total de individuos de la especie en el sitio}}{\text{área del sitio (m}^2\text{)}} \quad (10,000 \text{ m}^2/\text{ha})$$

$$\text{densidad relativa} = \frac{\text{total de individuos de la especie en el sitio}}{\text{total de individuos en el sitio}} \quad (100)$$

El área basal se calculó para el estrato arbóreo y tocones de coníferas, para esto, primero se convirtieron los diámetros normales en área basal, a través de la fórmula:  $AB = \frac{\pi (dn)^2}{4}$ . Sólo que en caso de los tocones, antes se obtuvo el diámetro a 1.30 m. con la ecuación resultante de la regresión simple que se hizo para cada especie, al relacionar sus diámetros a 1.30 y a 0.30 m; el área basal se expresa en metros cuadrados por hectárea ( $\text{m}^2/\text{ha}$ );

$$\text{área basal total} = \frac{\text{valor total de área basal en el sitio}}{\text{área del sitio (m}^2\text{)}} \quad (10,000 \text{ m}^2/\text{ha})$$

$$\text{área basal absoluta} = \frac{\text{valor de área basal de la especie en el sitio}}{\text{área del sitio (m}^2\text{)}} \quad (10,000 \text{ m}^2/\text{ha})$$

$$\text{área basal relativa} = \frac{\text{valor del área basal de la especie en el sitio}}{\text{valor total de área basal del sitio}} \quad (100)$$

El área basal del estrato arbóreo fue la variable que se utilizó para el cálculo del tamaño de la muestra, pues es un estimador de biomasa y presenta menor heterogeneidad.

La secuela de cálculo para el tamaño de muestra, proviene del mismo diseño de muestreo; primero, se calcularon las variancias muestrales entre unidades primarias ( $S_B^2$ ) y entre unidades secundarias dentro de unidades primarias ( $S_W^2$ ) esto es;

$$S_B^2 = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m y_{ij} \right)^2}{m^2} - \frac{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_{ij} \right)^2}{m^2 n}}{n-1}$$

$$S_w^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_{ij}^2 - \frac{\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m y_{ij} \right)^2}{m}}{n(m-1)}$$

donde:

$n$  = número de unidades primarias muestreadas

$m$  = número de unidades secundarias muestreadas en cada una de las unidades primarias elegidas en el muestreo

$y_{ij}$  = es el valor observado en una unidad secundaria

$\sum_{j=1}^m y_{ij}$  = es el total de las unidades secundarias observadas en la unidad primaria número  $i$

$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_{ij}$  = total global de todas las unidades secundarias muestreadas

Con ésto, se procede a calcular la varianza estimada de la población entre unidades primarias ( $\hat{\sigma}_I^2$ ) y la varianza estimada de la población dentro de unidades primarias ( $\hat{\sigma}_{II}^2$ ) de la siguiente manera;

$$S_B^2 = \hat{\sigma}_I^2 \quad S_w^2 = \hat{\sigma}_{II}^2$$

Para luego, calcular un tamaño de muestra óptimo de unidades secundarias de muestreo ( $m_0$ ), esto se hace relacionando las variancias estimadas poblacionales con los costos de locali-

zar y establecer una unidad primaria ( $C_p$ ) y el costo adicional para llegar a y por medir una unidad secundaria ( $C_s$ );

$$m_0 = \sqrt{\left( \frac{\hat{\sigma}_{II}^2}{\hat{\sigma}_I^2} \right) \left( \frac{C_p}{C_s} \right)}$$

Finalmente, al obtener el tamaño óptimo de unidades secundarias de muestreo, se procede al cálculo del tamaño de la muestra de unidades primarias de muestreo, para lo cual se utiliza una precisión ( $D$ ) entonces;

$$n = \frac{\hat{\sigma}_I^2 + \frac{\hat{\sigma}_{II}^2}{m_0}}{D^2 + \frac{1}{N}} \left( \hat{\sigma}_I^2 + \frac{\hat{\sigma}_{II}^2}{M} \right)$$

donde:

$N$  = número total de U.P.M. en la población

$M$  = número total de U.S.M. en cada U.P.M.

Por lo que, el tamaño de la muestra de las U.S.M. elegido en el premuestreo, fue cuatro veces superior al que se calculó (Apéndice 1), y el tamaño elegido de las U.P.M. fue igual al calculado con una precisión del 27%; siendo los tamaños de la muestra calculados, como los mínimos necesarios para efectuar el muestreo. En consecuencia, los tamaños de la muestra de ambas unidades, elegidos en el premuestreo, fueron los suficientes para satisfacer los objetivos del estudio, asimismo, con dichos valores se obtuvo una precisión del 18.80%, la cual es la precisión real del muestreo.

En lo que se refiere a los valores de diámetro normal y altura del estrato arbóreo de coníferas, se obtuvieron valores promedio por especie, por sitio y por conglomerado, haciendo lo mismo para la altura de los renuevos de coníferas.

Para el cálculo de la edad, primero se determinó la edad de 1.30 m hacia abajo, para lo cual, en campo se buscaron renuevos por especie con dicha altura, a los cuales se les hizo el conteo directo de los verticilos y después, de los anillos de crecimiento en su base, finalmente, la edad se estratificó por categorías diamétricas, al multiplicar la edad por la densidad de cada categoría, para después obtener los valores promedio correspondientes.

La edad por especie se relacionó con los valores de diámetro normal y de altura de la misma, a través del ajuste de curvas, para lo cual se procedió hacer el diagrama de dispersión respectivo y después, probar los siguientes modelos: a) modelo lineal  $y=a+bx$ ; b) modelo potencial  $y=ax^b$ ; c) modelo logarítmica  $y=a+b\ln x$ , y d) modelo exponencial  $y=ae^{bx}$ . Seleccionando el modelo con el coeficiente de correlación más próximo a 1.

El incremento corriente anual (I.C.A.) se calculó con la fórmula  $I.C.A. = \frac{2x}{10}$ .

donde;

$x$  = longitud de los anillos

$2$  = veces el radio, el incremento es en torno al diámetro

Este cálculo se hizo por cada categoría diamétrica es tratificándose de igual manera como en la edad, asimismo, el incremento por especie se relacionó con los valores de diámetro normal, de altura y de edad de la misma, procediendo de igual forma y probando los mismos modelos, que para este efecto se mencionan en la edad.

#### 4. Resultados y Discusión.

##### 4.1. Vegetación de la Sierra La Marta.

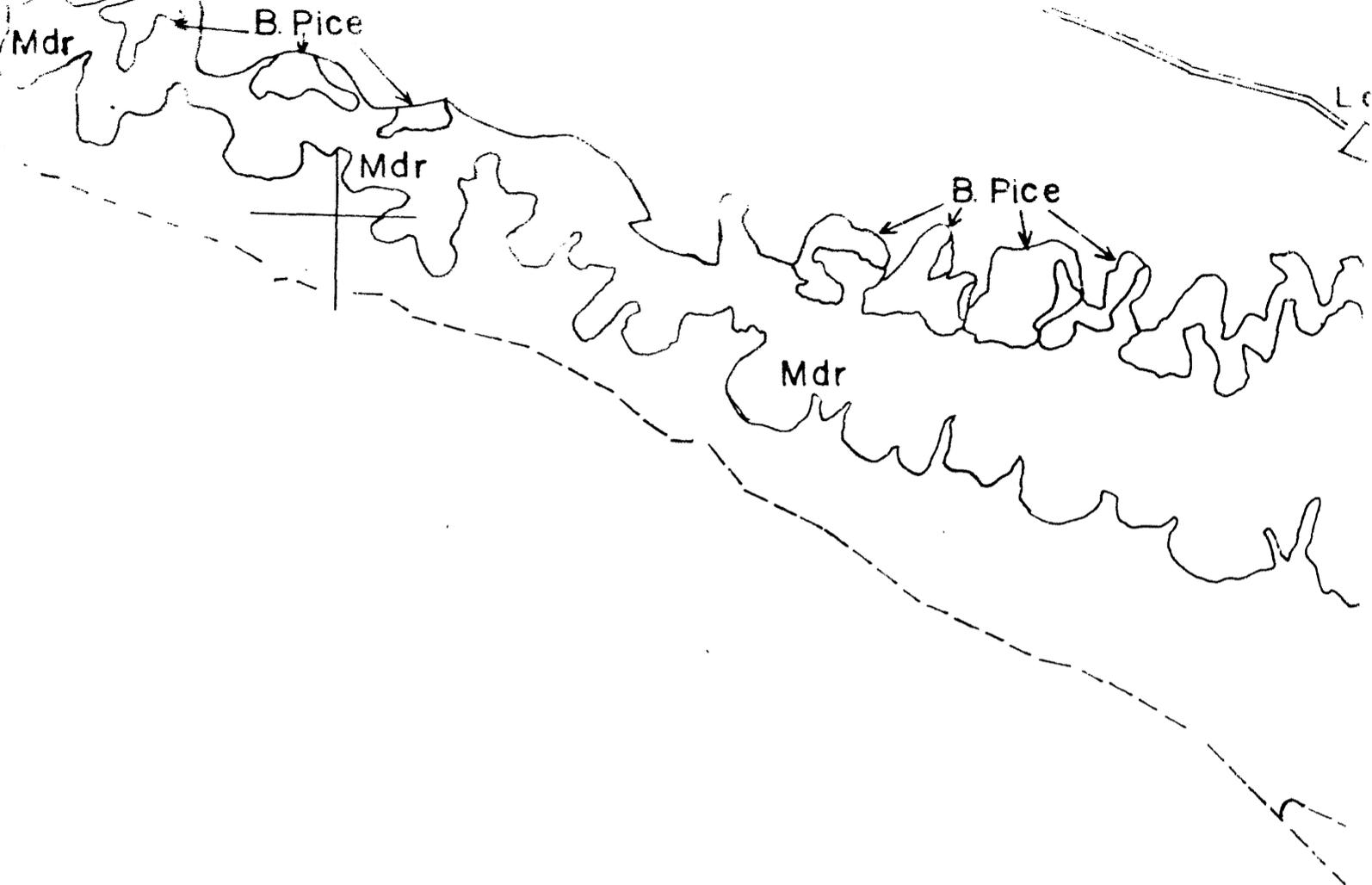
En la Sierra La Marta ocurre el bosque de *Pinus cembroides*, el cual se distribuye en la ladera con exposición SSW y en la ladera con exposición NNE (Figura 1); en la primera ladera, el bosque se localiza entre los 2,220 y 2,800 msnm, cubriendo una superficie de 1,763 has y en la segunda, se ubica entre los 2,300 y 2,700 msnm, ocupando 237 has. Asimismo, se presenta un encinar arbustivo en ambas laderas de la sierra y a mayores altitudes que el bosque de *Pinus cembroides*; el encinar arbustivo, en la ladera con exposición SSW se encuentra entre los 2,300 y 3,500 msnm y en ladera con exposición NNE entre los 2,500 y 2,800 msnm, extendiéndose, en esta última, sobre 425 has. El matorral desértico rosetófilo sólo ocurre en la ladera con exposición SSW, ubicándose entre los 2,160 y 3,600 msnm, éste y el encinar arbustivo en esta ladera, cubren 3,950 has.

En la sierra el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* se localiza en la ladera con exposición NNE, en mayores altitudes que el encinar arbustivo, entre los 2,600 y 3,360 msnm y ocupando 700 has. Contigua al bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, se presenta una área, en la que se distribuye un matorral esclerófilo con árboles aislados sobre todo en ladera alta, se encuentra entre los 2,740 y 3,600 msnm, misma que comprende una superficie de 1,350 has. Esta área se incendió en 1975 y en ella se extendía un bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, por lo que, la superficie que se reporta para este bosque, es remanente de la que cubría esta parte de la sierra.

25° 16'

100° 36'

a San Antonio de las Alazanas y  
entronque Saltillo - Matehuala



### S I M B O L O G I A

- Bosque de Pseudotsuga-Pinus-Abies = B. Ps-Pi-Ab
- Bosque de Pinus cembroides = B. Pice
- Encinar arbustivo = Ea
- Matorral desértico rosetófilo = Mdr
- Unidad Primaria de Muestreo = ⊙

ESCALA 1:50,000

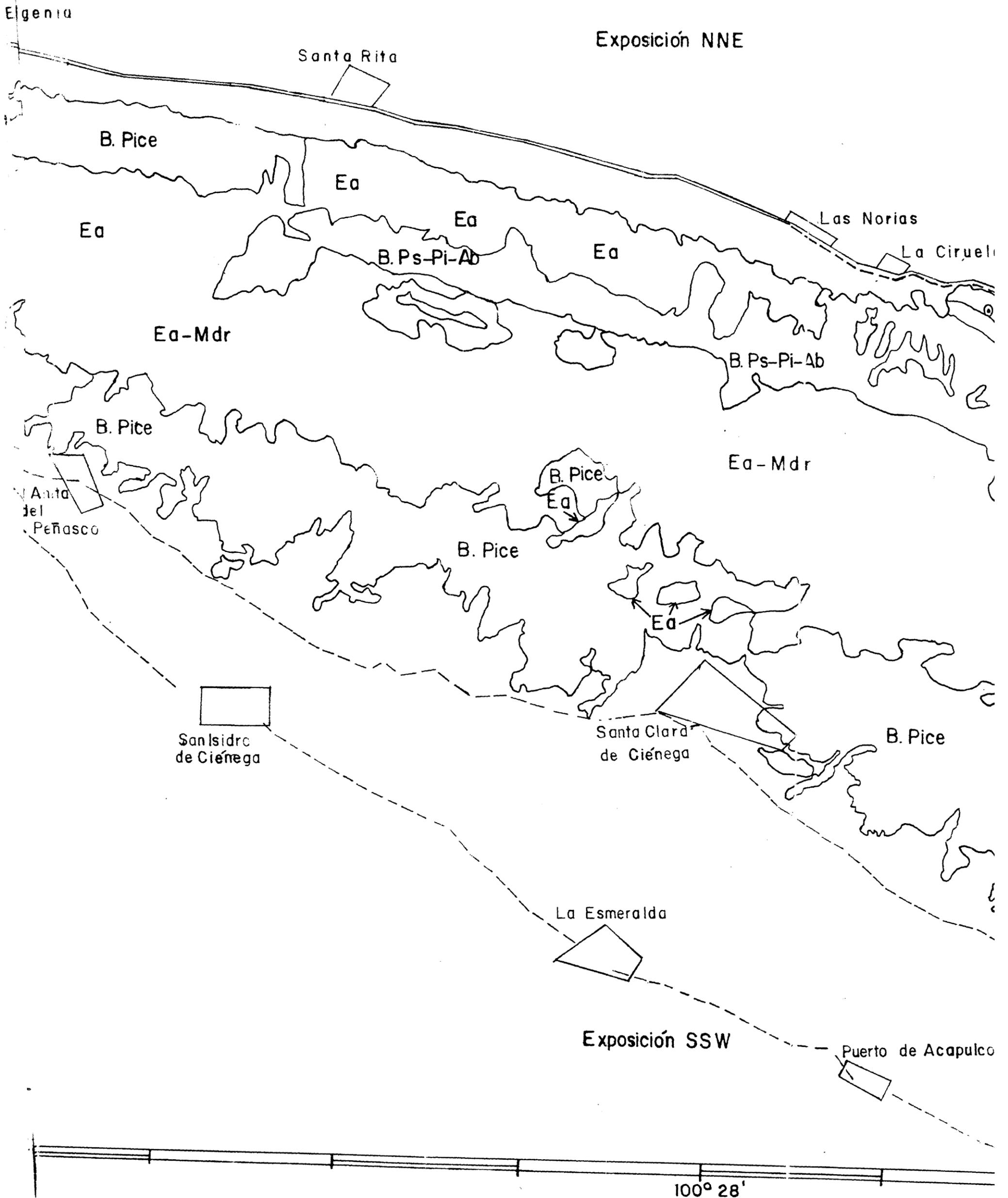


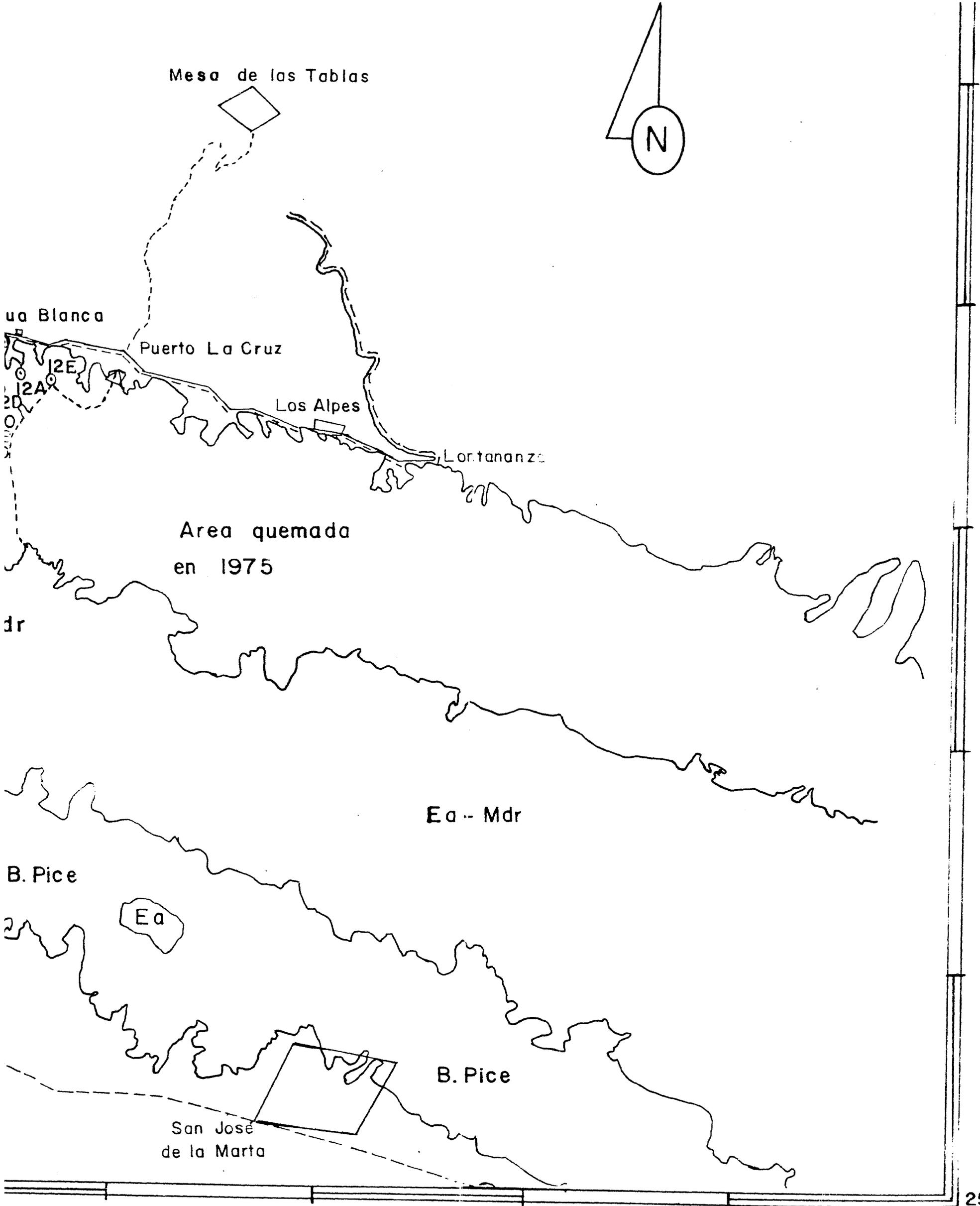
25° 10'

100° 36'

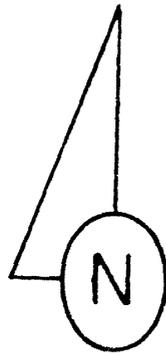
Figura I Plano forestal de la Sierra La Marta

100° 28'





Mesa de las Tablas



Mesa Blanca

Puerto La Cruz

Los Alpes

Lortananzo

Area quemada  
en 1975

dr

Ea - Mdr

B. Pice

Ea

B. Pice

San José  
de la Marta

25°

100° 21'

#### 4.2. Bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*.

El bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* ocurre en diferentes pendientes, exposiciones topográficas y se encuentra en laderas bajas, medias y altas.

En relación con la estructura del bosque se reconoce un estrato arbóreo de coníferas el cual tiene una altura promedio de 11.47 m y está compuesto por: *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus hartwegii*, *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*, *Cupressus arizonica* y *Pinus ayacahuite* Var. *brachyptera*.

El bosque presenta un estrato de renuevos de coníferas constituido por las mismas especies del estrato arbóreo.

En el bosque se encuentra un estrato de latifoliadas en ocasiones poco representado y en otras se convierte en el estrato dominante. El estrato está compuesto por: *Quercus greggii*, *Q. hypoxantha*, *Garrya ovata*, *Arbutus xalapensis*, *Ceanothus huichagorare*, *Eupatorium saltillense*, *Rhus virens*, *Cercocarpus montanus*, *Populus tremuloides*, *Rhamnus betulifolia* y *Prunus serotina*.

En el área de distribución del bosque ocurren variaciones microclimáticas, debido al gradiente altitudinal; en menores altitudes existe un microclima con mayor insolación y menor humedad, comparado con el que se da en las mayores elevaciones, en donde hay mucho menor insolación y una mayor humedad. Esta diferencia microclimática incide notablemente en el bosque

##### 4.2.1. Estrato arbóreo de coníferas.

El estrato arbóreo de coníferas se analiza a partir de sus valores de densidad, de área basal, de la estructura, de la edad y de sus incrementos.

4.2.1.1. Densidad. El estrato arbóreo de coníferas presenta una densidad promedio de 613 ind/ha (Cuadro 2). La densidad del estrato se incrementa notablemente conforme se incrementa la altitud, esto puede observarse al comparar la densidad promedio de los conglomerados 13 y 12, de menor altitud, 298.4 y 416.4 ind/ha respectivamente, con el conglomerado 10 ubicado en la ladera media y con una mayor densidad promedio -663.4 ind/ha- y con el conglomerado 1 localizado en la ladera alta, mismo donde se registró el más alto promedio de densidad, 1075.5 ind/ha. La diferencia altitudinal entre el conglomerado de menor densidad promedio (13) y el de mayor (1) fue de 353 m.

De igual forma, el sitio con la menor densidad 117 ind/ha, fue el 13B y el de mayor densidad, 1892 ind/ha fue el 1C; entre ambos sitios hay una diferencia altitudinal de 310 m, correspondiendo al 1C la mayor altitud (3,020 msnm).

Considerando la densidad relativa de las especies, se reconocen sitios puros y mixtos; siendo un sitio puro cuando el 80% o más de la densidad del sitio pertenece a una misma especie y será mixto cuando el 20% o más de la densidad corresponda a otra especie.

En consecuencia se distinguen tres sitios mixtos de *Pinus hartwegii* (*Piha*)- *Pseudotsuga flahaulti* (*Psfl*), los cuales son los sitios 12B, 12E y 12A, en ellos ocurre la mayor densidad promedio de *Piha*, 255 ind/ha y una de las menores de *Psfl*, 228 ind/ha. Se reconocen otros tres sitios mixtos, en este caso *Psfl*-*Piha*, siendo estos el 13C, 12C y 13A, en los cuales la densidad promedio de *Psfl* se incrementa a 244 ind/ha y la de *Piha* disminuye a 89 ind/ha, en estos sitios se distribuye *Abies vejarii* Var. *macrocarpa* (*Abve*) con muy escasa densidad promedio 3 ind/ha. Los anteriores dos grupos de sitios se localizan en la ladera baja de la sierra.

Cuadro 2. Valores de densidad del estrato arbóreo de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio
densidad (ind/ha)	300	117	350	375	350	298.4
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Ps fl</i>	225 75.0	117 100.0	258 73.71	375 100.0	325 92.86	
<i>Pi ha</i>	75 25.0	-- --	92 26.29	-- --	25 7.14	

Sitio	12A	12B	12C	12D	12E	Promedio
densidad (ind/ha)	316	608	358	275	525	416.4
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Ps fl</i>	158 50.0	275 45.23	250 69.77	258 93.82	250 47.62	
<i>Pi ha</i>	158 50.0	333 54.77	100 27.91	17 6.18	275 52.38	
<i>Ab ve</i>	-- --	-- --	8 2.32	-- --	-- --	

Continúa Cuadro 2.

Sitio	10A	10B	10C	10D	10E	Promedio
densidad (ind/ha)	316	1,192	400	708	701	663.4
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Psfl</i>	300 94.74	1,024 87.41	333 83.33	675 95.29	567 80.88	
<i>Piha</i>	8 2.63	25 2.10	42 10.42	33 4.71	17 2.43	
<i>Abve</i>	8 2.63	-- --	25 6.25	-- --	-- --	
<i>Cuar</i>	-- --	125 10.49	-- --	-- --	117 16.69	

Sitio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
densidad (ind/ha)	917	683	1,892	1,309	575	1,075.5
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Psfl</i>	342 37.27	467 68.38	100 5.29	225 17.19	525 91.30	
<i>Piha</i>	-- --	8 1.17	8 0.42	-- --	50 8.70	
<i>Abve</i>	417 45.45	75 10.98	1,667 88.11	750 57.30	-- --	
<i>Cuar</i>	83 9.10	133 19.47	-- --	242 18.49	-- --	
<i>Piay</i>	75 8.18	-- --	117 6.18	92 7.02	-- --	

Se encontraron diez sitios puros de *Psfl*, los cuales se ordenaron en tres grupos; el primero de ellos, se caracteriza por presentar la máxima densidad relativa de la especie (100%), lo constituyen los sitios 13B y 13D; en el segundo grupo, ocurre *Piha* con poca densidad, el grupo lo conforman los sitios 10D, 12D, 13E y 1E, por último en el tercer grupo *Psfl* se asocia con elementos de dos de las tres siguientes especies, *Cupressus arizónica* (*Cuar*), *Piha* y *Abve*, este grupo lo componen los sitios 10A, 10B, 10C y 10E. En estos sitios *Psfl* alcanza una de sus mayores densidades promedio 452 ind/ha, siendo la de *Cuar* de 24 ind/ha, la de *Piha* desciende a 22 ind/ha y la de *Abve* se mantiene en 3 ind/ha. La mayoría de estos sitios se ubican en la ladera media de la sierra.

Se determinó un sitio mixto de *Psfl-Cuar-Abve*, siendo este el 1B, en el mismo la densidad promedio de *Psfl* aumenta ligeramente a 467 ind/ha y la densidad promedio de *Cuar* asciende a 133 ind/ha y la de *Abve* a 75 ind/ha. Asimismo, se encontraron dos sitios mixtos de *Abve-Psfl-Cuar*, siendo estos el 1D y el 1A, en ellos la densidad promedio de *Abve* y *Cuar* se eleva a 583 y a 162 ind/ha respectivamente, mientras que la de *Psfl* disminuye a 283 ind/ha, en estos sitios se distribuye *Pinus ayacahuite* Var. *brachyptera* (*Piay*), con poca densidad 83 ind/ha. Estos tres sitios se sitúan en la ladera alta de la sierra.

Por último, destaca un sitio puro de *Abve*, el 1C, en éste ocurre la mayor densidad de la especie *Abve*, 1,667 ind/ha, en mucho menor proporción ocurren en el sitio *Piay* con 117 ind/ha y *Psfl* con 100 ind/ha. El sitio se ubica en la ladera alta de la sierra.

De acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia se hicieron cinco grupos de sitios, en los cuales se obtuvo la densidad promedio (Cuadro 3).

04572

U.A.A.A.N.

Cuadro 3. Valores de densidad del estrato arbóreo de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia.

Especies y número de sitios	<i>Piha/Psfl</i>	<i>Psfl/Piha</i>	<i>Psfl</i>	<i>Psfl/Cuar/Abve</i>	<i>Abve/Psfl/Cuar</i>
	3	3	10	1	3
Densidad (ind/ha)	483	336	501	683	1373
Valores relativos	%	%	%	%	%
Especies					
<i>Psfl</i>	47.14	72.62	90.22	68.38	16.17
<i>Piha</i>	52.86	26.49	4.39	1.17	0.22
<i>Cuar</i>	--	--	4.79	19.47	7.87
<i>Piay</i>	--	--	--	--	6.92
<i>Abve</i>	--	0.89	0.60	10.98	68.82

En los dos primeros grupos de sitios, caracterizados por localizarse en las menores altitudes de la sierra y por la mezcla de una especie intolerante *Piha* y una medianamente tolerante, *Psfl*, -*Piha/Psfl* y *Psfl/Piha*- ocurren las menores densidades del estrato, 483 y 336 ind/ha; en el tercer grupo, en las altitudes medias de la sierra, los sitios son puros de la especie medianamente tolerante, *Psfl*, en este grupo la densidad se incrementa a 501 ind/ha; en el cuarto grupo, ubicado en las mayores altitudes de la sierra, la especie medianamente tolerante *Psfl*, se asocia con dos especies tolerantes *Cuar* y *Abve*, alcanzando el grupo una densidad mayor aún, 683 ind/ha. Finalmente, en el quinto grupo, situado también en las mayores altitudes de la sierra, la más alta densidad corresponde a la especie tolerante *Abve*, la cual se encuentra asociada con la especie medianamente tolerante *Psfl*, con otra tolerante *Cuar* y con la se-

guramente tolerante *Piay*, en este grupo se registran las mayores densidades promedio, 1,373 ind/ha.

En los sitios con las menores altitudes y densidades del estrato -*Piha/Psfl* y *Psfl/Piha*- ocurre la menor diversidad de especies, dos y tres especies, respectivamente; en el primero se asocian, la intolerante *Piha* con 255 ind/ha y la medianamente tolerante *Psfl* con 228 ind/ha y en el segundo, ocurren las dos anteriores y la tolerante *Abve*, correspondiendo la más alta densidad 244 ind/ha a la especie medianamente tolerante *Psfl*, disminuyendo la densidad de la intolerante *Piha* a 89 ind/ha y distribuyéndose con escasa densidad 3 ind/ha, la tolerante *Abve*, estos sitios se encuentran en estadios sucesionales menos avanzados.

Posteriormente, en los sitios con altitudes y densidades medias, sitios puros de la especie medianamente tolerante *Psfl*, la diversidad de especies se incrementa a cuatro, agregándose en este caso la tolerante *Cuar*; en estos sitios, la especie medianamente tolerante *Psfl* obtiene uno de sus mayores valores de densidad 452 ind/ha, mientras que, la de la intolerante *Piha* decrece aún más a 22 ind/ha y manteniéndose igual la densidad de la tolerante *Abve* 3 ind/ha, la tolerante *Cuar* presenta baja densidad 24 ind/ha, estos sitios se encuentran en estadios sucesionales intermedios. Por último, en los sitios con las mayores altitudes y densidades del estrato -*Psfl/Cuar/Abve* y *Abve/Psfl/Cuar*- la diversidad de especies es de cuatro y cinco, respectivamente, siendo esta última la mayor diversidad registrada; en los sitios, las densidades de la especie medianamente tolerante *Psfl* y de la tolerante *Cuar* disminuyen de 467 a 222 y de 133 a 108 ind/ha en ese orden, asimismo, la densidad de la intolerante *Piha* continúa descendiendo más drásticamente de 8 a 3 ind/ha, en cambio, la densidad de la tolerante *Abve* se incrementa notablemente de 75 a 945 ind/ha, la especie tolerante *Piay* es la otra especie que se registra en el último grupo, misma que ocurre con baja densidad 95 ind/ha, estos sitios se encuentran en estadios sucesionales más avanzados.

La diferencia de densidad entre los grupos de sitios se atribuye a que los sitios con menor densidad se localizan en la ladera baja y cercanos al camino vecinal de la sierra, presentando facilidad de acceso y en consecuencia, son objeto de mayor presión por la actividad humana. En contraste, los sitios con mayor densidad se sitúan en la ladera alta de la sierra, por lo tanto, se encuentran más distantes del camino vecinal, asimismo, en estos sitios, la pendiente es mayor, dificultando aún más su acceso.

El incremento de la densidad con el gradiente altitudinal se atribuye también, a la tolerancia de las especies y al estadio sucesional en que se encuentran los sitios; esto es que los sitios con menor altitud están constituidos por una especie intolerante *Piha* y una medianamente tolerante *Psyl* (Figura 2) las cuales se caracterizan, sobre todo la primera, por requerir mayor intensidad luminosa y no tolerar elevada competencia radicular, por lo que se traduce ocurran sitios con baja densidad, con estructura menos compleja y en estadios sucesionales menos avanzados. En contraste, en los sitios con mayor altitud ocurre una asociación de especies tolerante como *Abve*, *Cuar* y *Piay*, las cuales pueden sobrevivir con escasa intensidad luminosa y fuerte competencia radicular y de esta manera se presenten sitios con elevada densidad, con estructura más compleja y en estadios sucesionales más avanzados.

Lo anterior, está relacionado con la variación microclimática que ocurre en la sierra, asociada al gradiente altitudinal, ya que en las menores altitudes existe mayormente: intensidad luminosa, temperatura y evapotranspiración y una menor precipitación, siendo una condición más xérica, lo que propicia el establecimiento de especies intolerantes. En cambio, en las máximas elevaciones de la sierra, son menores: la intensidad luminosa, la temperatura y la evapotranspiración, pero mayor la precipitación, siendo de esta forma una condición más mélica, por lo que se desarrollan en estas altitudes especies tolerantes.

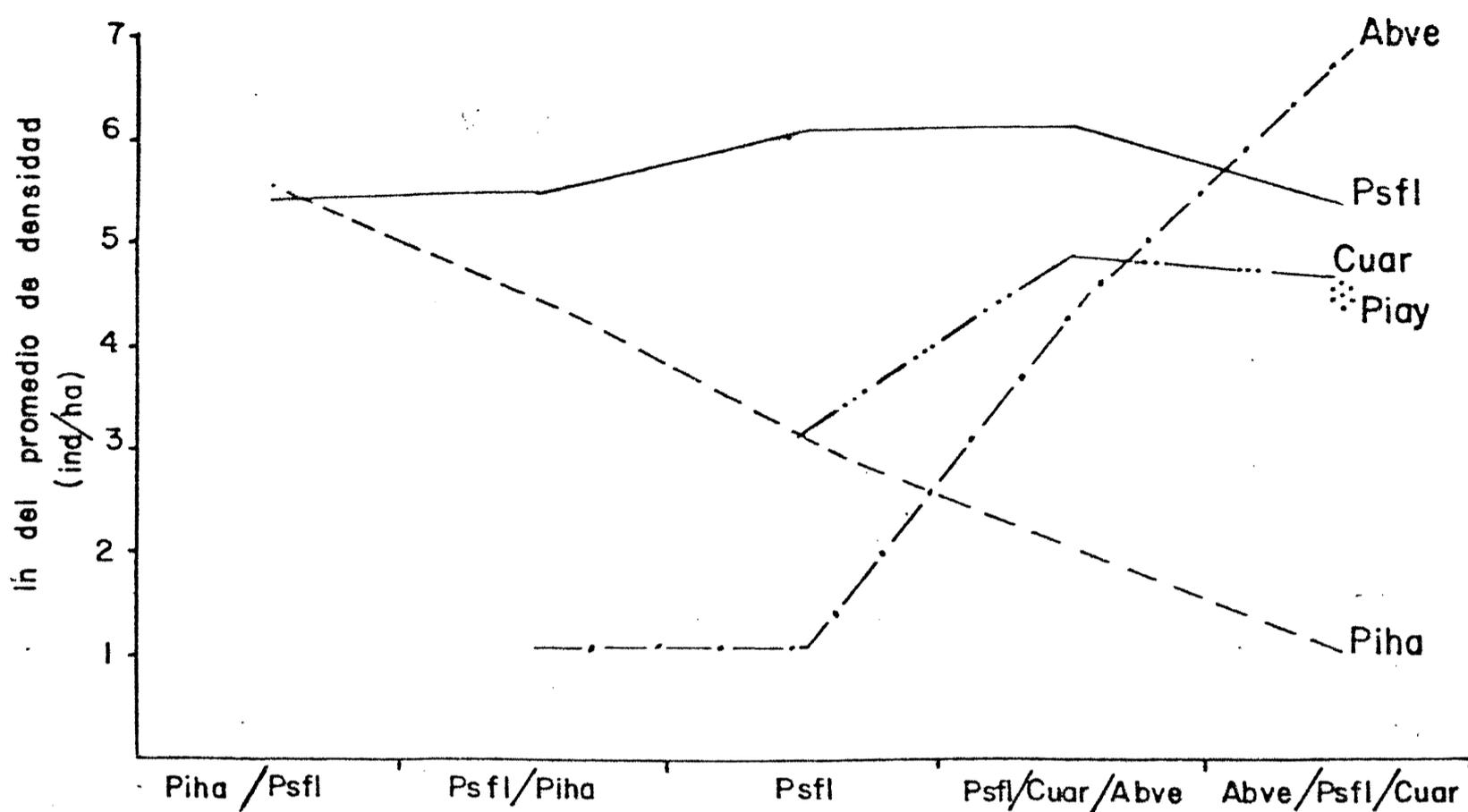


Figura 2 Logaritmo natural (ln) del promedio de densidad de las especies en los grupos de sitios (Ver Cuadro 3)

4.2.1.2. Area basal. El estrato arbóreo de coníferas presenta una área basal promedio de  $17.32 \text{ m}^2/\text{ha}$  (Cuadro 4). El área basal se distribuye de manera semejante como la densidad del estrato, pues aumenta con el gradiente altitudinal, y esto se observa en el área basal promedio de los conglomerados; el promedio en el conglomerado 13 es de  $8.45 \text{ m}^2/\text{ha}$ , el cual se incrementa casi al doble en el conglomerado 12,  $16.53 \text{ m}^2/\text{ha}$ , a su vez, de éste al conglomerado 10 el promedio se eleva a  $19.79 \text{ m}^2/\text{ha}$  y de este último al conglomerado 1 asciende a  $24.50 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

El sitio con la menor área basal,  $5.60 \text{ m}^2/\text{ha}$ , fue el 13B y el de mayor valor,  $39.56 \text{ m}^2/\text{ha}$ , fue el 1C; estos sitios, coinciden en que en ellos se encontraron el menor y el mayor valor de densidad del estrato, respectivamente.

Al obtener el área basal en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia

Cuadro 4. Valores de área basal del estrato arbóreo de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio
área basal (m <sup>2</sup> /ha)	11.61	5.60	11.24	6.53	7.26	8.45
área basal absoluta (m <sup>2</sup> /ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Ps fl</i>	8.05 69.34	5.60 100.0	8.16 72.60	6.53 100.0	4.46 61.43	
<i>Pi ha</i>	3.56 30.66	-- --	3.08 27.40	-- --	2.80 38.57	

Sitio	12A	12B	12C	12D	12E	Promedio
área basal (m <sup>2</sup> /ha)	25.41	18.56	14.30	6.54	17.85	16.53
área basal absoluta (m <sup>2</sup> /ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Ps fl</i>	11.16 43.92	9.03 48.65	9.27 64.83	5.72 87.46	7.92 44.37	
<i>Pi ha</i>	14.25 56.08	9.53 51.35	4.25 29.72	0.82 12.54	9.93 55.63	
<i>Abve</i>	-- --	-- --	0.78 5.45	-- --	-- --	

Continúa Cuadro 4.

Sitio	10A	10B	10C	10D	10E	Promedio
área basal (m <sup>2</sup> /ha)	22.60	22.88	16.05	17.42	20.00	19.79
área basal absoluta (m <sup>2</sup> /ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Ps fl</i>	21.69 95.97	21.70 94.84	13.46 83.86	16.52 94.83	15.85 79.25	
<i>Piha</i>	0.12 0.53	0.09 0.40	2.13 13.27	0.90 5.17	0.06 0.30	
<i>Abve</i>	0.79 3.50	-- --	0.46 2.87	-- --	-- --	
<i>Cuar</i>	-- --	1.09 4.76	-- --	-- --	4.09 20.45	

Sitio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
área basal (m <sup>2</sup> /ha)	27.69	14.72	39.56	29.16	11.38	24.50
área basal absoluta (m <sup>2</sup> /ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Ps fl</i>	8.63 31.17	8.77 59.58	6.91 17.47	4.53 15.53	10.54 92.62	
<i>Piha</i>	-- --	0.43 2.92	0.17 0.43	-- --	0.84 7.38	
<i>Abve</i>	11.22 40.52	1.94 13.18	27.67 69.94	17.81 61.08	-- --	
<i>Cuar</i>	5.18 18.71	3.58 24.32	-- --	3.40 11.66	-- --	
<i>Piay</i>	2.66 9.60	-- --	4.81 12.16	3.42 11.73	-- --	

(Cuadro 5) se observa que en el primer grupo, constituido por la mezcla de *Piha/Psfl*, el área basal es alta,  $20.61 \text{ m}^2/\text{ha}$ , no obstante, que en el grupo ocurre una baja densidad,  $483 \text{ ind}/\text{ha}$ ; lo anterior, se relaciona con la presencia, en ese grupo, de la especie intolerante *Piha*, la cual presenta mejores incrementos en diámetro y por lo tanto, mayor diámetro promedio y esto se debe, a su capacidad de autopoda. En los siguientes tres grupos, caracterizados por la mayor presencia de la especie medianamente tolerante *Psfl*, se observa una relación directa entre la densidad y el área basal, en donde los valores de densidad van de bajos a medios  $336, 501$  y  $683 \text{ ind}/\text{ha}$ , resultando en la misma proporción sus valores respectivos, de área basal  $12.38, 13.63$  y  $14.72 \text{ m}^2/\text{ha}$ , asimismo, la especie medianamente tolerante *Psfl* presenta menor diámetro promedio, ya que tiene menor capacidad de autopoda que la especie intolerante. En el último grupo, caracterizado por la presencia de especies tolerantes *Abve, Cuar* y *Piay*, se da el mayor valor de área basal del estrato  $32.14 \text{ m}^2/\text{ha}$ , esto se debe a la elevada densidad  $1,373 \text{ ind}/\text{ha}$  que ocurre en el grupo, lo que se traduce en un menor diámetro promedio de los individuos, debido también, a que las especies tolerantes no se autopodan, permitiendo que sus ramas basales se mantengan funcionales, limitando de esta manera, el crecimiento en diámetro.

Lo anterior tiene correspondencia con el área basal promedio por individuo en los grupos de sitios (Figura 3) en donde el máximo valor  $0.043 \text{ m}^2/\text{ind}$ , se encuentra en los sitios con menor densidad y altitud, ya que al haber poca densidad, la competencia es menor permitiendo que el área basal se distribuya en menos cantidad de individuos, incrementando su valor individual, asimismo, en estos sitios ocurre la especie intolerante *Piha*, la cual se autopoda. En comparación, los menores promedios,  $0.021$  y  $0.023 \text{ m}^2/\text{ind}$ , se dan en los sitios con mayor densidad y altitud, pues la gran cantidad de individuos provoca una competencia mayor, por lo que, el área basal se distribuye

Cuadro 5. Valores de densidad y área basal del estrato arbóreo de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia.

Especies y número de sitios	<i>Piha</i> / <i>Psfl</i>		<i>Psfl</i> / <i>Piha</i>		<i>Psfl</i>		<i>Psfl</i> / <i>Cuar</i> / <i>Abve</i>		<i>Abve</i> / <i>Psfl</i> / <i>Cuar</i>	
	3		3		10		1		3	
	densidad	área basal	densidad	área basal	densidad	área basal	densidad	área basal	densidad	área basal
	(ind/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(ind/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(ind/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(ind/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	(ind/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)
	483	20.61	336	12.38	501	13.63	683	14.72	1,373	32.14
valores relativos	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
especies										
<i>Psfl</i>	47.14	45.46	72.62	68.58	90.22	89.58	68.38	59.58	16.17	20.81
<i>Piha</i>	52.86	54.54	26.49	29.32	4.39	5.72	1.17	2.92	0.22	0.19
<i>Cuar</i>	--	--	--	--	4.79	3.82	19.47	24.32	7.87	8.90
<i>Piay</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	6.92	11.29
<i>Abve</i>	--	--	0.89	2.10	0.60	0.88	10.98	13.18	68.82	58.80

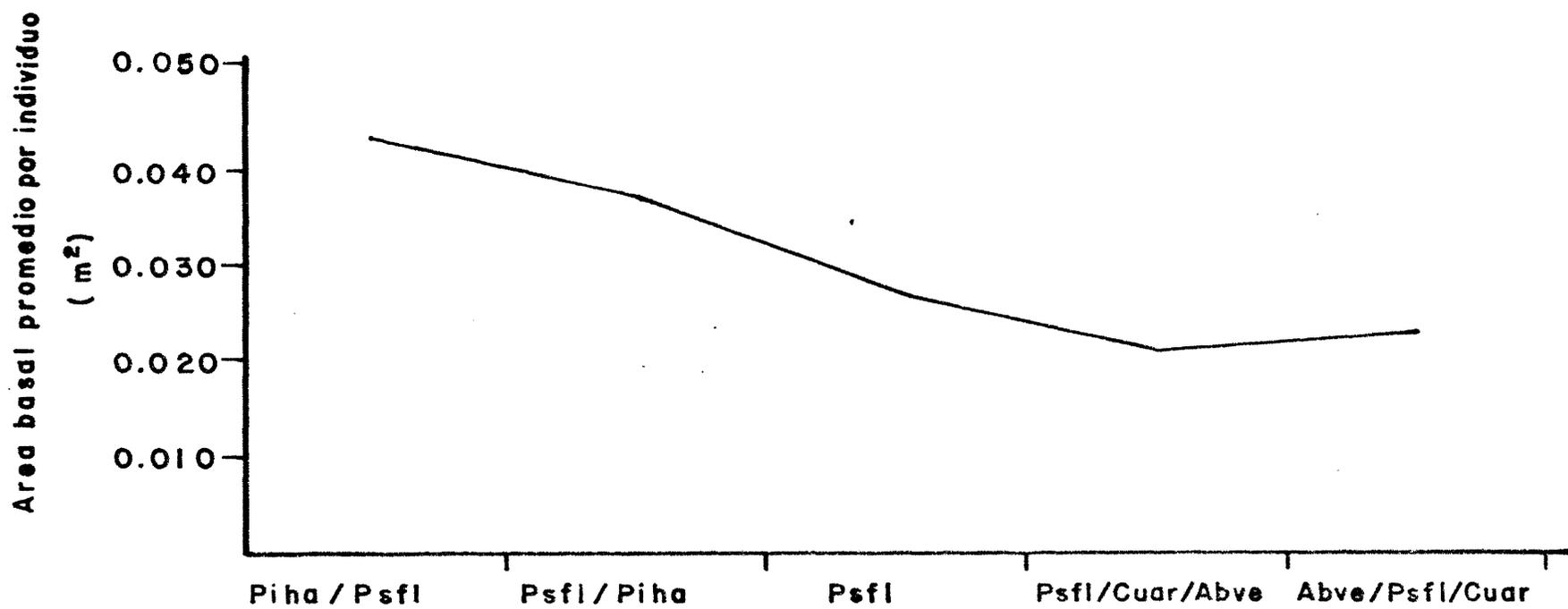


Figura 3 Area basal promedio por individuo en los grupos de sitios. (Ver Cuadro 5)

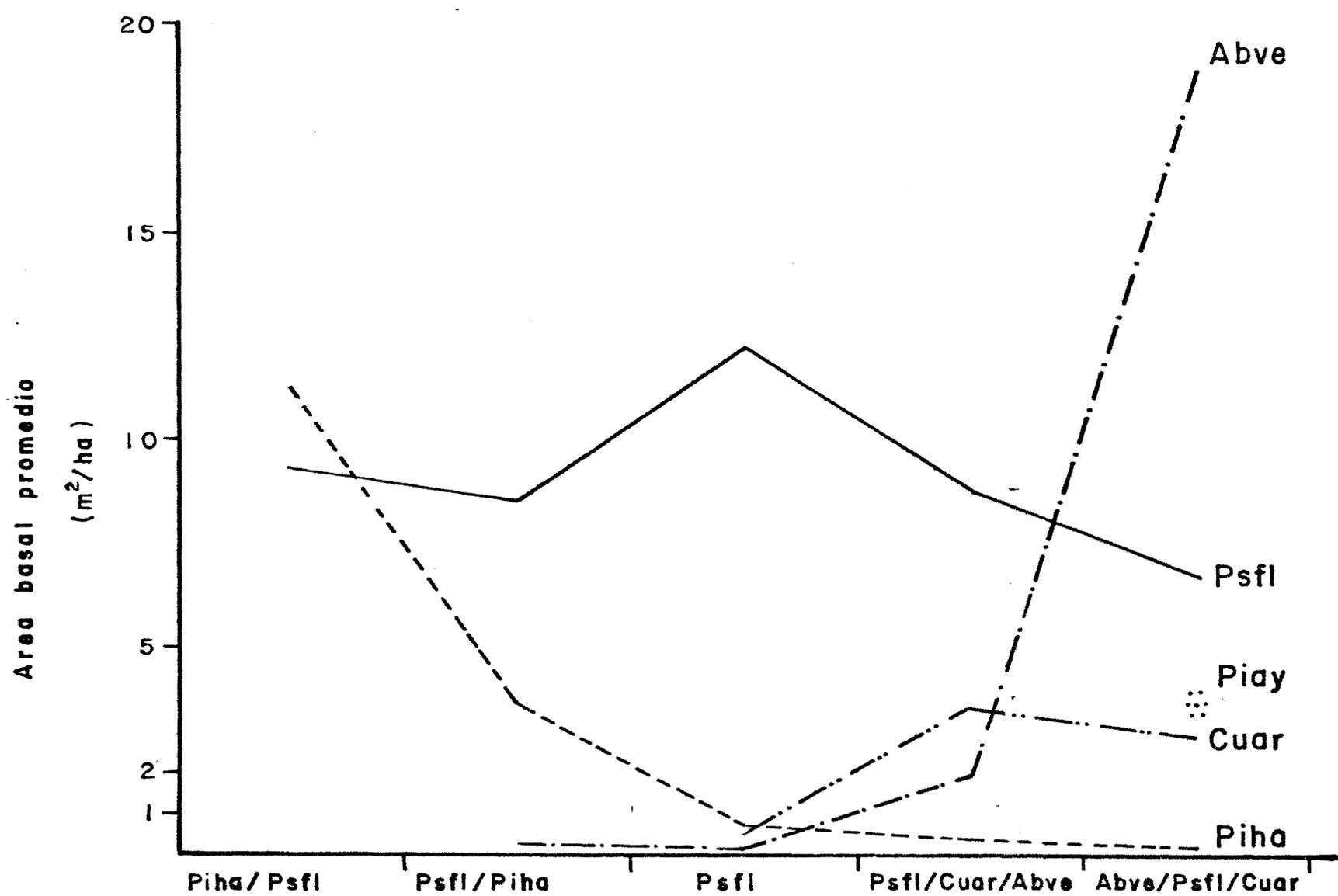


Figura 4 Area basal promedio de las especies en los grupos de sitios. (Ver Cuadro 5)

en más individuos, disminuyendo su valor individual, además, en estos sitios se presentan especies tolerantes las cuales no se autopodan.

Asimismo, lo antes mencionado, tiene relación con el área basal promedio de las especies en los grupos de sitios (Figura 4); ya que la especie intolerante *Piha* encuentra su máximo valor de área basal  $11.24 \text{ m}^2/\text{ha}$ , en los sitios con menor densidad y altitud, el cual disminuye a  $3.63$ ,  $0.78$  y  $0.43 \text{ m}^2/\text{ha}$ , con el gradiente altitudinal y con la mayor presencia de la especie medianamente tolerante *Psfl*, hasta alcanzar su menor valor,  $0.06 \text{ m}^2/\text{ha}$ , en los sitios con mayor densidad y altitud, en donde se distribuyen mayormente especies tolerantes. De manera contrastante, la especie tolerante *Abve* presenta sus menores valores de área basal,  $0.26$ ,  $0.12$  y  $1.94 \text{ m}^2/\text{ha}$ , en sitios con densidades y altitudes bajas e intermedias, pero su mayor valor,  $18.90 \text{ m}^2/\text{ha}$ , ocurre en los sitios con mayor densidad y altitud. La especie medianamente tolerante *Psfl*, se comporta como tal, pues sus menores valores de área basal se dan, cuando está asociada con la especie intolerante *Piha*,  $9.37$  y  $8.49 \text{ m}^2/\text{ha}$  y cuando lo está con especies tolerantes *Abve*, *Cuar* y *Piay*,  $8.77$  y  $6.69 \text{ m}^2/\text{ha}$ , encontrando su mayor valor,  $12.21 \text{ m}^2/\text{ha}$ , cuando los sitios son puros de la especie.

4.2.1.3. Estructura. La estructura del estrato arbóreo de coníferas se analiza a partir de sus valores de diámetro normal y de altura.

El estrato presenta un diámetro normal promedio de  $16.95 \text{ cm}$  (Cuadro 6). El diámetro normal promedio en el conglomerado 13 es de  $15.89 \text{ cm}$ , el cual se incrementa en el conglomerado 12 a  $19.67 \text{ cm}$ , mismo que, disminuye en el conglomerado 10 a  $17.95 \text{ cm}$  y más aún, en el conglomerado 1 a  $14.28 \text{ cm}$ .

El diámetro mayor que se determinó fue de  $88.7 \text{ cm}$  y el menor de  $5 \text{ cm}$ .

Cuadro 6. Valores del diámetro normal promedio del estrato arbóreo de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio	12A	12B	12C	12D	12E	Promedio
diámetro normal promedio (cm)	19.91	18.92	15.82	12.04	12.76	15.89	29.14	17.60	19.43	14.48	17.71	19.67
especie	diámetro normal promedio (cm)					diámetro normal promedio (cm)						
<i>Psfl</i>	18.50	18.92	14.74	12.04	10.88		27.10	17.57	17.89	13.81	16.86	
<i>Piha</i>	24.11	--	18.86	--	37.20		31.18	17.64	22.02	24.90	18.48	
<i>Abve</i>	--	--	--	--	--		--	--	34.50	--	--	

Sitio	10A	10B	10C	10D	10E	Promedio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
diámetro normal promedio (cm)	27.02	13.74	17.87	15.06	16.07	17.95	16.21	14.42	13.48	14.36	12.94	14.28
especie	diámetro normal promedio (cm)					diámetro normal promedio (cm)						
<i>Psfl</i>	27.17	14.40	17.67	14.90	16.00		15.04	13.34	19.27	13.17	12.90	
<i>Piha</i>	13.80	6.50	20.94	18.45	6.70		--	25.50	16.00	--	13.42	
<i>Abve</i>	34.70	--	15.30	--	--		15.77	16.06	12.67	15.08	--	
<i>Cuar</i>	--	9.65	--	--	17.79		20.80	16.60	--	11.09	--	
<i>Piay</i>	--	--	--	--	--		18.93	--	19.89	20.10	--	

La estructura por categorías diamétricas del estrato (Figura 5) muestra una forma piramidal, típica de una población en vías de crecimiento, lo cual es congruente con la estructura que presentan los sitios (Apéndice 2); ya que, diez de ellos, los sitios 13D, 13E, 13B, 12D, 10B, 10D, 1B, 1C, 1D y 1E presentan una estructura en forma de pirámide, mientras que, ocho sitios, los sitios 13A, 13B, 13C, 12C, 12E, 10C, 10E y 1A, tienen una estructura en forma de campana, característico de una población estable; finalmente, sólo dos sitios, el 12A y el 10A muestran una estructura en forma de urna, siendo propio de una población decreciente. En estos dos últimos sitios ocurren los mayores diámetros normales promedio 29.14 y 27.02 cm, respectivamente.

El diámetro normal promedio de las especies (Cuadro 7) muestra que el mayor valor, 20.43 cm, corresponde a la especie intolerante *Piha*, el menor valor 13.95 cm, a la especie tolerante *Abve* y el valor intermedio, 15.68 cm, a la especie medianamente tolerante *Psfl*.

Cuadro 7. Valores de diámetro normal promedio de las especies.

Especie	diámetro normal (cm) promedio
<i>Piha</i>	20.43
<i>Piay</i>	19.71
<i>Psfl</i>	15.68
<i>Cuar</i>	14.16
<i>Abve</i>	13.95

En relación con la altura, el estrato presenta un valor promedio de 11.47 m (Cuadro 8). La altura promedio en el conglomerado 13 es de 10.18 m la cual aumenta en el conglomerado 12 a 12.17 m, luego disminuye ligeramente en el conglomerado 10 a 11.66 m, para mantenerse casi igual en el con-

Densidad Promedio = 613 ind/ha

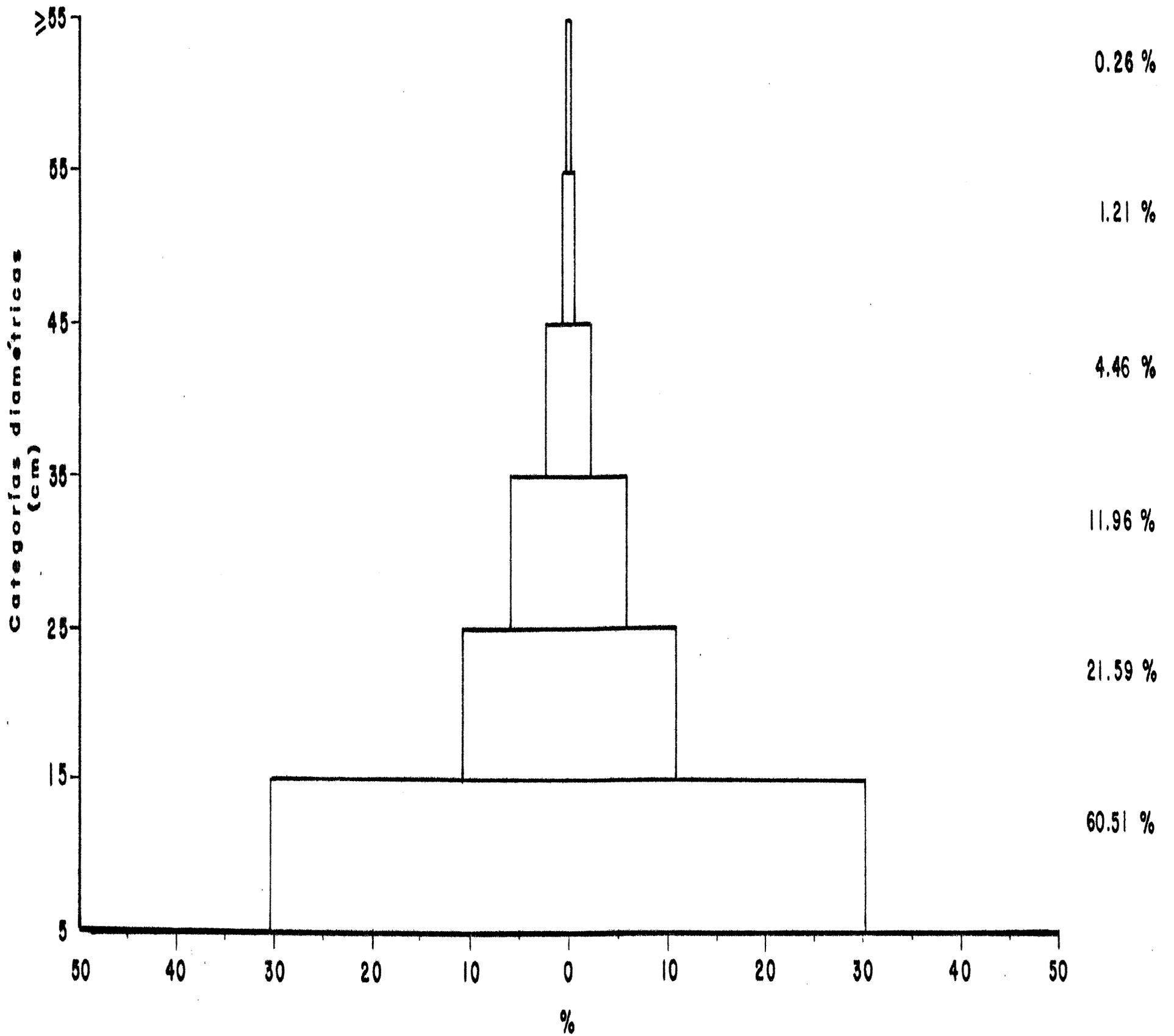


Figura 5 Estructura por categorías diamétricas del estrato arbóreo de coníferas.

Cuadro 8. Valores de altura promedio del estrato arbóreo de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio	12A	12B	12C	12D	12E	Promedio
altura promedio (m)	10.49	10.79	9.22	9.57	10.83	10.18	16.93	12.99	10.72	9.69	10.43	12.15
especie	altura promedio (m)						altura promedio (m)					
<i>Psfl</i>	10.78	10.79	9.32	9.57	10.30		17.39	14.43	10.60	9.36	11.15	
<i>Piha</i>	9.62	--	8.94	--	17.83		16.47	11.80	9.85	14.82	9.78	
<i>Abve</i>	--	--	--	--	--		--	--	25.00	--	--	

Sitio	10A	10B	10C	10D	10E	Promedio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
altura promedio (m)	15.25	11.58	11.03	10.70	9.77	11.66	14.06	11.31	11.65	11.59	10.90	11.90
especie	altura promedio (m)						altura promedio (m)					
<i>Psfl</i>	15.29	12.23	10.90	10.57	10.14		13.32	11.97	12.46	11.08	11.04	
<i>Piha</i>	7.50	6.17	10.70	13.37	4.00		--	15.50	14.00	--	9.43	
<i>Abve</i>	21.10	--	13.33	--	--		14.99	13.24	11.58	12.68	--	
<i>Cuar</i>	--	7.26	--	--	8.82		12.00	10.34	--	8.78	--	
<i>Piay</i>	--	--	--	--	--		14.58	--	11.82	11.27	--	

glomerado 1, 11.90 m. La altura menor que se encontró fue de 2 m y la mayor de 35 m.

La estructura por categorías de altura del estrato (Figura 6) se asemeja a una campana, en donde la mayoría de los individuos se concentran en la segunda y tercera categorías, esto se debe, a que la mayoría de los sitios presentan una estructura semejante (Apéndice 2); sólo los sitios 12A y 10A, la mayoría de los individuos se agrupan a la cuarta y quinta categoría; en los mismos, ocurren las mayores alturas promedio, 16.93 y 15.25 m, respectivamente.

En los valores de la altura promedio de las especies (Cuadro 9) se observa que el valor más alto 12.46 m corresponde a la especie tolerante *Abve*, el valor intermedio, 11.43 m a la especie medianamente tolerante *Psfl* y uno de los más bajos, 11.32 m a la especie intolerante *Piha*.

Cuadro 9. Valores de altura promedio de las especies.

Especie	altura promedio (m)
<i>Abve</i>	12.46
<i>Piay</i>	12.37
<i>Psfl</i>	11.43
<i>Piha</i>	11.32
<i>Cuar</i>	9.20

Al comparar los valores promedio de diámetro normal y de altura de las especies (Cuadros 7 y 9) se observa una relación inversamente proporcional entre la especie tolerante *Abve* y la intolerante *Piha*, ya que mientras la primera tiene el menor valor de diámetro normal, 13.95 cm, y el más alto valor de altura 12.46 m, la segunda, presenta sus valores al revés, pues tiene el mayor valor de diámetro normal 20.43 cm, y uno de los menores valores de altura 11.32 m; este se debe, a que las especies tolerantes crecen más en altura, al intentar encontrar la luz, que en diámetro pues no se autopodan, en cambio, las especies intolerantes crecen más en diámetro, por su capacidad de autopodo-

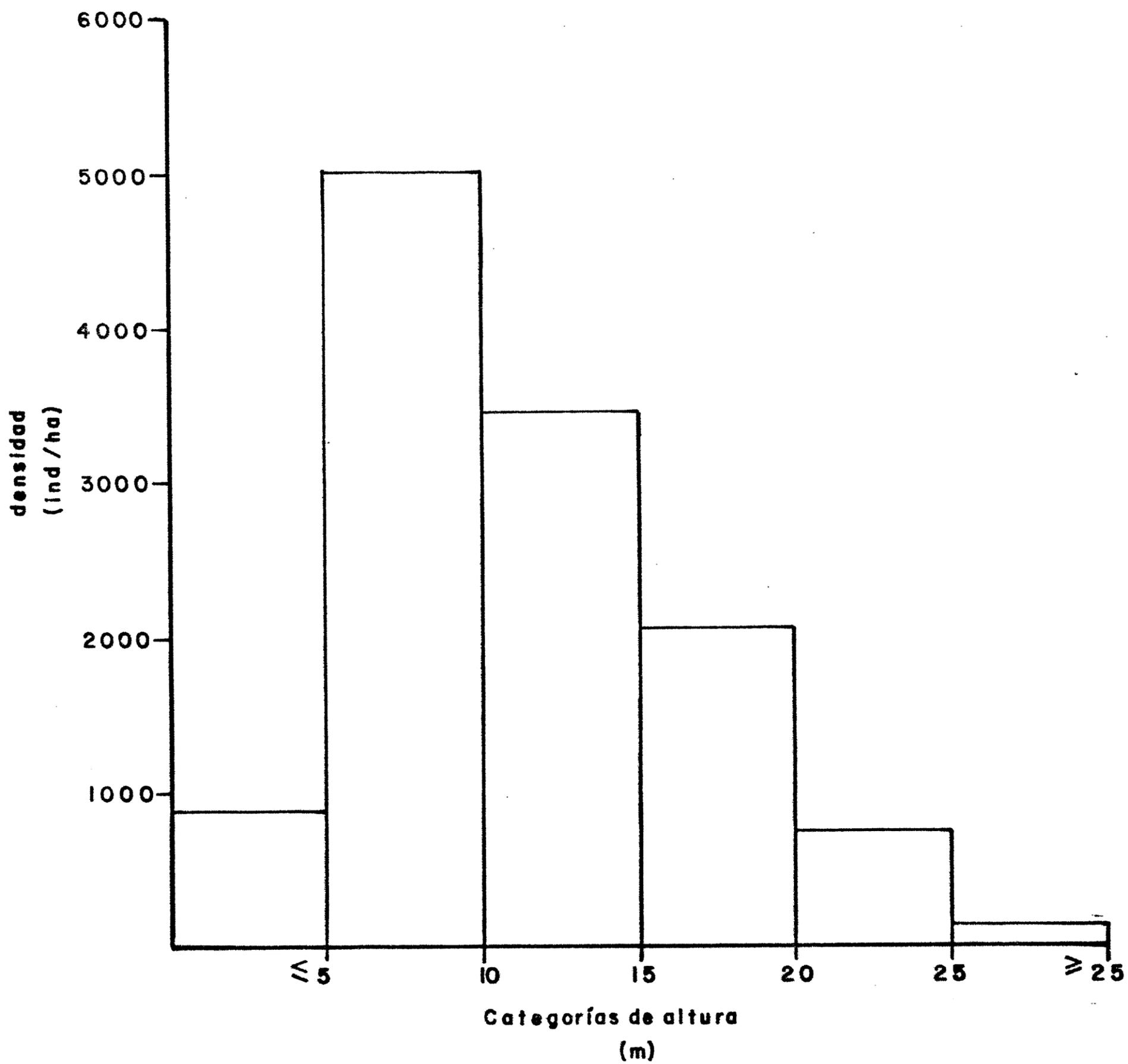


Figura 6 Estructura por categorías de altura del estrato arbóreo de coníferas.

da, que en altura. Los valores promedio de diámetro normal y de altura de la especie medianamente tolerante *Psfl*, 15.68 cm y 11.43 m respectivamente, resultan ser los valores medios caracterizando a la especie como medianamente tolerante.

El diámetro normal promedio en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia (Cuadro 10), presenta sus más altos valores 20.16 y 17.89 cm en los grupos donde ocurre la mayor proporción de la especie intolerante *Piha-Piha/Psfl* y *Psfl/Piha*- lo cual se debe, a la capacidad de autopoda de la especie intolerante; el diámetro normal disminuye a 15.30 cm, en los sitios puros de la especie medianamente tolerante *Psfl*, pues esta especie tiene menos capacidad de autopoda, por último el diámetro normal baja más aún a 14.42 y 14.37 cm en los sitios donde ocurren mayormente las especies tolerantes, *Abve* y *Cuar*, las cuales no se autopodan. Con respecto a la altura promedio, en estos grupos de sitios, se observa un alto valor, 12.92 m, en el grupo con asociación *Piha/Psfl*, debido a que en el grupo, se presenta el más alto valor, 13.92 m, de la especie medianamente tolerante *Psfl*; posteriormente, la altura disminuye a 9.85 m en el grupo con asociación de *Psfl/Piha*, pero se incrementa a 10.99 m en los sitios puros de la especie medianamente tolerante *Psfl*, para luego ascender más a 11.31 y 12.17 m en los grupos con mayor presencia de especies tolerantes, *Abve* y *Cuar*, este aumento progresivo de la altura se debe a que las especies medianamente tolerantes y tolerantes se caracterizan, porque, al momento de estar bajo un dosel, tienden a crecer más en altura, para tratar de alcanzar la luz.

La estructura por categorías diamétricas, en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia, muestra en el caso de los sitios ubicados en la ladera baja, los cuales se caracterizan por la asociación de *Piha/Psfl* y *Psfl/Piha* y por encontrarse en estadios sucesiona-

Cuadro 10. Valores promedio del diámetro normal ( $\bar{dn}$ ) y de la altura ( $\bar{a}$ ) del estrato arbóreo de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia.

Especies y número de sitios	<i>Piha</i> / <i>Ps fl</i>		<i>Ps fl</i> / <i>Piha</i>		<i>Ps fl</i>		<i>Ps fl</i> / <i>Cuar</i> / <i>Abve</i>		<i>Abve</i> / <i>Ps fl</i> / <i>Cuar</i>	
	3		3		10		1		3	
$\bar{dn}$ (cm)	20.16		17.89		15.30		14.42		14.37	
$\bar{a}$ (m)	12.92		9.85		10.99		11.31		12.17	
	$\bar{dn}$ (cm)	$\bar{a}$ (m)	$\bar{dn}$ (cm)	$\bar{a}$ (m)	$\bar{dn}$ (cm)	$\bar{a}$ (m)	$\bar{dn}$ (cm)	$\bar{a}$ (m)	$\bar{dn}$ (cm)	$\bar{a}$ (m)
especie										
<i>Ps fl</i>	19.52	13.92	19.59	9.98	15.22	11.13	13.34	11.97	15.04	12.44
<i>Piha</i>	20.74	12.04	21.52	9.48	17.96	10.80	25.50	15.50	16.00	14.00
<i>Cuar</i>	--	--	--	--	13.60	8.01	16.60	10.34	13.58	9.61
<i>Piay</i>	--	--	--	--	--	--	--	--	19.70	12.37
<i>Abve</i>	--	--	34.50	25.00	20.15	15.37	16.06	13.24	13.76	12.37

les menos avanzados, una forma de campana (Figuras 7 y 8) típica de una población estable; dado que, en ambos grupos de sitios ocurre un porcentaje medio, 44.31 y 49.70%, respectivamente, de individuos jóvenes, ubicados en la categoría diamétrica de 5 a 15 cm, de esta manera, el reemplazo de los individuos muertos se da en la misma proporción de los individuos que nacen. En los sitios localizados en la ladera media, sitios puros de la especie medianamente tolerante *Psfl*, y en los sitios de la ladera alta, en los cuales se distribuyen mayormente las especies tolerantes *Abve* y *Cuar* y se encuentran en estadios sucesionales más avanzados, la estructura en estos tres grupos es de forma de una pirámide (Figuras 9, 10 y 11) característica de una población en crecimiento; ya que, en estos grupos de sitios se presenta un alto porcentaje, 64.07, 60.91 y 64.38%, en ese orden, de individuos jóvenes en la categoría de 5 a 15 cm, por lo que, se da una mucho mayor cantidad de individuos jóvenes de los necesarios para el reemplazo de los individuos que mueren.

4.2.1.4. La edad y sus relaciones con el diámetro normal y la altura. El estrato arbóreo de coníferas presenta una edad promedio de 46 años (Cuadro 11). La edad promedio en el conglomerado 13 es de 38 años, la cual se eleva en el conglomerado 12 a 47 años, luego desciende ligeramente, en el conglomerado 10 a 46 años y asciende, en el conglomerado 1 a 51 años. La edad menor que se determinó fue de 20 años y la mayor de 263 años.

La edad promedio en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia (Cuadro 12), muestra un alto valor, 51 años, en sitios con menor altitud y de la asociación *Piha/Psfl*, esto se debe, a que la mayoría de los individuos de la especie intolerante *Piha* tienen edades avanzadas, dado que en la sucesión las especies intolerantes fueron las primeras en establecerse; posteriormente, la edad disminuye a 42 años, en los sitios con asociación de *Psfl/Piha*, y se incrementa a 43 años en los sitios con altitudes medias, en los sitios puros de la especie medianamente

483 ind/ha

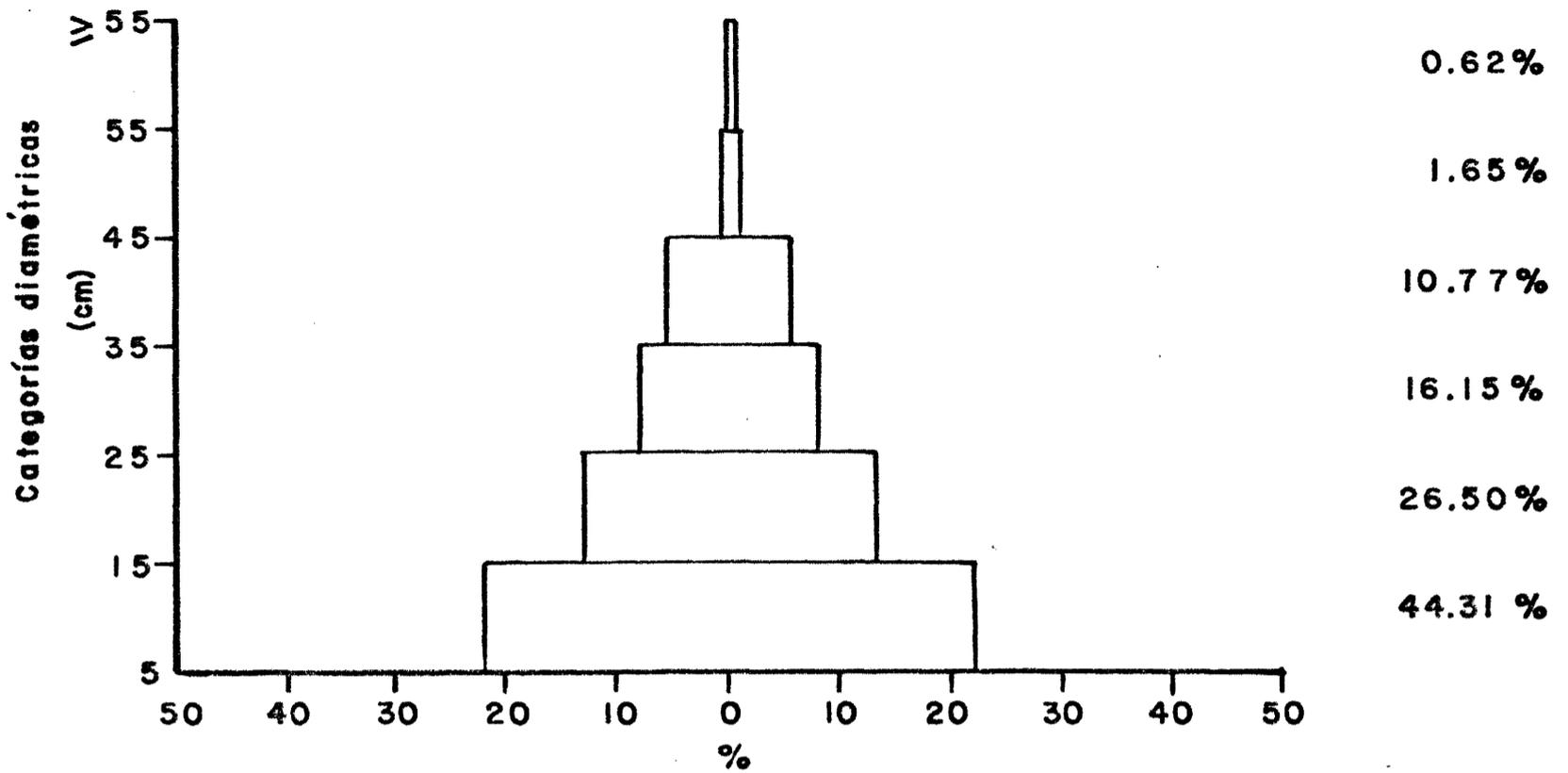


Figura 7 Estructura por categorías diamétricas de los sitios con asociación de Piha/Psfl.

336 ind/ha

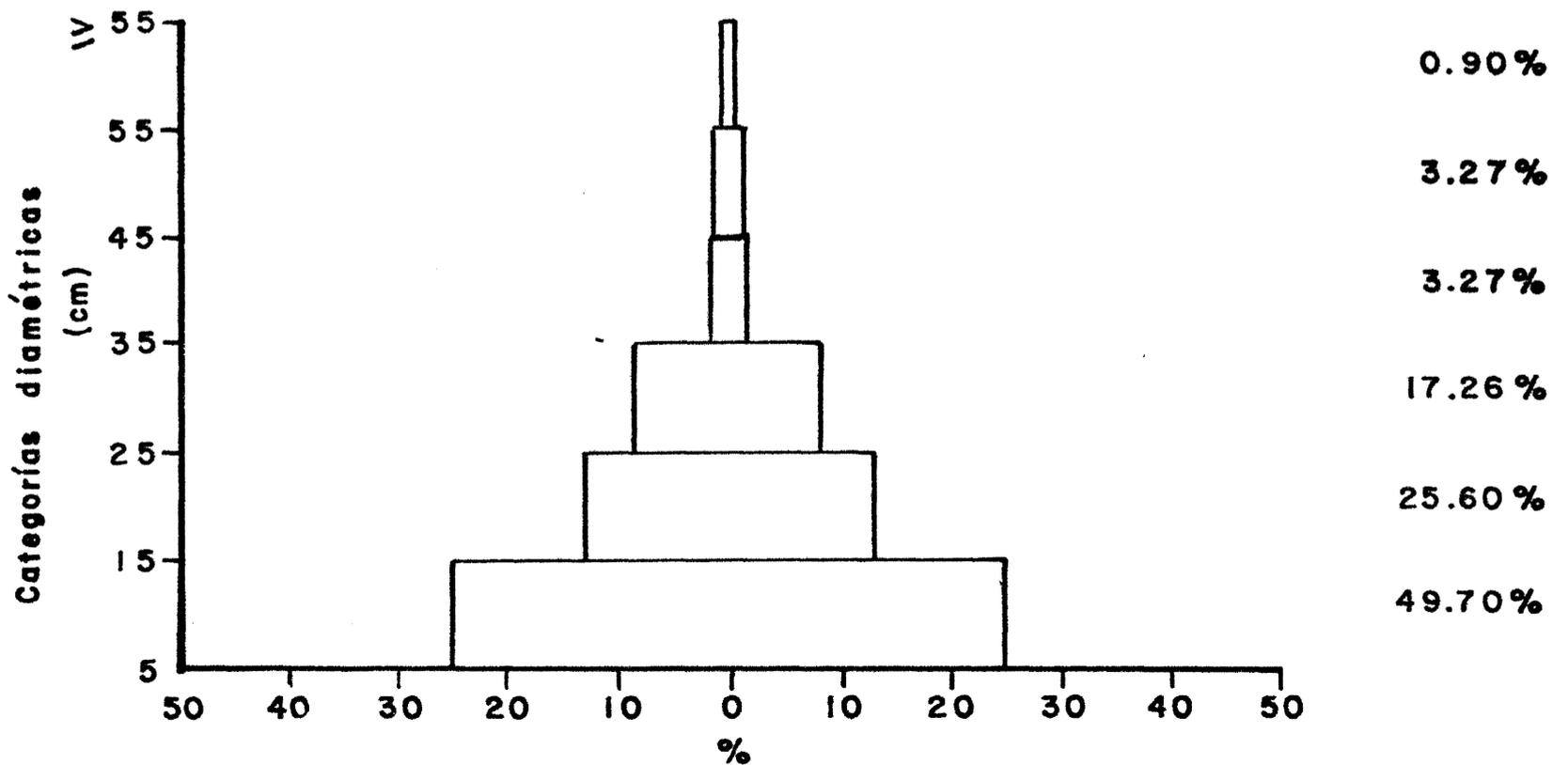


Figura 8 Estructura por categorías diamétricas de los sitios con asociación de Psfl/Piha

501 ind/ha

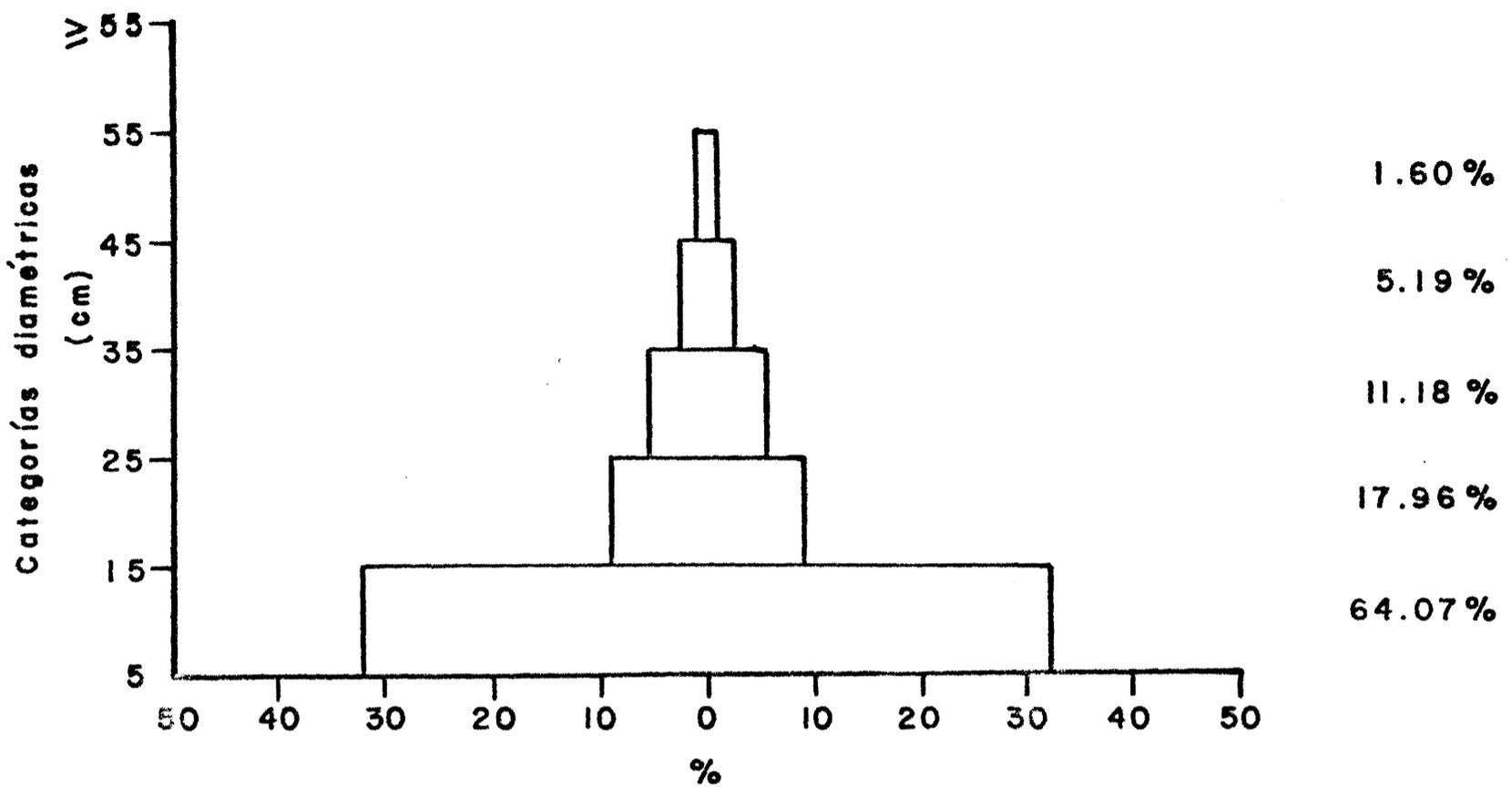


Figura 9 Estructura por categorías diamétricas de los sitios puros de Psfl.

683 ind/ha

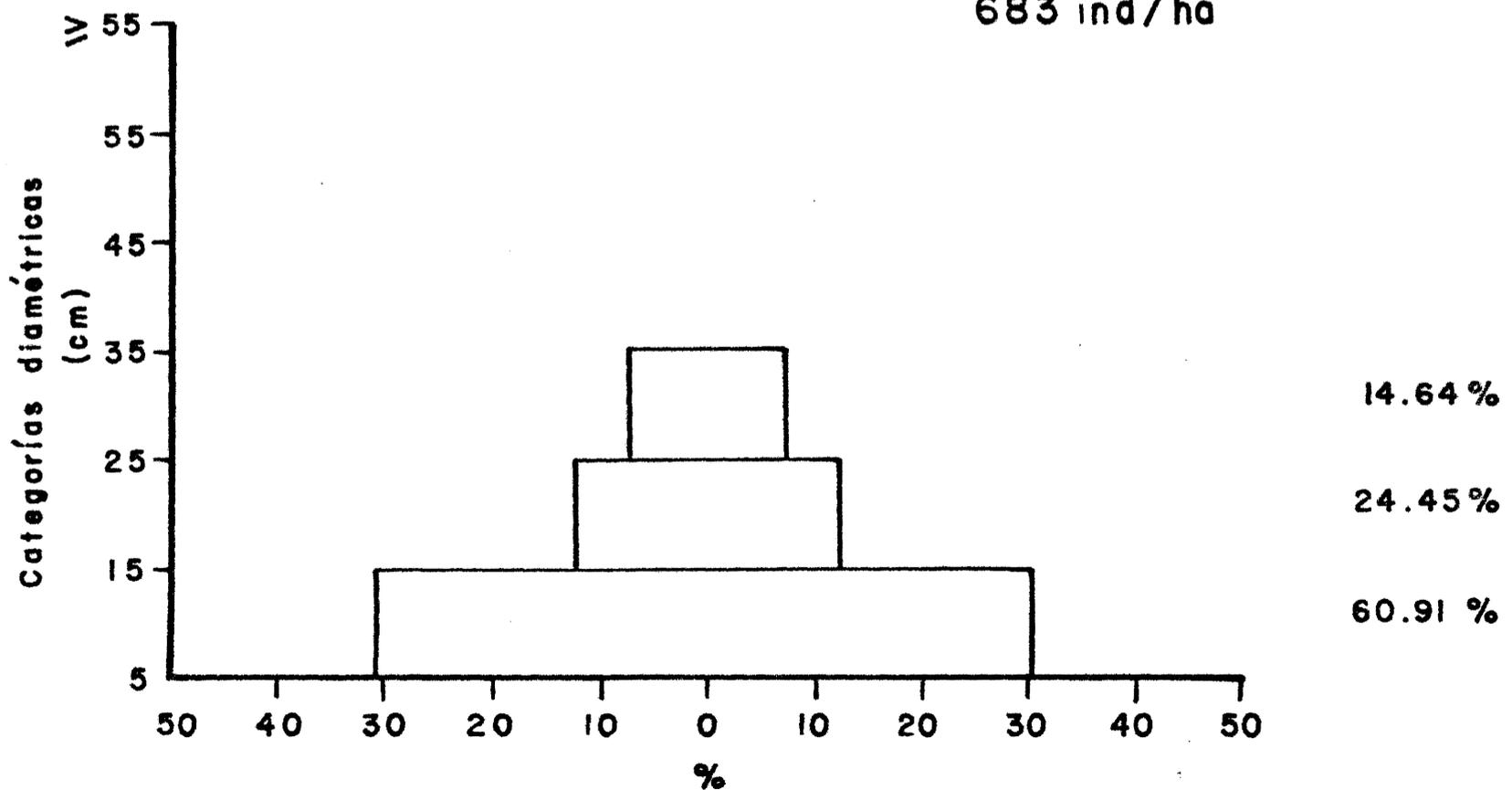


Figura 10 Estructura por categorías diamétricas del sitio con asociación Psfl/Cuar/Abve

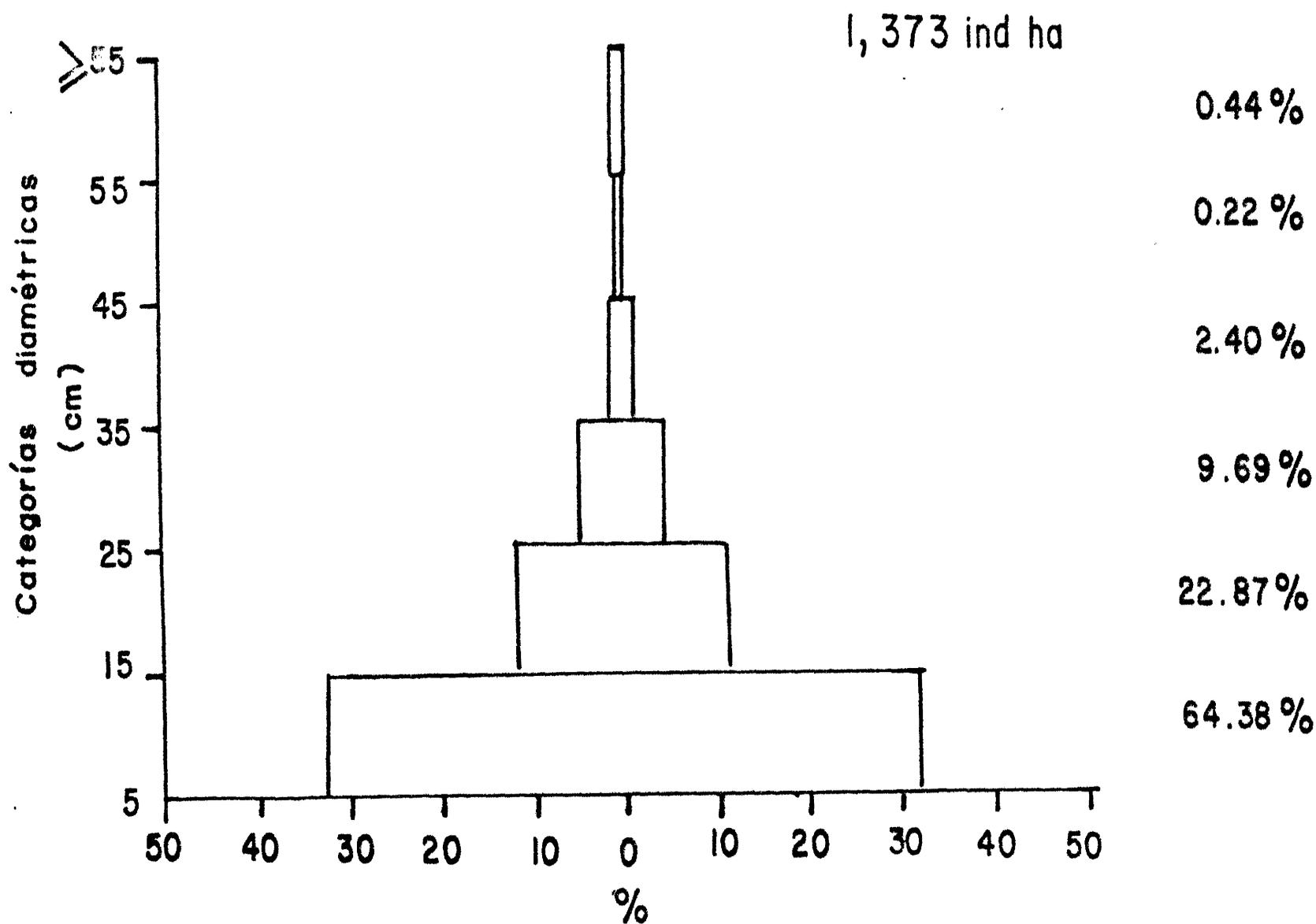


Figura II Estructura por categorías diamétricas de los sitios con asociación Abve / Psfl / Cuar

Cuadro 11. Valores de edad del estrato arbóreo de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio	12A	12B	12C	12D	12E	Promedio
edad (años)	48	47	34	30	32	38	57	40	44	36	59	47
especie	edad (años)						edad (años)					
<i>Ps fl</i>	48	47	34	30	31		56	42	43	35	57	
<i>Piha</i>	47	--	33	--	49		59	38	46	47	61	
<i>Abve</i>	--	--	--	--	--		--	--	57	--	--	

Sitio	10A	10B	10C	10D	10E	Promedio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
edad (años)	56	42	40	38	56	46	51	51	51	57	45	51
especie	edad (años)						edad (años)					
<i>Ps fl</i>	56	42	40	38	55		48	48	63	52	46	
<i>Piha</i>	45	39	42	39	33		--	56	25	--	42	
<i>Abve</i>	66	--	32	--	--		48	48	50	58	--	
<i>Cuar</i>	--	41	--	--	61		80	62	--	63	--	
<i>Piay</i>	--	--	--	--	--		47	--	61	52	--	

tolerante *Psfl* y se eleva aún más a 51 y a 53 años en los sitios con mayor altitud y en donde se distribuyen mayormente las especies tolerantes *Abve* y *Cuar*. Lo anterior, demuestra que la edad se incrementa con el gradiente altitudinal y con la presencia de especies tolerantes, y que los sitios ubicados en la ladera alta de la sierra, se encuentran en estadios sucesionales más avanzados.

Cuadro 12. Valores promedio de la edad ( $\bar{e}$ ) del estrato arbóreo de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia.

Especies y número de sitios	<i>Piha/Psfl</i>	<i>Psfl/Piha</i>	<i>Psfl</i>	<i>Psfl/Cuar/Abve</i>	<i>Abve/Psfl/Cuar</i>
	3	3	10	1	3
$\bar{e}$ (años)	51	42	43	51	53
especie	$\bar{e}$ (años)	$\bar{e}$ (años)	$\bar{e}$ (años)	$\bar{e}$ (años)	$\bar{e}$ (años)
<i>Psfl</i>	51	41	42	48	52
<i>Piha</i>	50	42	42	56	25
<i>Cuar</i>	--	--	51	62	68
<i>Piay</i>	--	--	--	--	54
<i>Abve</i>	--	57	41	48	52

Con respecto a la relación edad-diámetro normal de las especies; ésta se ajustó en *Abve* y *Cuar* al modelo lineal (Figuras 12 y 13); en *Psfl* y *Piay* al modelo potencial (Figuras 14 y 15), y en *Piha* al modelo logarítmico (Figura 16). Para probar la bondad de estos ajustes se hicieron sus respectivos análisis de varianza (Apéndice 3); resultando en todos los ajustes,

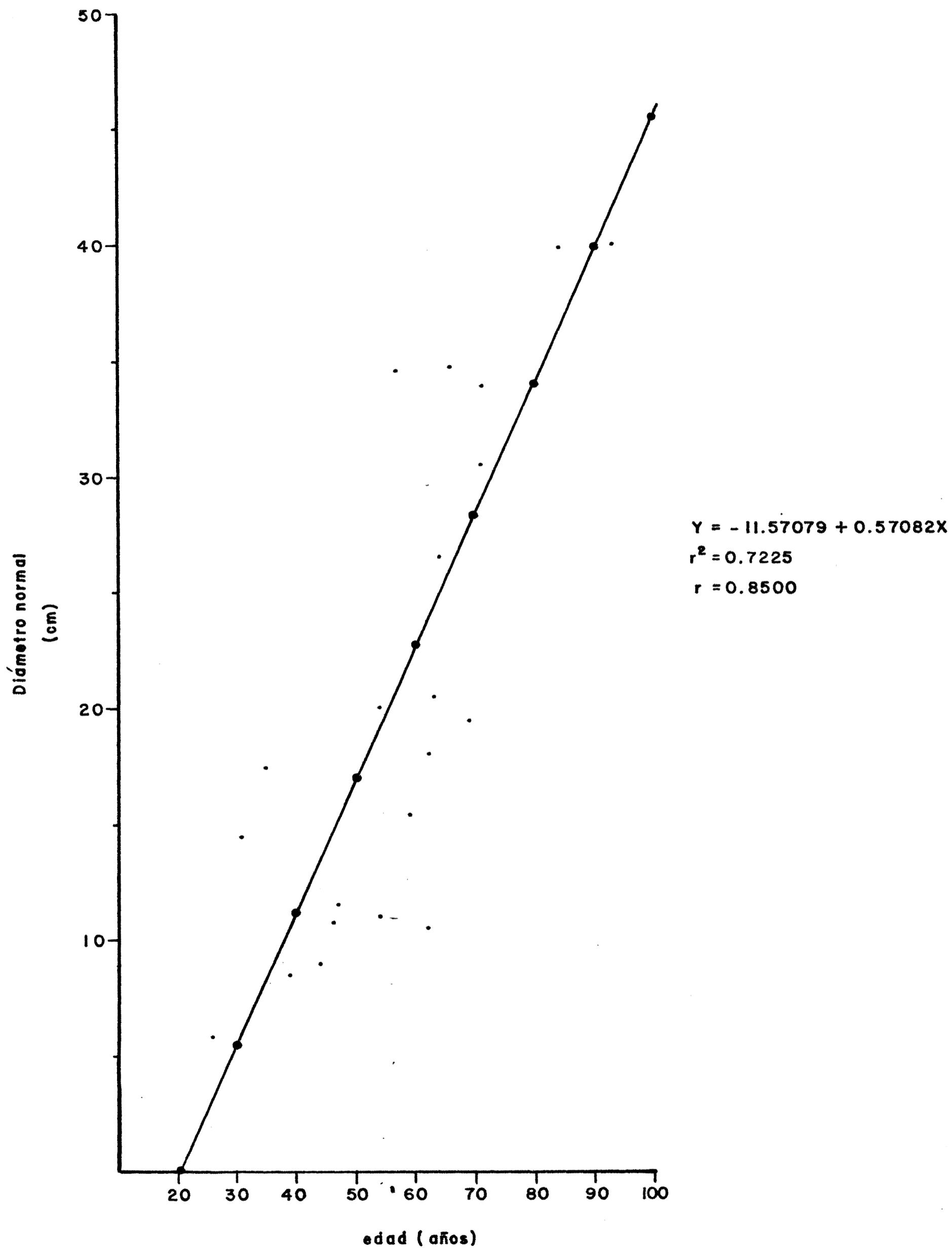


Figura 12 Relación edad - diámetro de Abies vejarii var. macrocarpa

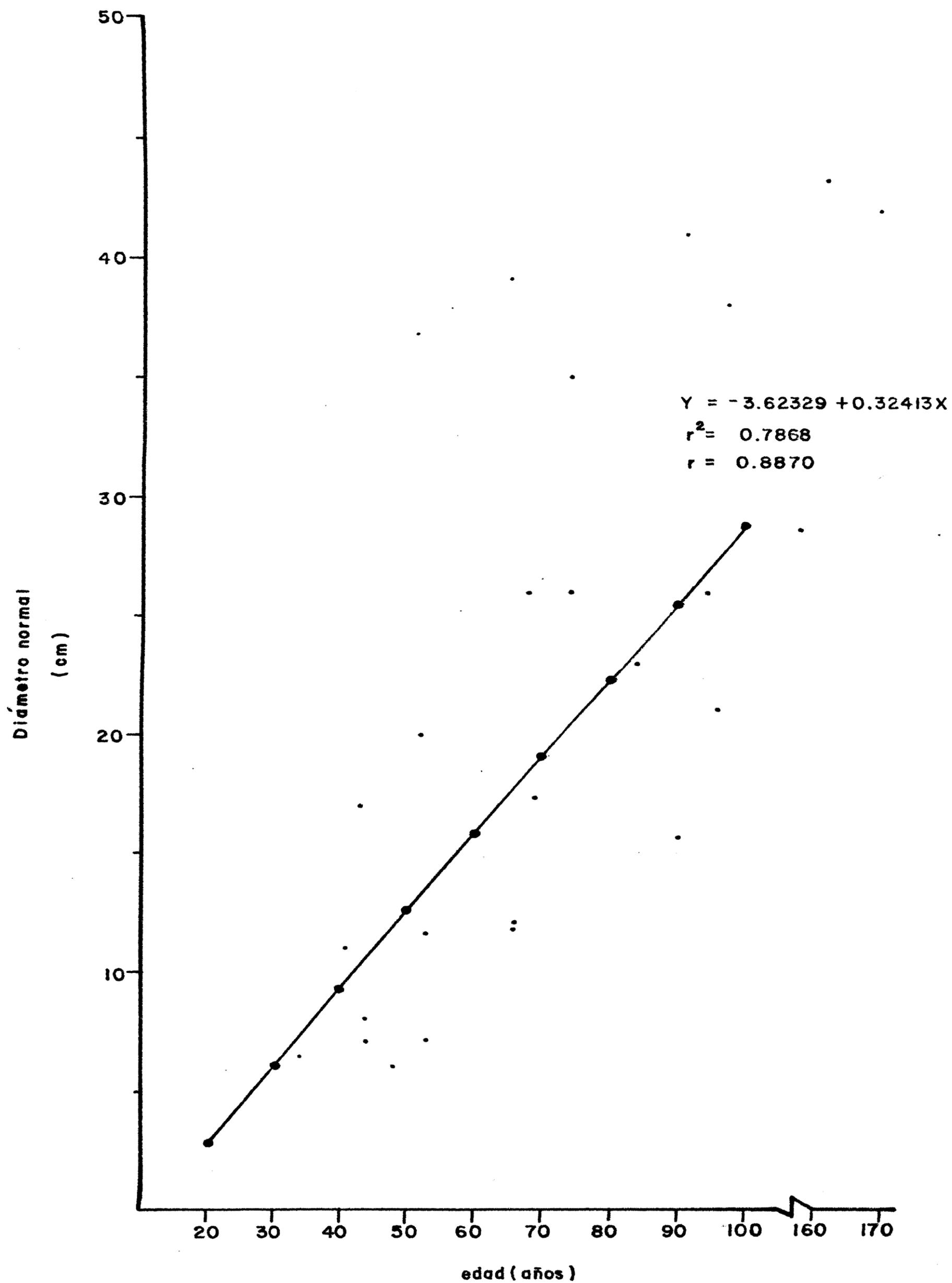


Figura 13 Relación edad-díámetro de *Cupressus arizonica*

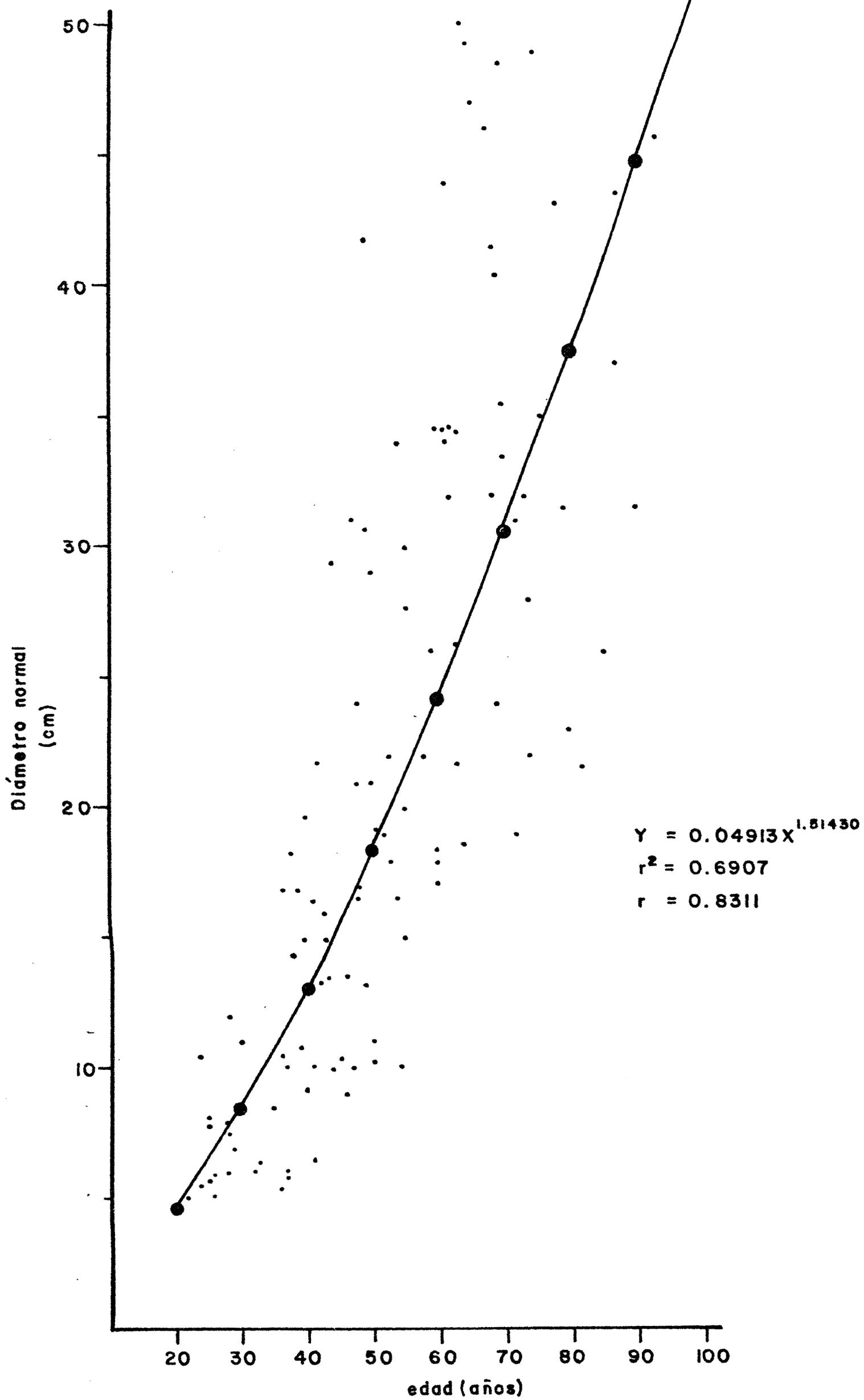


Figura 14 Relación edad-diámetro de Pseudotsuga flahaulti

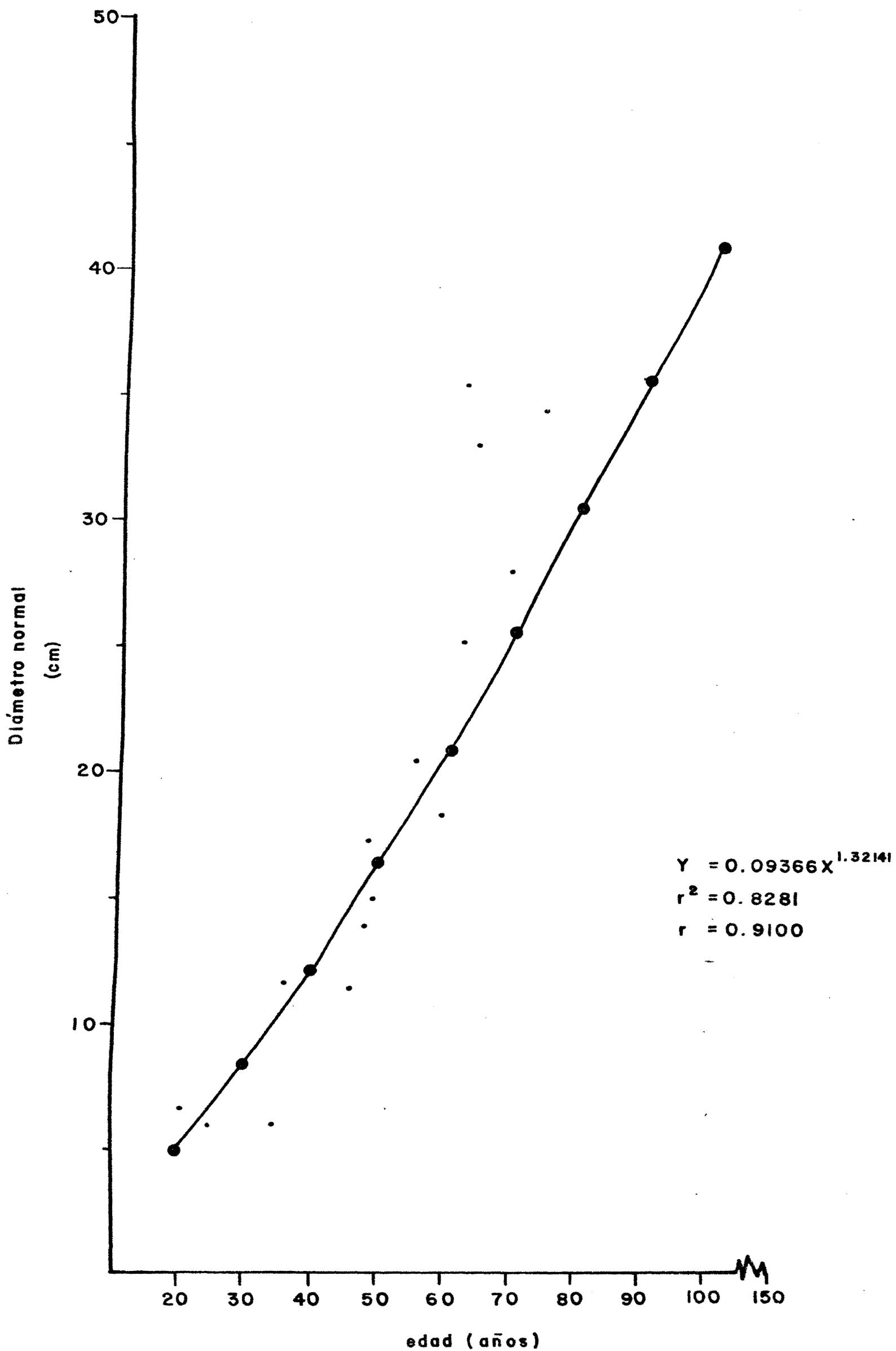


Figura 15 Relación edad-diámetro de Pinus ayacahuite var. brachyptera.

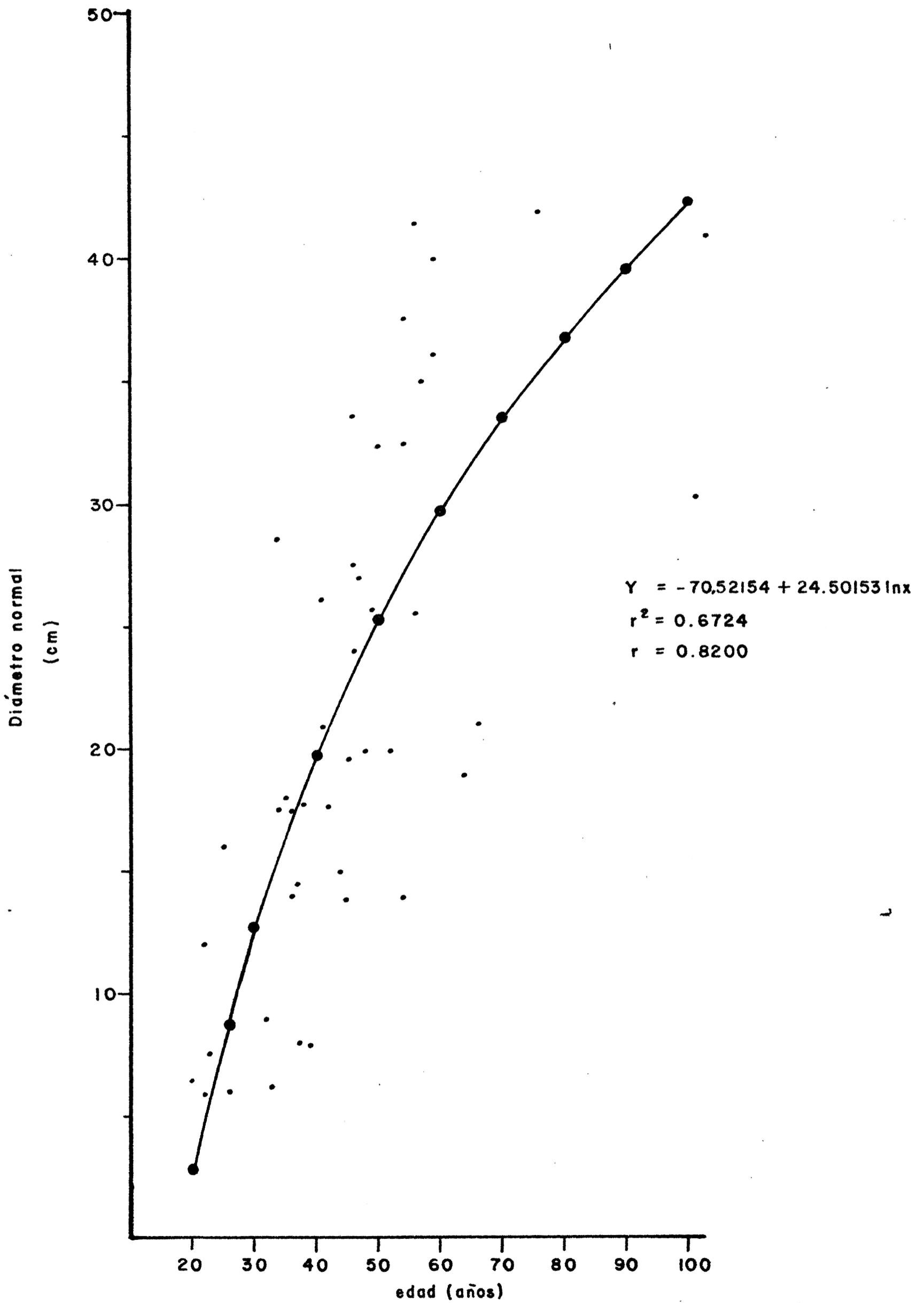


Figura 16 Relación edad-díametro de Pinus hartwegii.

una diferencia altamente significativa (Cuadro 13), por lo que, existe una alta correlación entre dichas variables.

Cuadro 13. Ecuaciones de la relación edad-diámetro normal de las especies y sus valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ), del coeficiente de correlación simple ( $r$ ), de  $F$  calculada ( $F_c$ ) y de  $F$  tabulada ( $F_t$ ).

Espece	ecuación	$r^2$ $r$	$F_c$	$F_t$
Abve	$y = -11.57079 + 0.57082x$	0.7225	59.847	4.28**
		0.8500	(1, 23)	7.88
Cuar	$y = -3.62329 + 0.32413x$	0.7868	81.507	4.30**
		0.8870	(1, 22)	7.95
Psfl	$y = 0.04913x^{1.51430}$	0.6907	194.528	3.92**
		0.8311	(1, 113)	6.85
Piay	$y = 0.09366x^{1.32141}$	0.8281	67.658	4.60**
		0.9100	(1, 14)	8.86
Piha	$y = -70.52154 + 24.50153 \ln x$	0.6724	92.242	4.08**
		0.8200	(1, 45)	7.31

\*\*Altamente significativo

Con referencia a la relación edad-altura de las especies; se ajustó en *Abve* y *Cuar*, al modelo lineal (Figuras 17 y 18), en *Psfl* y *Piha* al modelo potencial (Figuras 19 y 20) y en *Piay* al modelo logarítmico (Figura 21). Procediendo de igual manera se hicieron los análisis de varianza (Apéndice 3), en los cuales se encontró una diferencia altamente significativa (Cuadro 14), habiendo una alta correlación entre estas variables.

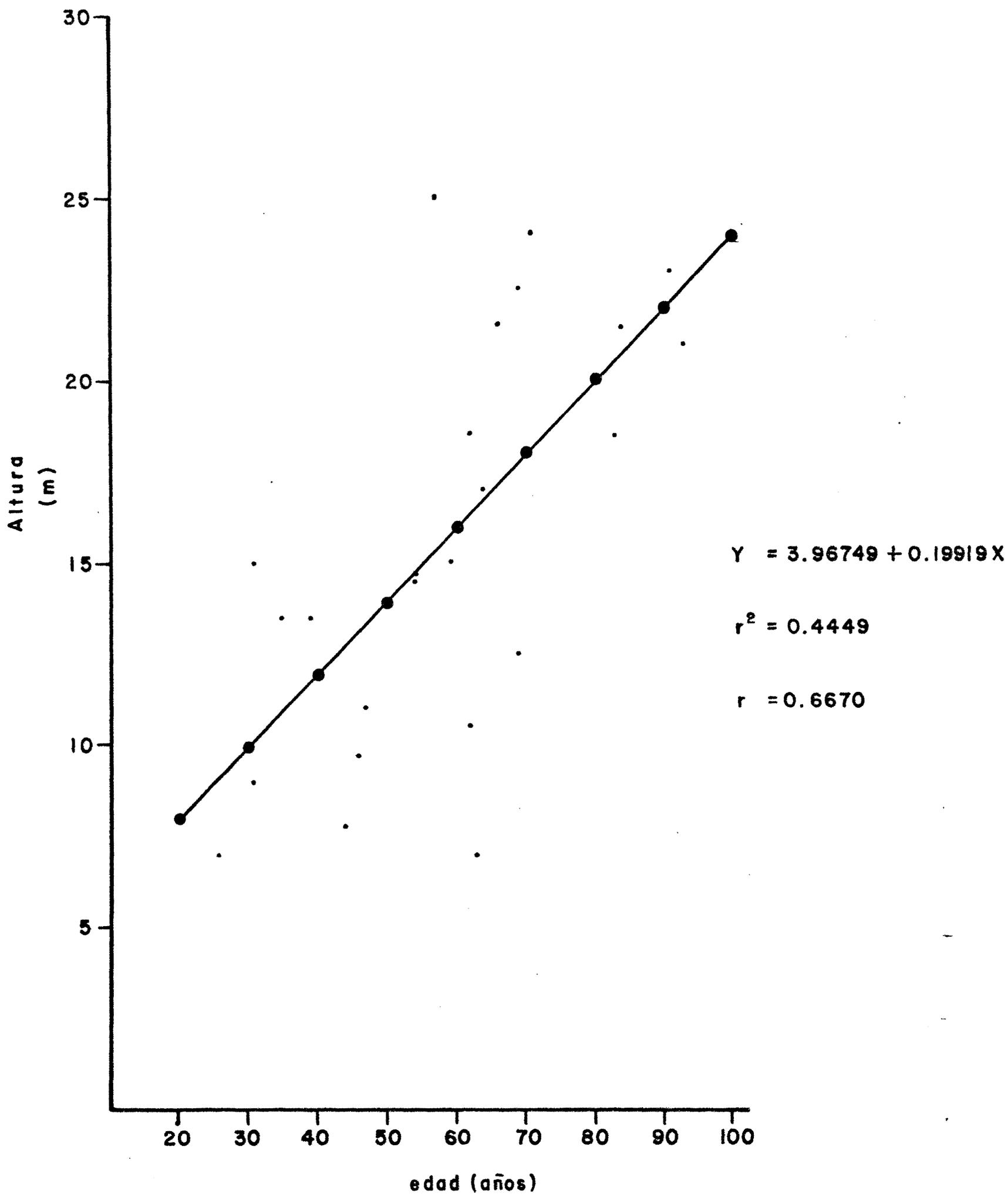


Figura 17 Relación edad-altura de *Abies vejarii* var. *macrocarpa*

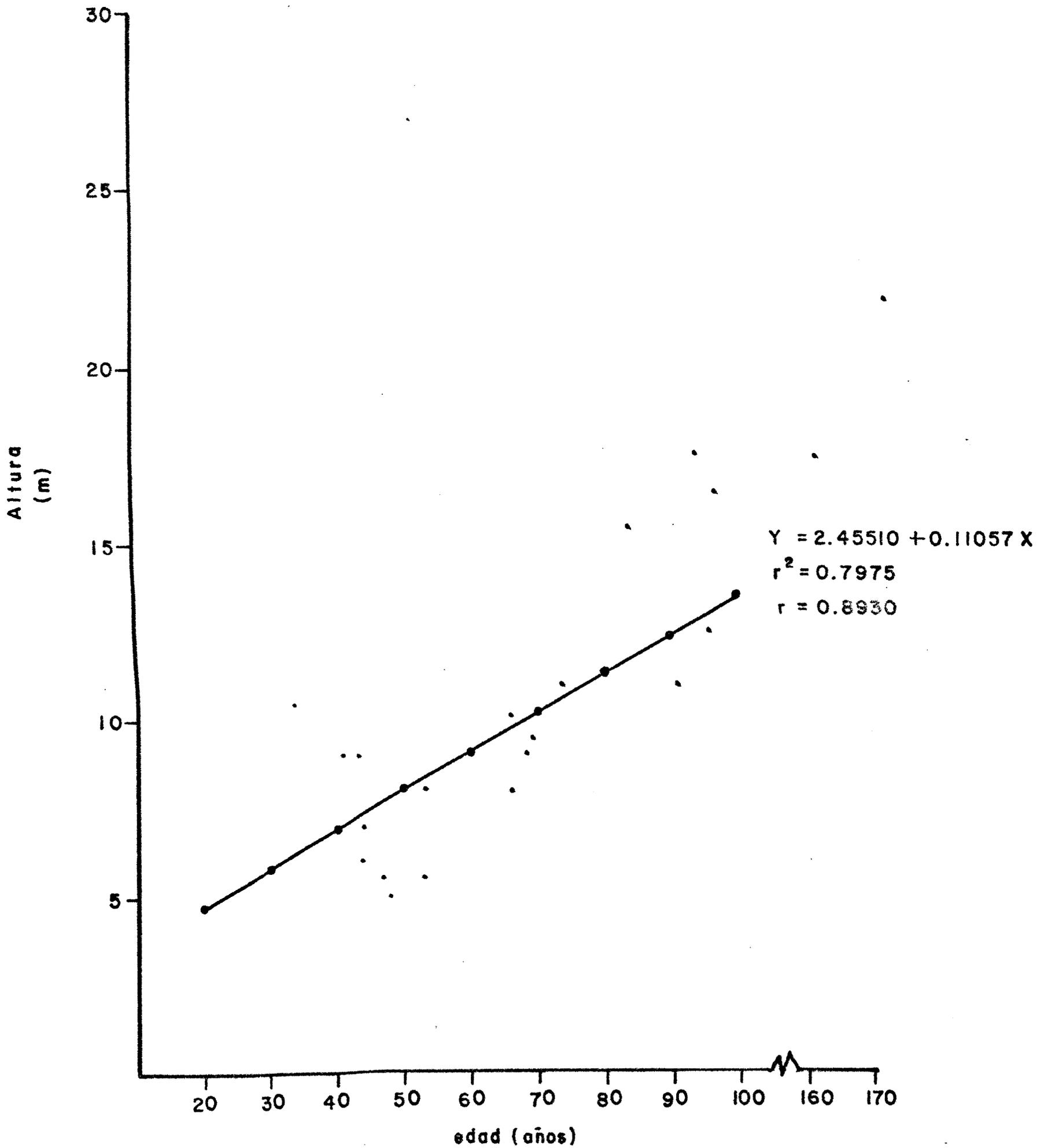


Figura 18 Relación edad- altura de Cupressus arizonica

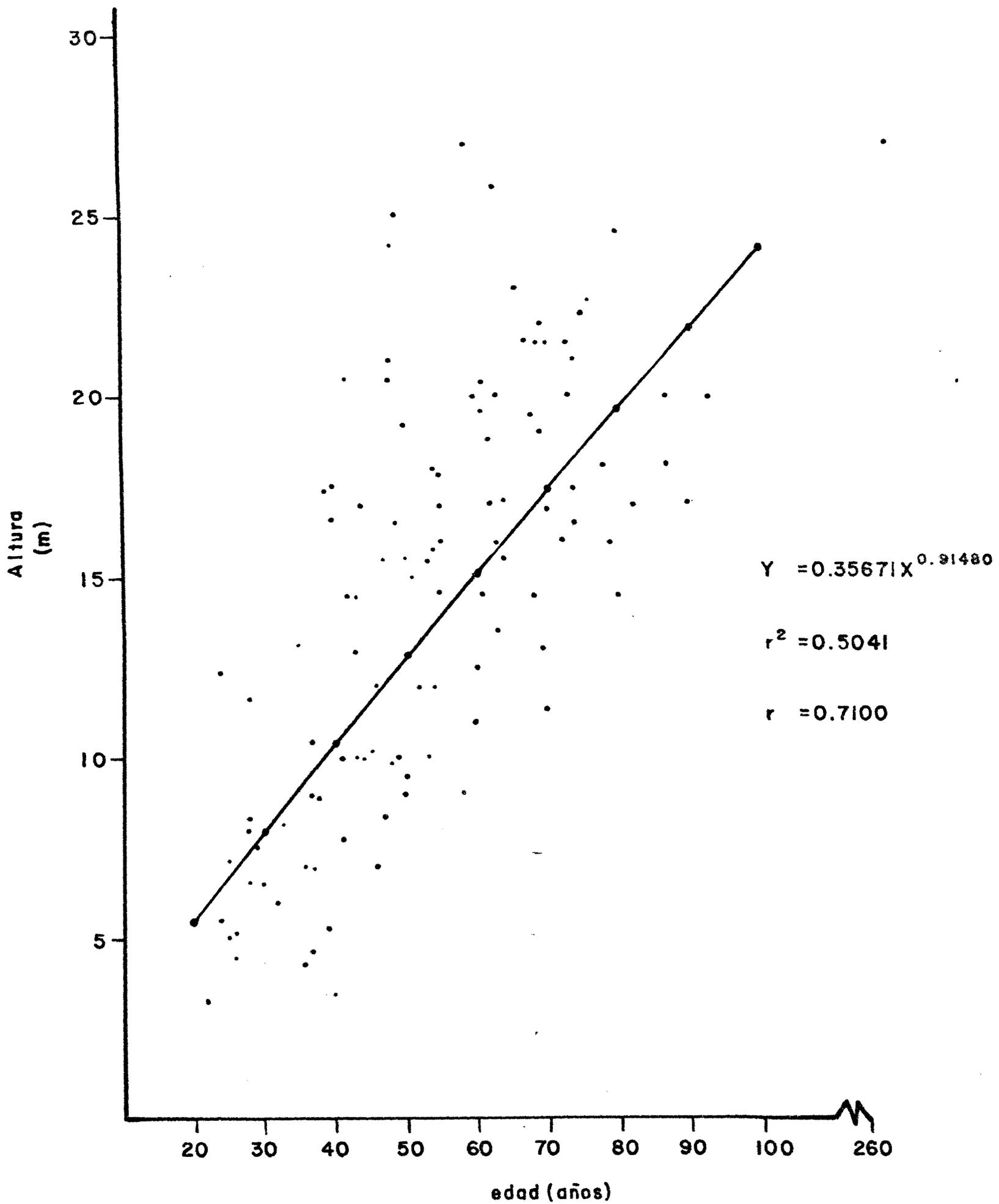


Figura 19 Relación edad - altura de *Pseudotsuga flahaulti*

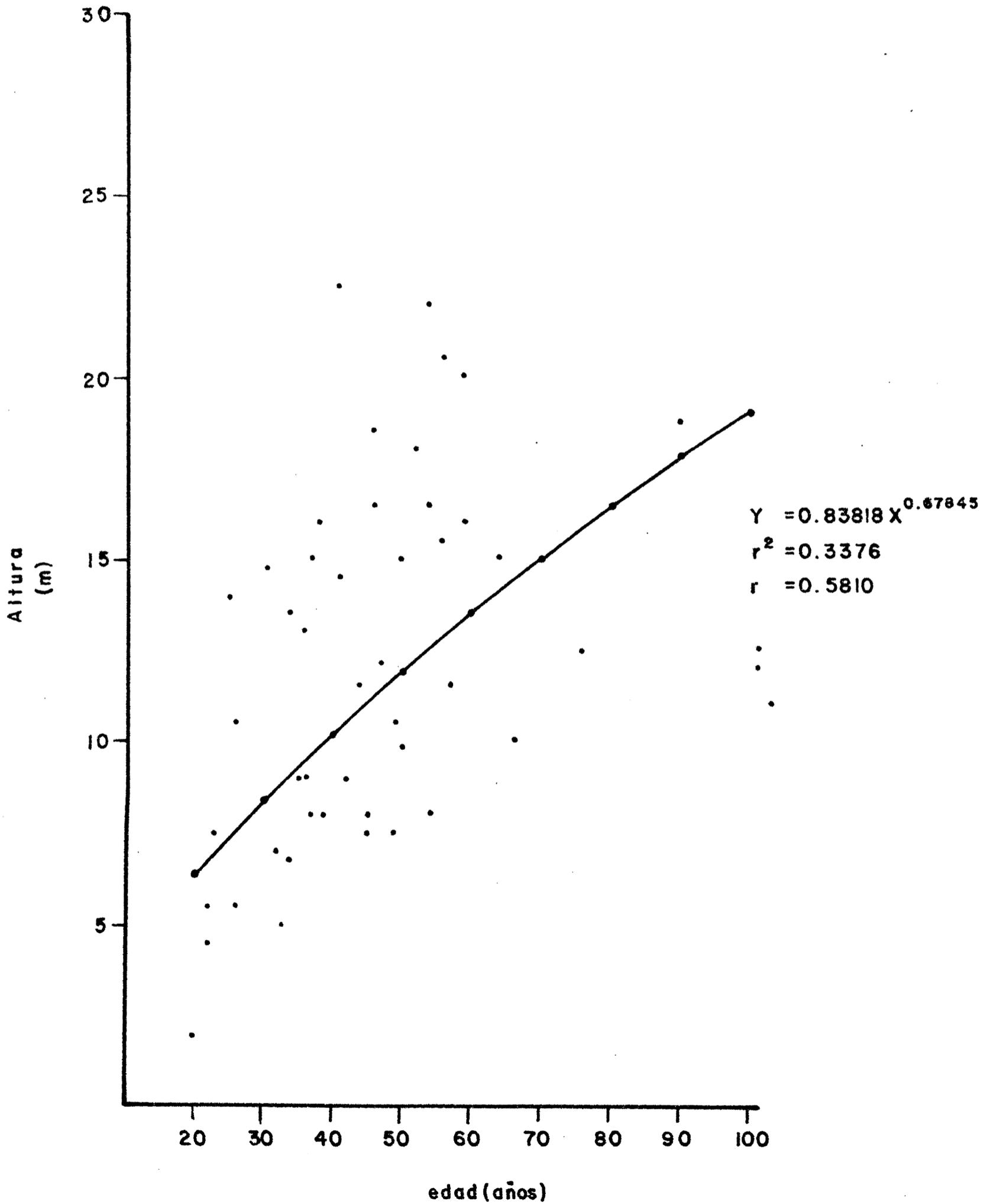


Figura 20 Relación edad - altura de *Pinus hartwegii*

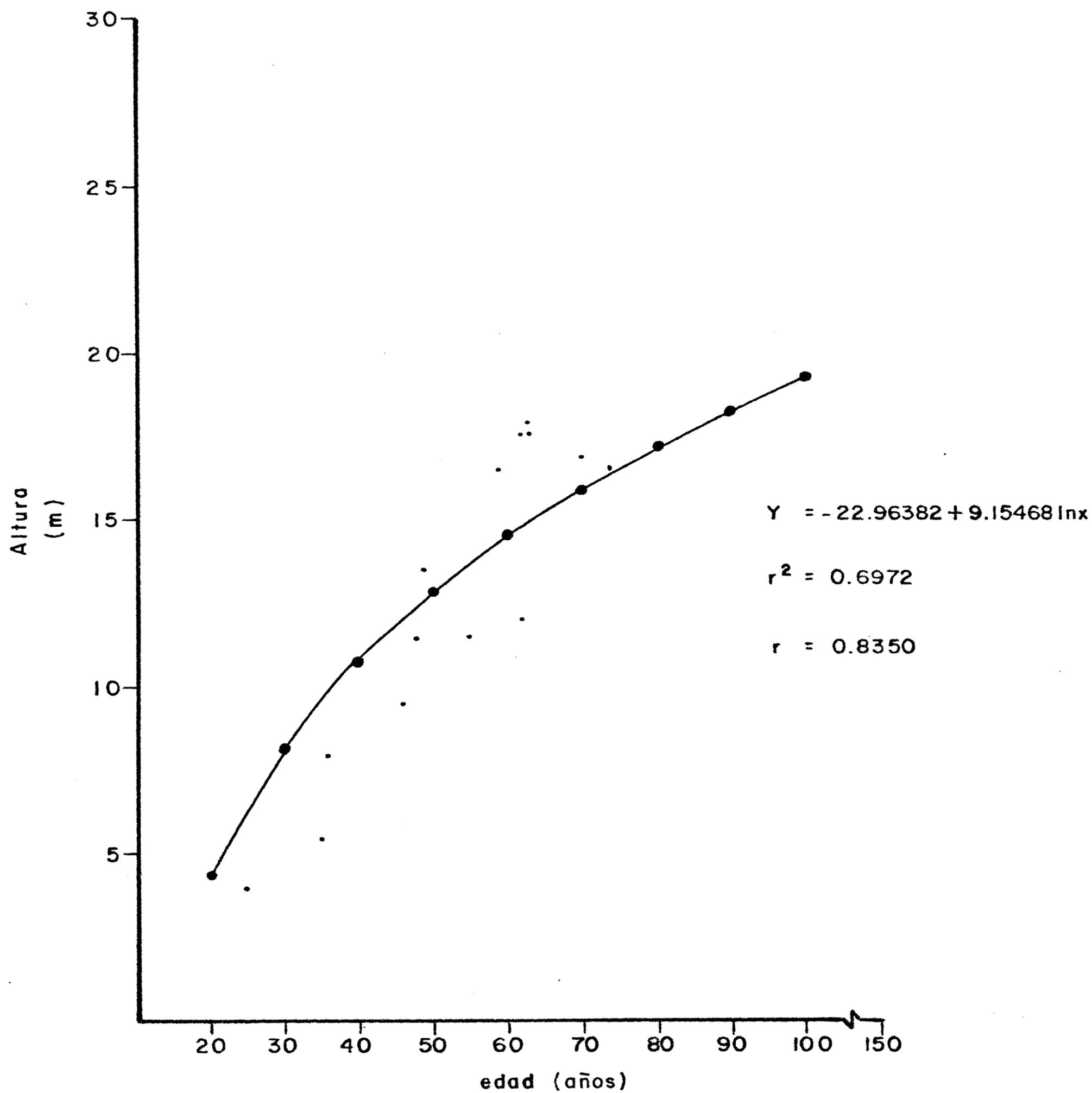


Figura 21 Relación edad-altura de *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera*

Cuadro 14. Ecuaciones de la relación edad-altura de las especies y sus valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ), del coeficiente de correlación simple ( $r$ ), de  $F$  calculada ( $F_c$ ) y de  $F$  tabulada ( $F_t$ ).

Espece	ecuación	$r^2$ $r$	$F_c$	$F_t$
Abve	$y=3.96749+0.19919x$	0.4449	18.468	4.28**
		0.6670	(1, 23)	7.88
Cuar	$y=2.45510+0.11057x$	0.7975	86.795	4.30**
		0.8930	(1, 22)	7.95
Psfl	$y=0.35671x^{0.91480}$	0.5041	104.198	3.92**
		0.7100	(1, 113)	6.85
Piha	$y=0.83818x^{0.67845}$	0.3376	22.940	4.08**
		0.5810	(1, 45)	7.31
Piay	$y=-22.96382+9.15468\ln x$	0.6972	32.220	4.60**
		0.8350	(1, 14)	8.86

\*\* Altamente significativo

Al comparar el crecimiento en diámetro normal de las especies (Figura 22) se observa que la especie intolerante *Piha* lo hace de manera rápida, ya que a la edad de 50 años sobrepasa los 25 cm, mientras que la especie medianamente tolerante *Psfl* y las tolerantes *Abve* y *Piay* a la misma edad tienen entre 16 y 18 cm y *Cuar* apenas pasa los 12 cm; después, el crecimiento de la intolerante *Piha* disminuye, siendo superado por el de la medianamente tolerante *Psfl* a los 80 años y por el de la tolerante *Abve* a los 90 años, debido a que estas últimas especies mantienen un ritmo de crecimiento progresivo; de manera semejante a estas especies, se da el crecimiento de la tolerante *Piay*.

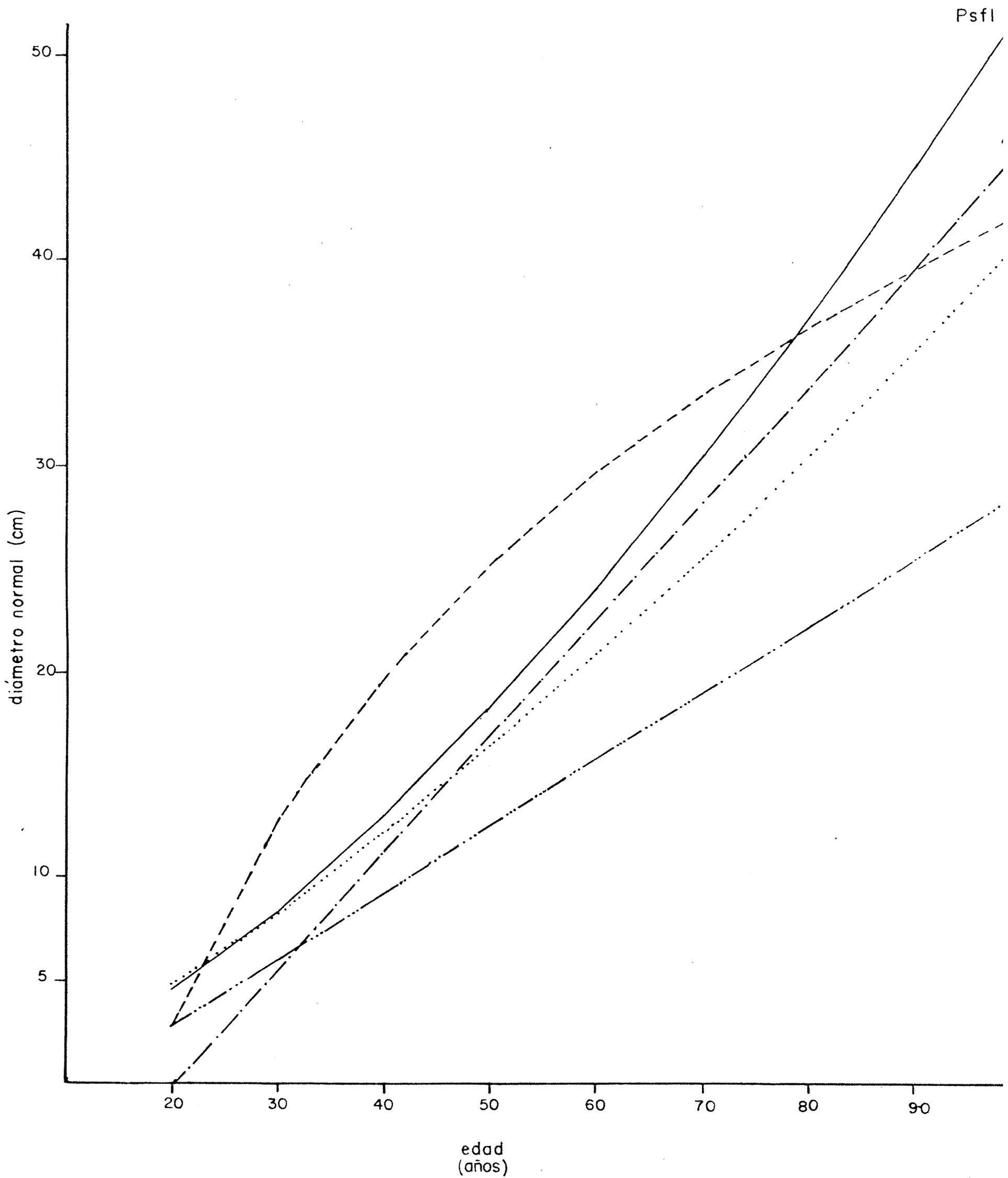


Figura 22 Crecimiento en diámetro normal de las especies.

En relación con el crecimiento en altura de las especies (Figura 23), la especie medianamente tolerante *Psfl* y la tolerante *Abve* son las que presentan un crecimiento rápido y sostenido, al cual se parece el de la intolerante *Piha*, pero en menor proporción; el de la tolerante *Piay*, en un inicio es rápido, pero después de los 50 años disminuye. La especie tolerante *Cuar* presenta un crecimiento lento, tanto en altura como en diámetro normal.

Con esto se demuestra que la especie medianamente tolerante *Psfl* y la tolerante *Abve* presentan una mejor eficiencia en los dos tipos de crecimiento que las otras especies, lo cual es propio de aquellas especies.

4.2.1.5. Incremento corriente anual y sus relaciones con el diámetro normal, la altura y la edad. El estrato arbóreo de coníferas presenta un incremento corriente anual promedio de 0.28 cm (Cuadro 15). El incremento corriente anual promedio en el conglomerado 13 es de 0.32 cm, mismo que disminuye en el conglomerado 12 a 0.31 cm, el cual desciende en el conglomerado 10 a 0.28 cm y a su vez, baja en el conglomerado 1 a 0.22 cm. El mayor incremento que se determinó fue de 0.88 cm y el menor fue de 0.06 cm.

El incremento corriente anual promedio en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia (Cuadro 16) presenta sus más altos valores, 0.30 y 0.31 cm, en los sitios con las menores altitudes y densidades del estrato *-Piha/Psfl* y *Psfl/Piha*- lo cual es debido a la baja densidad y en consecuencia, a la menor competencia que se da en los sitios, lo que permite ocurran mayores incrementos en diámetro en pocos individuos, además, en estos sitios se encuentra la mayor distribución de la especie intolerante *Piha* la cual tiene la capacidad de autopoda, por lo que, se presentan aún mejores incrementos, en cambio el más bajo incremento, 0.18 cm, se encuentra en los sitios con las mayores altitudes y densidades del es-

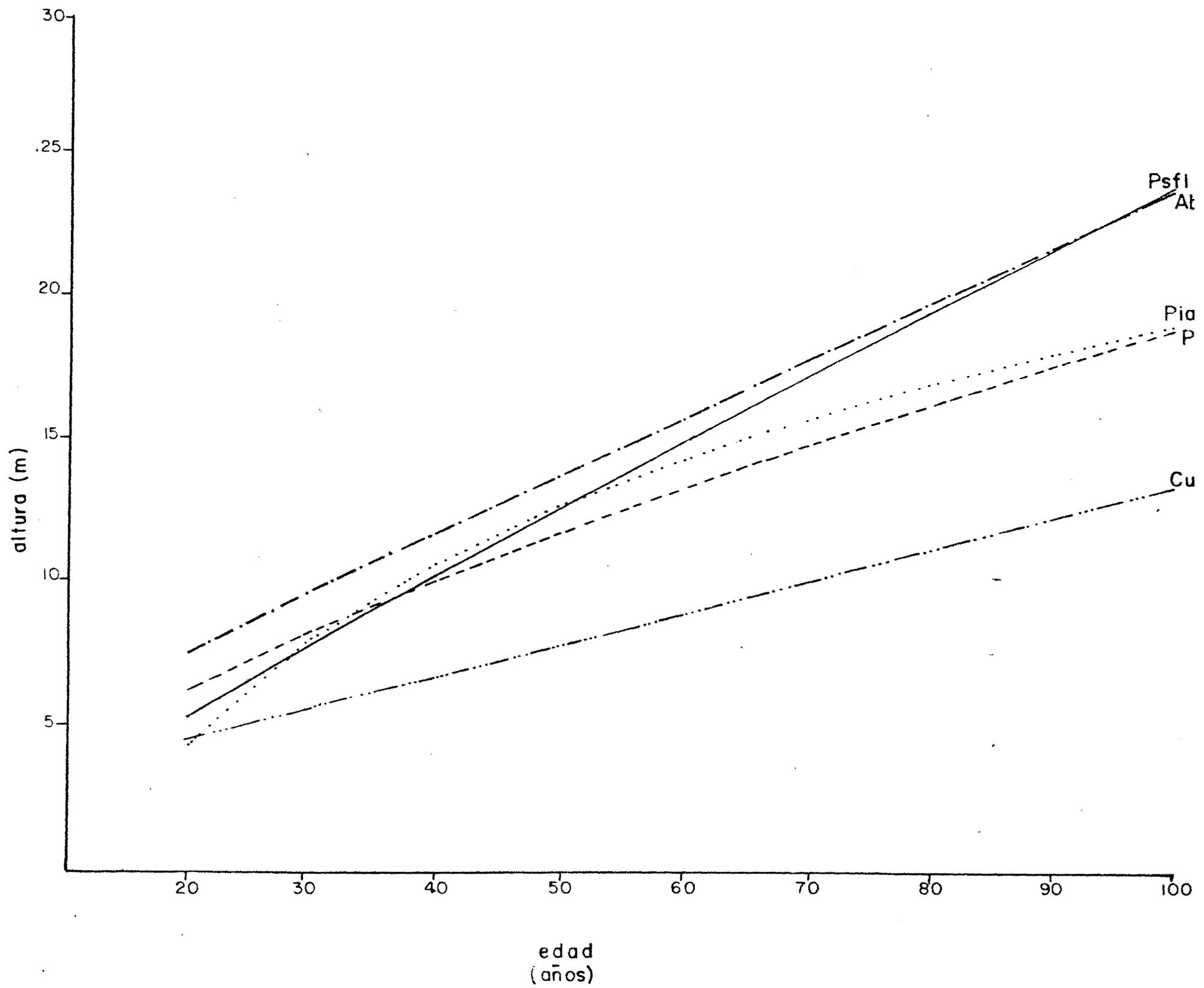


Figura 23

Crecimiento en altura de las especies.

Cuadro 15. Valores del incremento corriente anual (ICA) del estrato arbóreo de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio	12A	12B	12C	12D	12E	Promedio
ICA (cm)	0.30	0.34	0.33	0.30	0.33	0.32	0.35	0.34	0.31	0.32	0.23	0.31
especie	I. C. A. (cm)						I. C. A. (cm)					
<i>Psfl</i>	0.25	0.34	0.29	0.30	0.34		0.27	0.32	0.24	0.32	0.26	
<i>Piha</i>	0.46	--	0.41	--	0.28		0.42	0.35	0.43	0.38	0.20	
<i>Abve</i>	--	--	--	--			--	--	0.88	--	--	

Sitio	10A	10B	10C	10D	10E	Promedio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
ICA (cm)	0.26	0.27	0.35	0.28	0.24	0.28	0.17	0.29	0.21	0.16	0.25	0.22
especie	I. C. A. (cm)						I. C. A. (cm)					
<i>Psfl</i>	0.25	0.27	0.33	0.28	0.22		0.13	0.28	0.15	0.10	0.25	
<i>Piha</i>	0.28	0.14	0.35	0.35	0.26		--	0.30	0.14	--	0.18	
<i>Abve</i>	0.56	--	0.59	--	--		0.20	0.29	0.22	0.17	--	
<i>Cuar</i>	--	0.25	--	--	0.31		0.20	0.31	--	0.11	--	
<i>Piay</i>	--	--	--	--	--		0.16	--	0.31	--	--	

trato -*Abve/Ps fl/Cuar*- esto se debe, a que la elevada densidad provoca una fuerte competencia disminuyendo los incrementos en diámetro, asimismo, en estos sitios se distribuyen mayormente las especies tolerantes *Abve* y *Cuar* las cuales no se autopodan y por esto también se presenten bajos incrementos. En las altitudes medias de la sierra en los sitios puros de la especie medianamente tolerante *Ps fl* y en el que se encuentra asociada con las tolerantes *Cuar* y *Abve* el incremento disminuye ligeramente a 0.28 y 0.29 cm esto se debe a la especie medianamente tolerante tiene poco menos capacidad de autopoda.

Cuadro 16. Valores promedio del incremento corriente anual ( $\overline{\text{I.C.A.}}$ ) del estrato arbóreo de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia.

Especies y números de sitios	<i>Piha/Ps fl</i>	<i>Ps fl/Piha</i>	<i>Ps fl</i>	<i>Ps fl/Cuar/Abve</i>	<i>Abve/Ps fl/Cuar</i>
	3	3	10	1	3
$\overline{\text{I.C.A.}}$ (cm)	0.30	0.31	0.28	0.29	0.18
especie	$\overline{\text{I.C.A.}}$ (cm)				
<i>Ps fl</i>	0.29	0.26	0.28	0.28	0.12
<i>Piha</i>	0.31	0.43	0.27	0.30	0.14
<i>Cuar</i>	--	--	0.28	0.31	0.14
<i>Piay</i>	--	--	--	--	0.21
<i>Abve</i>	--	0.88	0.58	0.29	0.20

Con respecto a las relaciones del incremento con el diámetro normal, con la altura y con la edad, se encontró que sólo hubo correlación, en regresión simple, en la relación diámetro normal-ICA en dos especies y en la relación edad-ICA en una especie.

La relación diámetro normal-ICA en *Piha* y *Piay* se

ajustó al modelo potencial (Figuras 24 y 25) mostrando que estas especies tienen mejores incrementos en las primeras etapas de su desarrollo, y que conforme avanza su edad disminuye poco a poco. La relación edad-ICA en *Cuar* se ajustó al modelo exponencial (Figura 26) en donde sus mejores incrementos se dan en las primeras edades para luego disminuir drásticamente en las edades más avanzadas.

Para las anteriores relaciones se hicieron análisis de varianza (Apéndice 3), resultando una diferencia altamente significativa en *Piha* y *Cuar* y significativa en *Piay* (Cuadro 17).

Cuadro 17. Ecuaciones de la relación diámetro normal-ICA de *Piha* y *Piay* y ecuación de la relación edad-ICA de *Cuar* y sus valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ), del coeficiente de correlación simple ( $r$ ) de  $F$  calculada ( $F_c$ ) y de  $F$  tabulada ( $F_t$ ).

Espece	ecuación	$r^2$ $r$	$F_c$	$F_t$
<i>Piha</i>	$y = 0.08426x^{0.42662}$	0.2852	17.936	4.08**
		0.5340	(1, 45)	7.31
<i>Piay</i>	$y = 0.5602x^{0.43794}$	0.3869	8.820	4.60*
		0.6220	(1, 14)	8.86
<i>Cuar</i>	$y = 0.37726e^{-0.00773x}$	0.2788	8.507	4.30**
		0.5280	(1, 22)	7.95

\*\* Altamente significativo

\* Significativo

Al haber baja correlación en la regresión simple de las otras especies, se procedió a probar con regresiones múltiples, las cuales fueron de tres y cuatro variables. Haciendo su respectivo análisis de varianza (Apéndice 3).

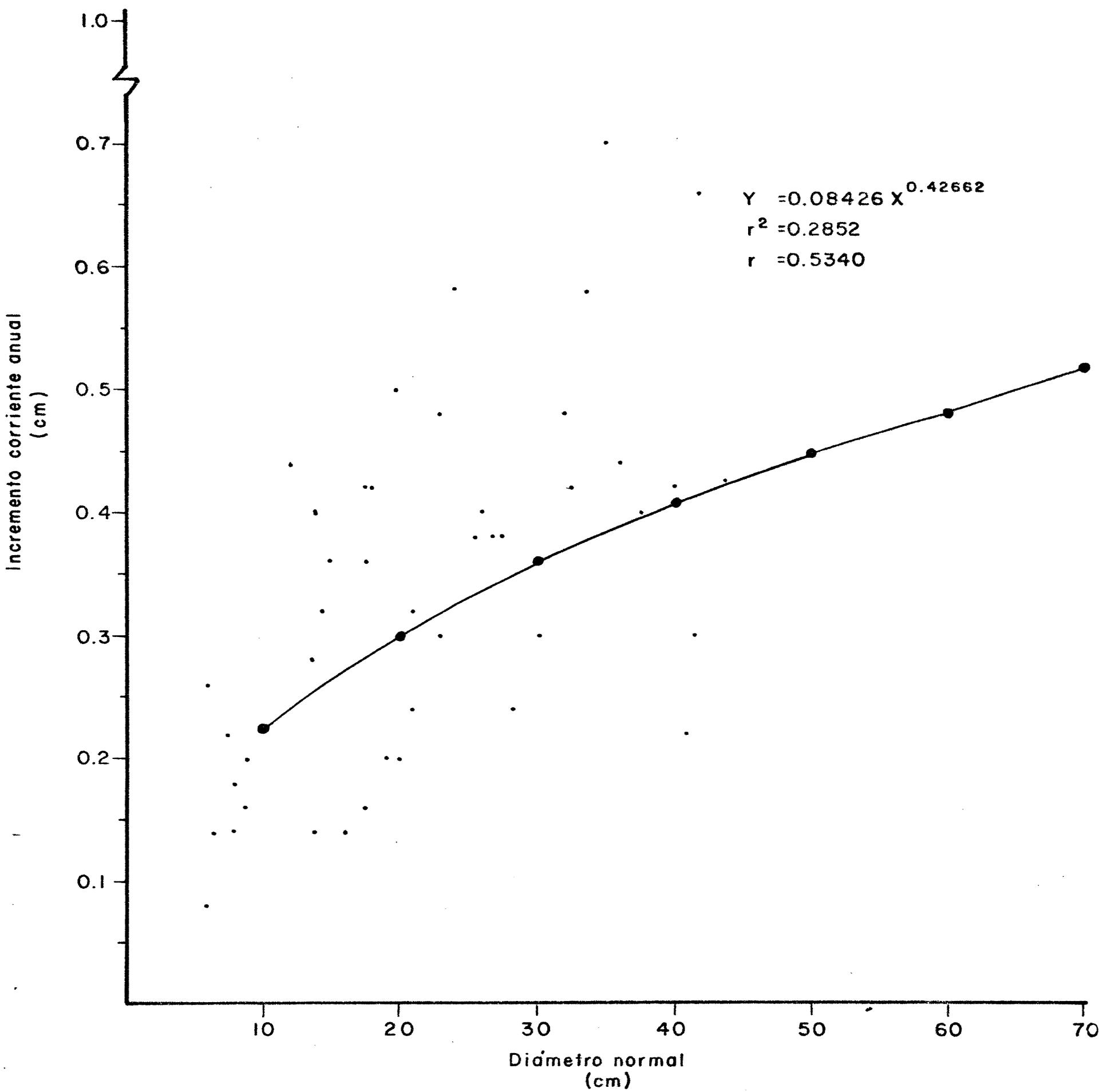


Figura 24 Relación diámetro normal - ICA de Pinus hartwegii

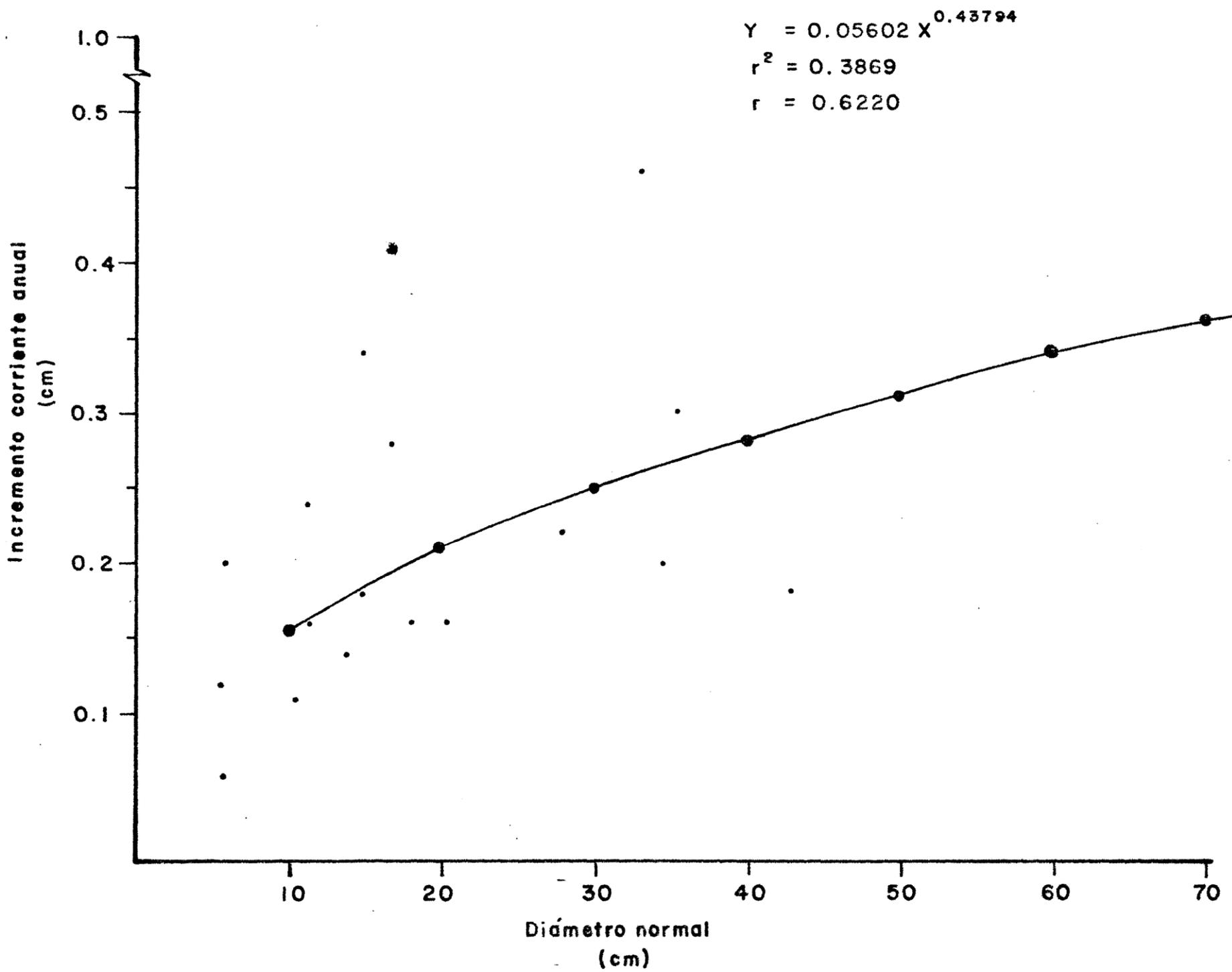


Figura 25 Relación diámetro normal - ICA de Pinus ayacahuite var. brachyptera

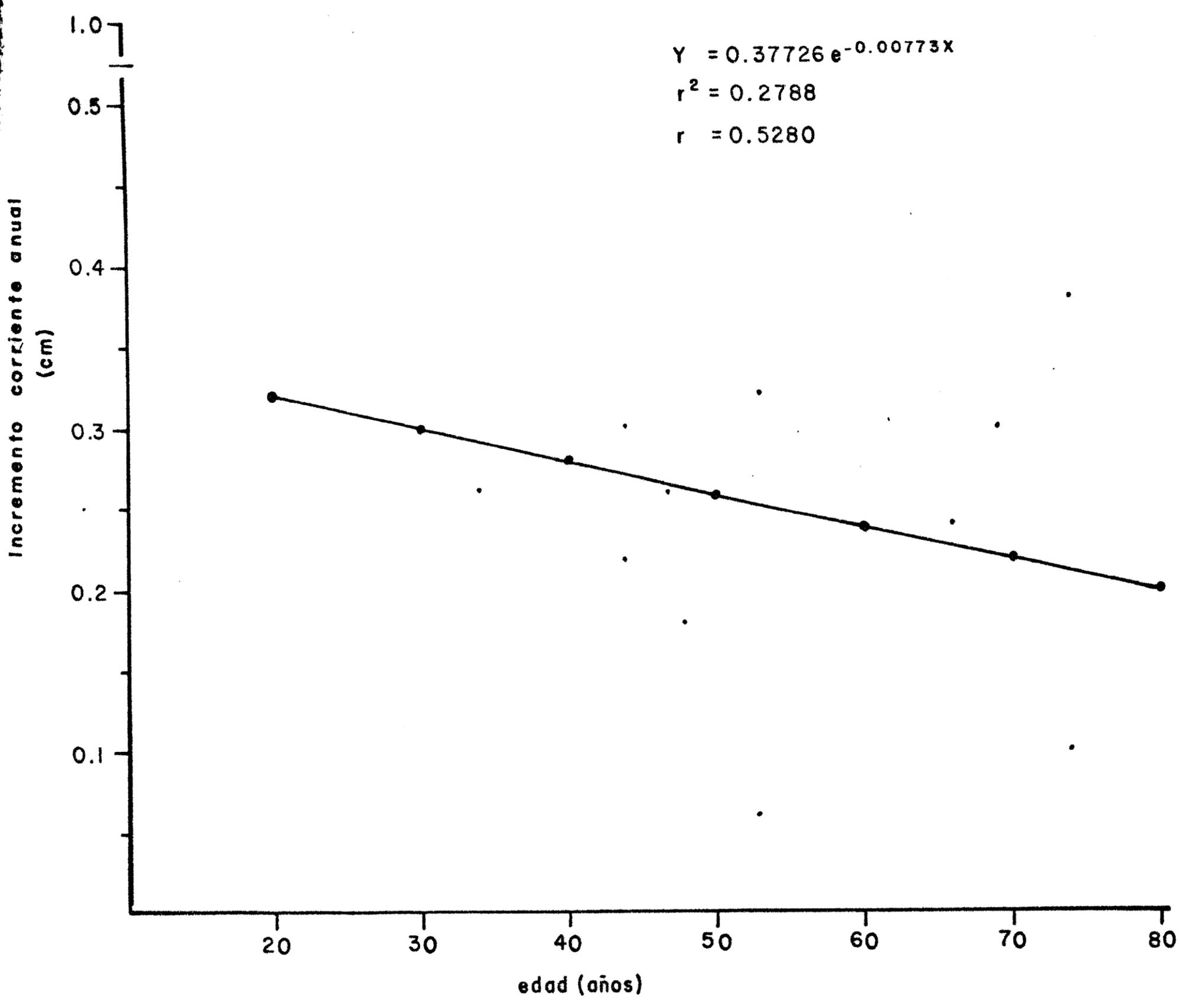


Figura 26 Relación edad - ICA de Cupressus arizonica

Todas las relaciones probadas para  $P_{sfl}$  resultaron con una diferencia altamente significativa (Cuadro 18) siendo de igual manera en las relaciones edad-diámetro normal vs ICA y edad-altura-diámetro normal vs ICA en *Piha*, *Abve* y *Cuar*, sólo la diferencia es significativa en esta última relación en *Piay*! La relación altura-diámetro normal vs ICA en *Piha* y *Cuar* resultó con una diferencia significativa.

#### 4.2.2. Tocones de coníferas.

Los tocones de coníferas se analizan a partir de sus valores de densidad y de área basal.

4.2.2.1. Densidad. Los tocones de coníferas presentan una densidad promedio de 140 toc/ha (Cuadro 19). La densidad promedio en el conglomerado 13 es de 93 toc/ha, misma que disminuye en el conglomerado 12 a 68 toc/ha y asciende en el conglomerado 10 a 75 toc/ha y aumenta notablemente en el conglomerado 1 a 325 toc/ha. La menor densidad que se encontró fue de 0 toc/ha y la mayor fue de 534 toc/ha.

Con base en las mayores y menores densidades de tocones en los sitios, se diferenciaron dos grupos de sitios.

Los sitios con mayor densidad (Cuadro 20) se caracterizan, porque gran parte de su densidad es de tocones con corte reciente, esto se debe a que dichos sitios, excepto el 12E y el 10D, se localizan en un predio donde hay una intensa actividad humana, ya que, en el mismo se construyen casas tipo campestre, utilizando los árboles para este fin. Los sitios 12E y 10D se encuentran en otro predio, en donde es menor la actividad humana; sólo en el sitio 12E, ocurren tocones con corte reciente y en el sitio 10D, la mayoría de los tocones se atribuyen a causas naturales.

Cuadro 18. Ecuaciones de las regresiones múltiples de las especies y sus valores del coeficiente de determinación múltiple ( $R^2$ ) del coeficiente de correlación múltiple ( $R$ ), de  $F$  calculada ( $F_c$ ) y de  $F$  tabulada ( $F_t$ ).

Espece	relación	ecuación	$R^2$ R	$F_c$	$F_t$
<i>Psfl</i>	edad-diámetro vs ICA	$y = 0.315046 - 0.342843 \times 10^{-2} X_1 + 0.696961 \times 10^{-2} X_2$	0.3133** 0.5597	25.5524 (2, 112)	3.07** 4.79
	altura-diámetro vs ICA	$y = 0.182957 + 0.701888 \times 10^{-2} X_1 + 0.184518 \times 10^{-3} X_2$	0.1371** 0.3702	8.898 (2, 112)	3.07** 4.79
	edad-altura vs ICA	$y = 0.216425 - 0.198926 \times 10^{-2} X_1 + 0.125759 \times 10^{-1} X_2$	0.2634** 0.5132	20.024 (2, 112)	3.07** 4.79
	edad-altura-diámetro vs ICA	$y = 0.278035 - 0.339765 \times 10^{-2} X_1 + 0.487749 \times 10^{-2} X_2 + 0.540423 \times 10^{-2} X_3$	0.3583** 0.5989	20.663 (3, 111)	2.68** 3.95
<i>Piha</i>	edad-diámetro vs ICA	$y = 0.273123 - 4.20702 \times 10^{-3} X_1 + 0.0116308 X_2$	0.3696** 0.6079	12.9002 (2, 44)	3.23** 5.18
	altura-diámetro vs ICA	$y = 0.223144 + 6.63012 \times 10^{-4} X_1 + 4.33824 \times 10^{-3} X_2$	0.1550* 0.3937	4.03671 (2, 44)	3.23* 5.18
	edad-altura-diámetro vs ICA	$y = 0.302094 - 4.48024 \times 10^{-3} X_1 - 4.59391 \times 10^{-3} X_2 + 0.0134268 X_3$	0.3817** 0.6178	8.84944 (3, 43)	3.07** 4.87
<i>Abve</i>	edad-diámetro vs ICA	$y = 0.626391 - 0.0129423 X_1 + 0.0194375 X_2$	0.4681** 0.6841	9.68039 (2, 22)	3.44** 5.72
	edad-altura-diámetro vs ICA	$y = 0.572397 - 0.0125986 X_1 + 3.79442 \times 10^{-3} X_2 + 0.0182677 X_3$	0.4774** 0.6909	6.39438 (3, 21)	3.07** 4.87
<i>Cuar</i>	edad-diámetro vs ICA	$y = 0.362627 - 3.70578 \times 10^{-3} X_1 + 7.69326 \times 10^{-3} X_2$	0.4282** 0.6544	7.86436 (2, 21)	3.47** 5.78
	altura-diámetro vs ICA	$y = 0.368234 - 0.0211024 X_1 + 4.8506 \times 10^{-3} X_2$	0.2709* 0.5205	3.9024 (2, 21)	3.47* 5.78

Continúa Cuadro 18. Ecuaciones de las regresiones. . .

Especie	relación	ecuación	R <sup>2</sup> R	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
	edad-altura-diámetro vs ICA	$y = 0.387879 - 3.04145 \times 10^{-3} x_1 - 8.85304 \times 10^{-3} x_2 + 8.66374 \times 10^{-3} x_3$	0.4577** 0.6765	5.62562 (3, 20)	3.10** 4.94
	edad-diámetro vs ICA	$y = 0.168799 - 3.15908 \times 10^{-3} x_1 + 0.0109288 x_2$	0.5283** 0.7268	7.27874 (2, 13)	3.81** 6.70
<i>Piay</i>	edad-altura-diámetro vs ICA	$y = 0.191011 - 2.97874 \times 10^{-3} x_1 - 4.24695 \times 10^{-3} x_2 + 0.0120588 x_3$	0.5426* 0.7366	4.74497 (3, 12)	3.49* 5.95

\*\* Altamente significativo

\* Significativo

Cuadro 19. Valores de densidad de los tocones de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio	12A	12B	12C	12D	12E	Promedio
densidad (toc/ha)	17	25	58	150	217	93	0	8	92	142	100	68
género	densidad (toc/ha)					densidad (toc/ha)						
Pssp	17	25	41	133	200		--	8	42	142	67	
Pisp	--	--	17	17	17		--	--	50	--	33	

Sitio	10A	10B	10C	10D	10E	Promedio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
densidad (toc/ha)	58	58	58	150	50	75	267	283	534	291	250	325
género	densidad (toc/ha)					densidad (toc/ha)						
Pssp	58	58	58	150	50		175	258	42	167	242	
Pisp	--	--	--	--	--		25	8	25	--	8	
Absp	--	--	--	--	--		67	--	467	124	--	
Cusp	--	--	--	--	--		--	17	--	--	--	

Cuadro 20. Sitios con los mayores valores de densidad de tocones de coníferas.

Sitio	13D	13E	12C	12D	12E	10D	1A	1B	1C	1D	1E
densidad (toc/ha)	150	217	92	142	100	150	267	283	534	291	250
tipo de tocón	densidad (toc/ha)										
con corte reciente	150	217	75	142	83	--	267	250	492	283	233
con corte antiguo	--	--	--	--	--	58	--	--	17	--	--
producidos por viento o rayo	--	--	17	--	17	92	--	33	25	8	17

Cuadro 21. Sitios con los menores valores de densidad de tocones de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	12A	12B	10A	10B	10C	10E
densidad (toc/ha)	17	25	58	0	8	58	58	58	50
tipo de tocón	densidad (toc/ha)								
con corte antiguo	17	17	50	--	8	58	41	58	50
producidos por viento o rayo	--	8	8	--	--	--	17	--	--

Los sitios con menor densidad (Cuadro 21) presentan en su mayoría tocones con corte antiguo; estos sitios, se ubican en el predio donde es menor la actividad humana y los aprovechamientos se han hecho en fechas pasadas. Sólo los sitios 13A y 13C, se sitúan en el otro predio.

Al obtener la densidad promedio de tocones en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia (Cuadro 22) y al compararla con la densidad del estrato arbóreo de coníferas, se observa que se da una relación directa entre estas densidades; en los sitios con menor altitud y densidad del estrato arbóreo de coníferas, 483 y 336 ind/ha, ocurren los menores valores, 36 y 56 toc/ha, de densidad de tocones; en las altitudes medias de la sierra, la densidad del estrato arbóreo de coníferas aumenta a 501 ind/ha, aumentando también, la densidad de tocones a 116 toc/ha, por último, en los sitios con mayor altitud, la densidad del estrato arbóreo se eleva a 683 y 1,373 ind/ha, a su vez, la densidad de tocones se incrementa a 283 y 364 toc/ha, respectivamente.

En la actualidad, la presión humana es mayor en los sitios con las más elevadas altitudes y densidades del estrato arbóreo de coníferas, dado que es en estos sitios donde se encuentra la mayor proporción de tocones con corte reciente (t.c.c.r.) (Figura 27), asimismo, semejante distribución presentan los tocones producidos por causas naturales (t.c.c.n.) ya que, en aquellos sitios ocurren los menores valores de diámetro normal promedio y los mayores valores de la altura promedio del estrato arbóreo, además estos sitios están expuestos más frecuentemente -por su posición topográfica- a vientos fuertes y rayos. En cambio, en los sitios con bajas y medias altitudes y densidades del estrato arbóreo, ocurre la mayor distribución de los tocones con corte antiguo (t.c.c.a.), casi todos estos tocones están en avanzado estado de descomposición, demostrando que en estos sitios los aprovechamientos se han hecho en años anteriores, pues los sitios tienen más fácil acceso.

Cuadro 22. Valores de densidad del estrato arbóreo de coníferas y de tocones de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo a proporción de especies y su tolerancia.

Especies y números de sitios	<i>Piha/Ps fl</i>	<i>Ps fl/Piha</i>	<i>Ps fl</i>	<i>Ps fl/Cuar/Abve</i>	<i>Abve/Ps fl/Cuar</i>
	3	3	10	1	3
estrato arbóreo (ind/ha)					
	483	336	501	683	1,373
tocones de coníferas (toc/ha)					
	36	56	116	283	364
valores relativos %	%	%	%	%	%
tipo de tocón					
con corte reciente	76.86	44.64	63.79	88.34	95.33
con corte antiguo	7.42	39.29	24.14	--	1.65
producido por viento o rayo	15.72	16.07	12.07	11.66	3.02

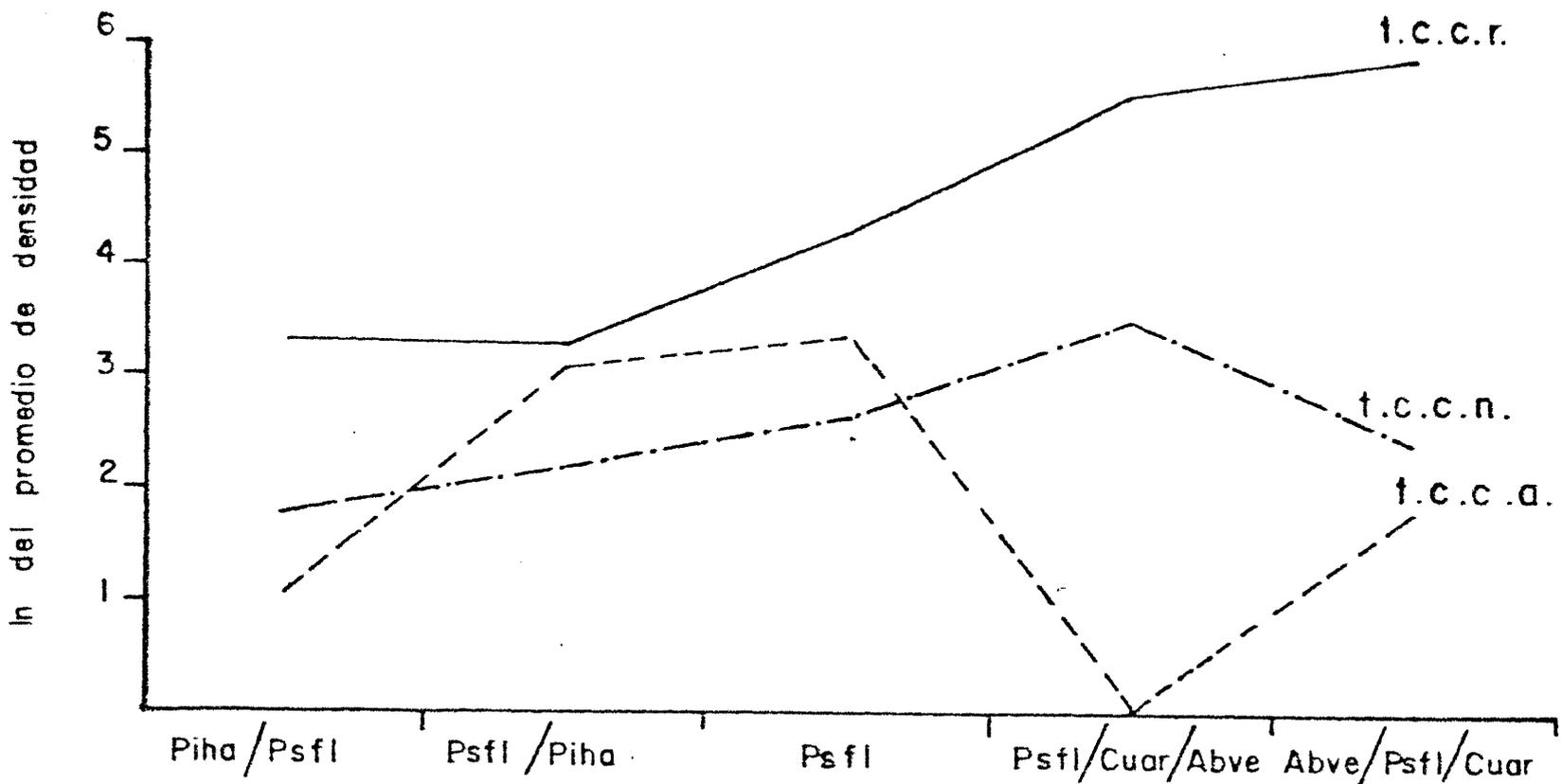


Figura 27 Logaritmo natural (ln) del promedio de densidad de tocones de coníferas en los grupos de sitios. (Ver Cuadro 22)

4.2.2.2. Area basal. Para obtener el área basal del tocón es necesario conocer su diámetro normal, el cual se determinó mediante las relaciones diámetro a 0.3 m - diámetro normal de las especies.

La relación diámetro a 0.30 m - diámetro normal en *Psfl*, *Piha* y *Cuar* se ajustó al modelo lineal (Figuras 28, 29 y 30) y en *Abve* y *Piay* se ajustó al modelo potencial (Figuras 31 y 32).

En estas relaciones se hizo un análisis de varianza respectivo (Apéndice 3); los cuales, resultaron con una diferencia altamente significativa (Cuadro 23) en todas las especies, por lo que, ocurre una alta correlación entre estos dos diámetros.

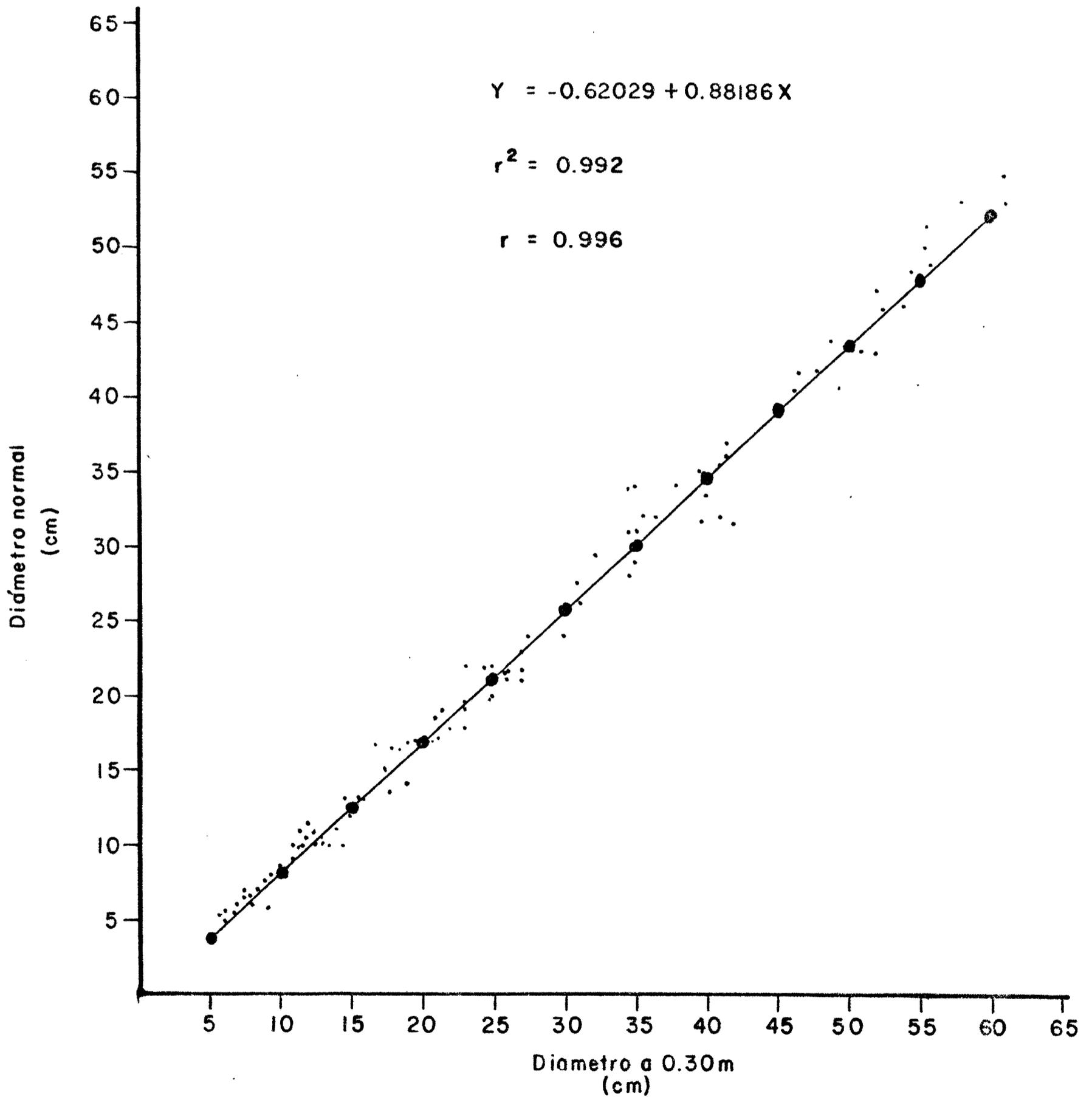


Figura 28 Relación diámetro a 0.30m - diámetro normal de *Pseudotsuga flahaulti*

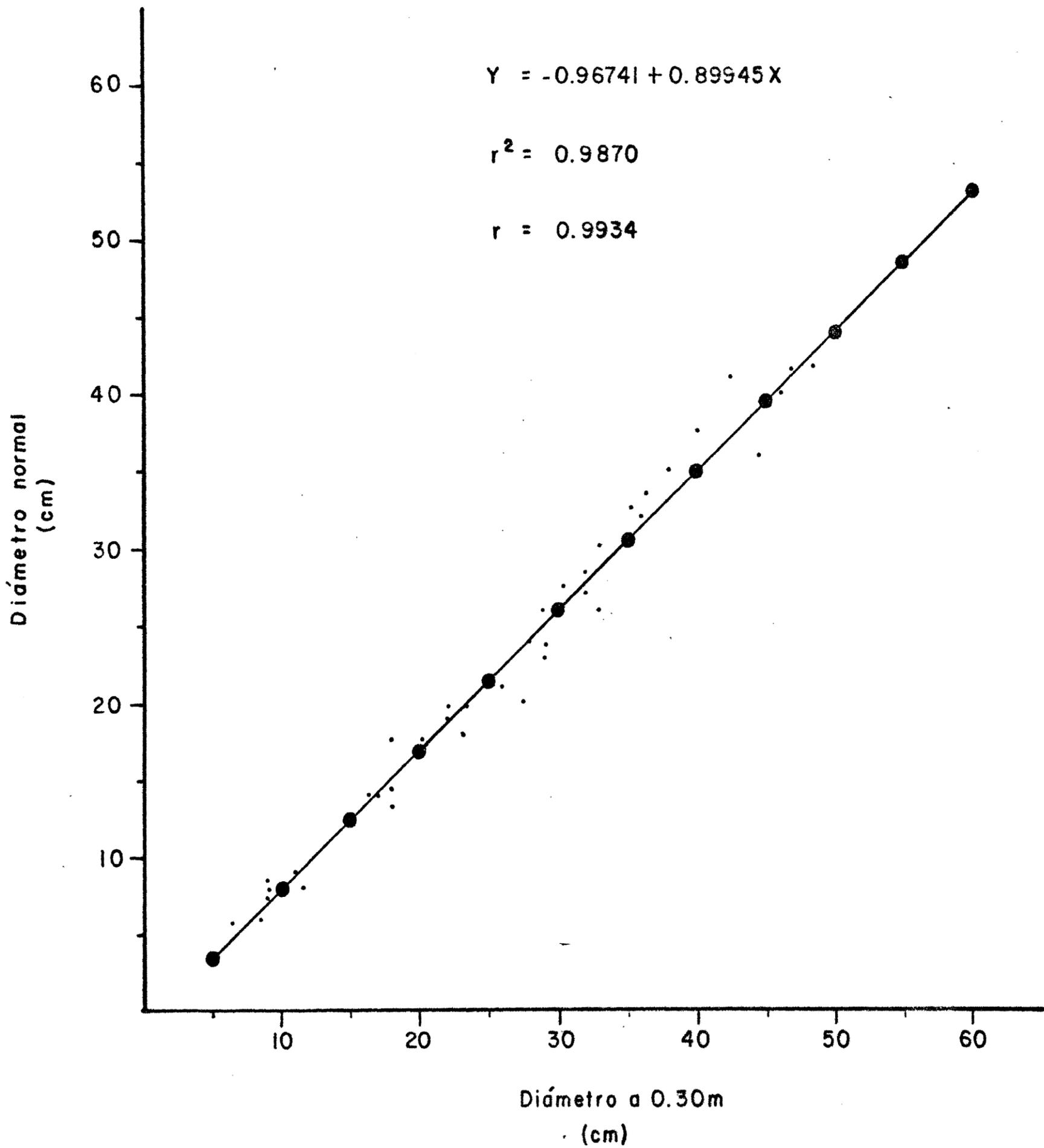


Figura 29 Relación diámetro a 0.30m - diámetro normal de *Pinus hartwegii*

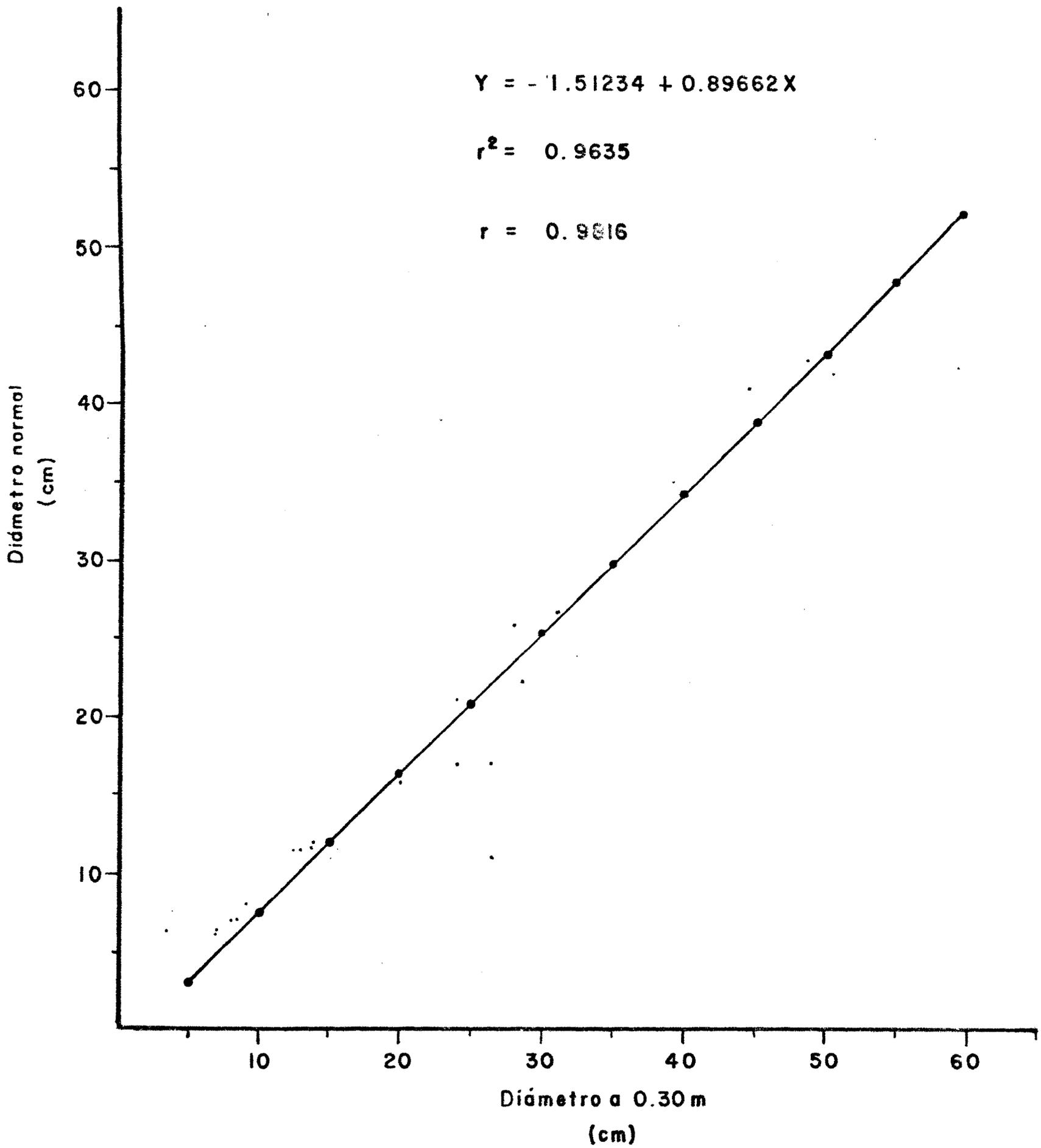


Figura 30 Relación diámetro a 0.30m - diámetro normal de *Cupressus arizonica*

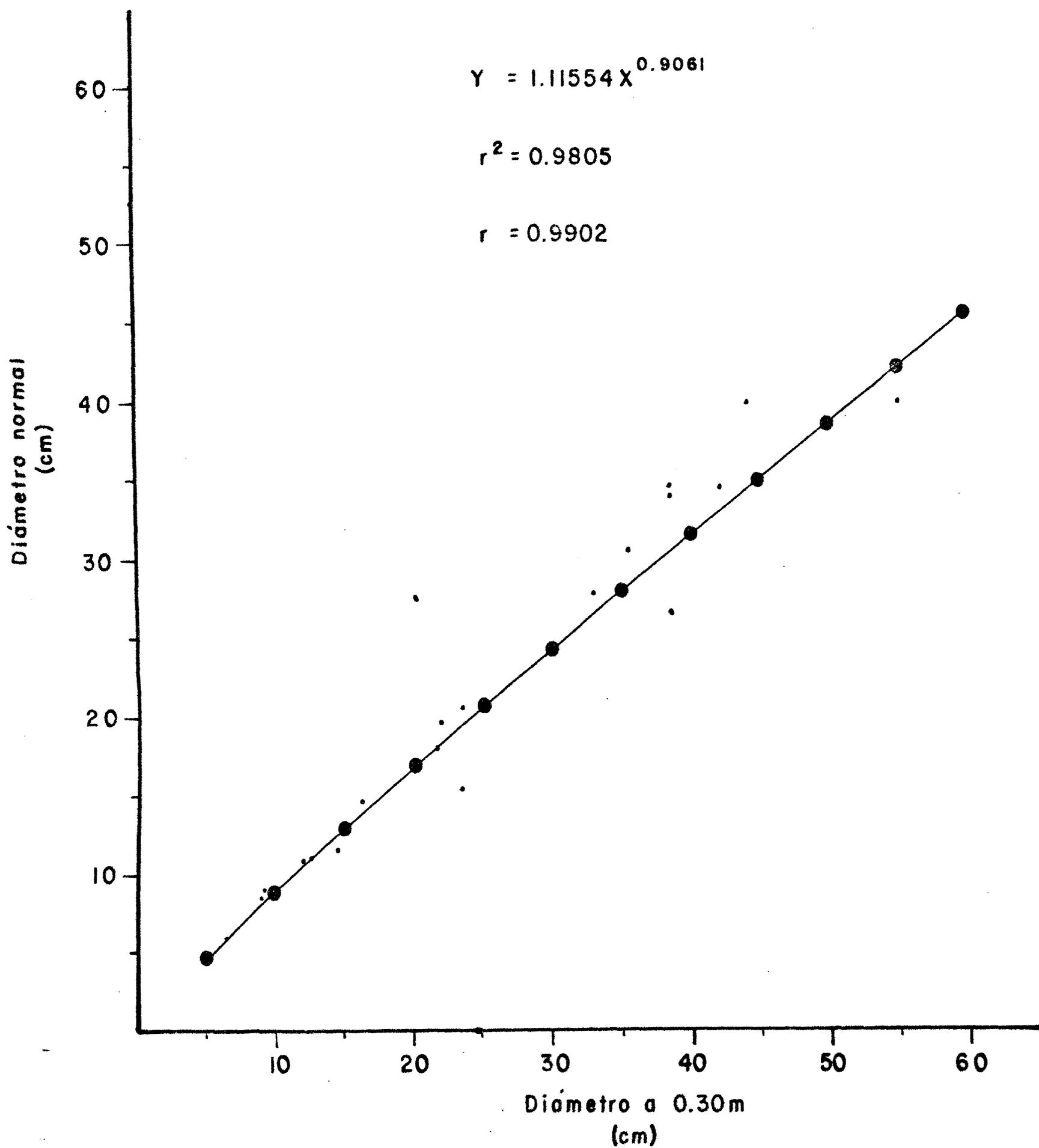


Figura 31 Relación diámetro a 0.30m- diámetro normal de Abies vejarii var. macrocarpa.

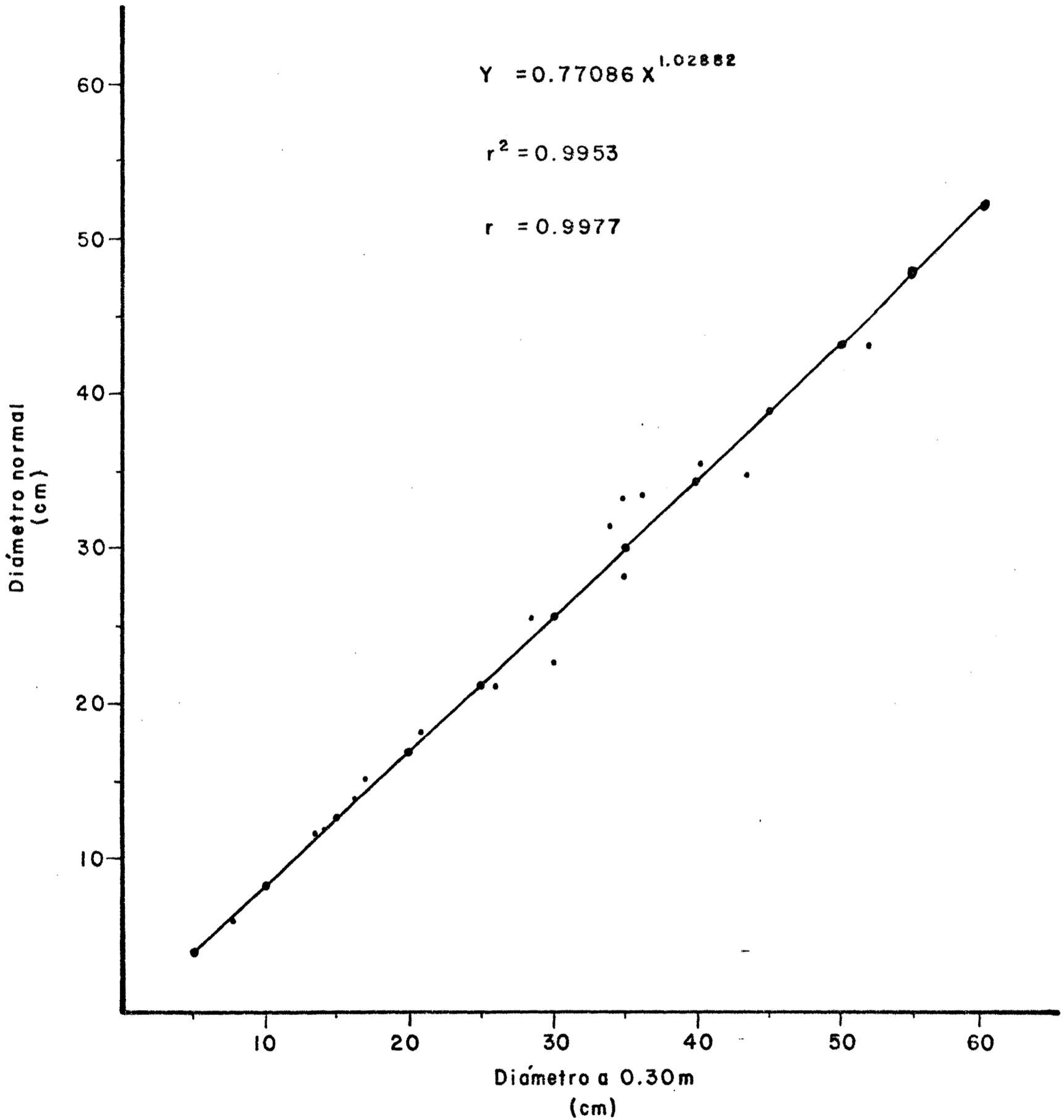


Figura 32 Relación diámetro a 0.30m - diámetro normal de *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera*

Cuadro 23. Ecuaciones de la relación diámetro a 0.30 m - diámetro normal de las especies y sus valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ), del coeficiente de correlación simple ( $r$ ), de  $F$  calculada ( $F_c$ ) y de  $F$  tabulada ( $F_t$ ).

Especie	ecuación	$r^2$ $r$	$F_c$	$F_t$
<i>Ps fl</i>	$y = -0.62029 + 0.88186x$	0.992	13251.646	3.92**
		0.996	(1, 113)	6.85
<i>Piha</i>	$y = -0.96741 + 0.89945x$	0.9870	3420.541	4.08**
		0.9934	(1, 45)	7.31
<i>Cuar</i>	$y = -1.51234 + 0.89662x$	0.9635	582.031	4.30**
		0.9816	(1, 22)	7.95
<i>Abve</i>	$y = 1.11554x^{0.90610}$	0.9805	1122.554	4.28**
		0.9902	(1, 23)	7.88
<i>Piay</i>	$y = 0.77086x^{1.02882}$	0.9953	2798.781	4.60**
		0.9977	(1, 14)	8.86

\*\* Altamente significativo

Los tocones de coníferas presentan una área basal promedio de  $4.73 \text{ m}^2/\text{ha}$  (Cuadro 24). El área basal promedio en el conglomerado 13 es de  $4.66 \text{ m}^2/\text{ha}$ , la cual disminuye en el conglomerado 12 a  $2.31 \text{ m}^2/\text{ha}$ , descendiendo aún más, en el conglomerado 10, a  $1.48 \text{ m}^2/\text{ha}$ , pero se incrementa, en el conglomerado 11, a  $10.44 \text{ m}^2/\text{ha}$ . El menor valor de área basal que se determinó fue de  $0 \text{ m}^2/\text{ha}$  y el mayor fue de  $18.73 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

Los sitios con mayor densidad de tocones son los que, a su vez presentan mayor área basal y viceversa.

Los sitios con mayor área basal (Cuadro 25) se localizan en el predio, donde hay una fuerte actividad humana, en ellos,

Cuadro 24. Valores de área basal de los tocones de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio	12A	12B	12C	12D	12E	Promedio
área ba- sal(m <sup>2</sup> /ha)	0.82	0.75	2.01	8.96	10.79	4.66	0	0.14	2.55	4.03	4.83	2.31
género	área basal (m <sup>2</sup> /ha)						área basal (m <sup>2</sup> /ha)					
<i>Pssp</i>	0.82	0.75	1.55	6.86	8.78		--	0.14	0.76	4.03	2.37	
<i>Pisp</i>	--	--	0.46	2.11	2.01		--	--	1.79	--	2.46	

Sitio	10A	10B	10C	10D	10E	Promedio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
área ba- sal(m <sup>2</sup> /ha)	2.05	0.45	1.30	2.60	1.04	1.48	13.38	9.89	18.73	7.28	2.92	10.44
género	área basal (m <sup>2</sup> /ha)						área basal (m <sup>2</sup> /ha)					
<i>Pssp</i>	2.05	0.45	1.30	2.60	1.04		10.96	6.30	4.64	4.82	2.83	
<i>Pisp</i>	--	--	--	--	--		0.59	3.45	3.04	--	0.09	
<i>Absp</i>	--	--	--	--	--		1.83	--	11.05	2.46	--	
<i>Cusp</i>	--	--	--	--	--		--	0.14	--	--	--	

04572

Cuadro 25. Sitios con los mayores valores de área basal de tocones de coníferas.

Sitio	13D	13E	12C	12D	12E	10D	1A	1B	1C	1D	1E
área basal (m <sup>2</sup> /ha)	8.96	10.79	2.55	4.03	4.83	2.60	13.38	9.89	18.73	7.28	2.92
tipo de tocón	área basal (m <sup>2</sup> /ha)										
con corte reciente	8.96	10.79	1.69	4.03	4.26	--	13.38	8.71	17.01	7.10	2.84
con corte antiguo	--	--	--	--	--	1.22	--	--	1.44	--	--
producido por viento o rayo	--	--	0.86	--	0.57	1.38	--	1.18	0.28	0.18	0.08

Cuadro 26. Sitios con los menores valores de área basal de tocones de coníferas

Sitio	13A	13B	13C	12A	12B	10A	10B	10C	10E
área basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.82	0.75	2.01	0	0.14	2.05	0.45	1.30	1.04
tipo de tocón	área basal (m <sup>2</sup> /ha)								
con corte reciente	--	--	--	--	--	--	--	--	--
con corte antiguo	0.82	0.31	1.72	--	0.14	2.05	0.24	1.30	1.04
producido por viento o rayo	--	0.44	0.29	--	--	--	0.21	--	--

a mayor parte de su área basal corresponde a los tocones con corte reciente. Sólo los sitios 12E y 10D se encuentran en el otro predio; en el sitio 12E se han hecho aprovechamientos recientes y en el 10D, su mayor valor de área basal, se debe a los tocones producidos por el viento o por rayos.

Los sitios con menor densidad (Cuadro 26) se ubican en el predio donde ha sido menor la actividad humana, ya que los mayores valores de su área basal se concentran en los tocones con corte antiguo. Los sitios 13A y 13C se encuentran en el otro predio.

El área basal promedio en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia (Cuadro 27), presenta una relación directa con la densidad de tocones, dado que en los sitios con menor altitud con asociación de *Piha/Psfl* y *Psfl/Piha*, ocurren los menores valores de densidad de tocones, 36 y 56 toc/ha y de área basal, 1.66 y 1.79 m<sup>2</sup>/ha; en los sitios con altitudes intermedias, en los sitios puros de *Psfl*, hay un incremento en la densidad a 116 toc/ha y en el área basal a 3.49 m<sup>2</sup>/ha, finalmente, en los sitios con mayor altitud y con mayor distribución de *Abve* y *Cuar*, se eleva la densidad de tocones a 283 y 364 toc/ha y a su vez, el área basal a 9.89 y 13.13 m<sup>2</sup>/ha.

Los valores de área basal promedio de los tipos de tocón en los grupos de sitios (Figura 33) muestra que los tocones con corte reciente (t.c.c.r.) presenta altos valores en los sitios con altitudes intermedias, sitios puros de *Psfl*, y sus mayores valores en los sitios con las altitudes más elevadas, sitios con mayor presencia de *Abve* y *Cuar*; se debe, a que en estos sitios ocurren los mayores valores de densidad y área basal del estrato arbóreo de coníferas, además, es en estos mismos sitios donde la reciente actividad humana ha ejercido su más fuerte presión. En contraste, los bajos valores de área basal, de los tocones producidos por causas naturales (t.c.c.n.) y de los toco-

Cuadro 27. Valores de densidad y área basal del estrato arbóreo de coníferas y de tocones de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia.

Especies y número de sitios	Piha/Ps fl		Ps fl/Piha		Ps fl		Ps fl/Cuar/Abve		Abve/Ps fl/Cuar	
	3		3		10		1		3	
estrato	arbóreo									
	(ind/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)								
	483	20.61	336	12.38	501	13.63	683	14.72	1,373	32.14
	tocones de coníferas		tocones de coníferas		tocones de coníferas		tocones de coníferas		tocones de coníferas	
	(toc/ha)	(m <sup>2</sup> /ha)								
	36	1.66	56	1.79	116	3.49	283	9.89	364	13.1-
valores relativos	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
tipo de tocón										
con corte reciente	76.86	85.54	44.64	31.28	63.79	76.22	88.34	88.07	95.33	95.20
con corte antiguo	7.42	3.01	39.29	47.49	24.14	17.76	--	--	1.65	3.66
producidos por viento o rayo	15.72	11.45	16.07	21.23	12.07	6.02	11.66	11.93	3.02	1.14

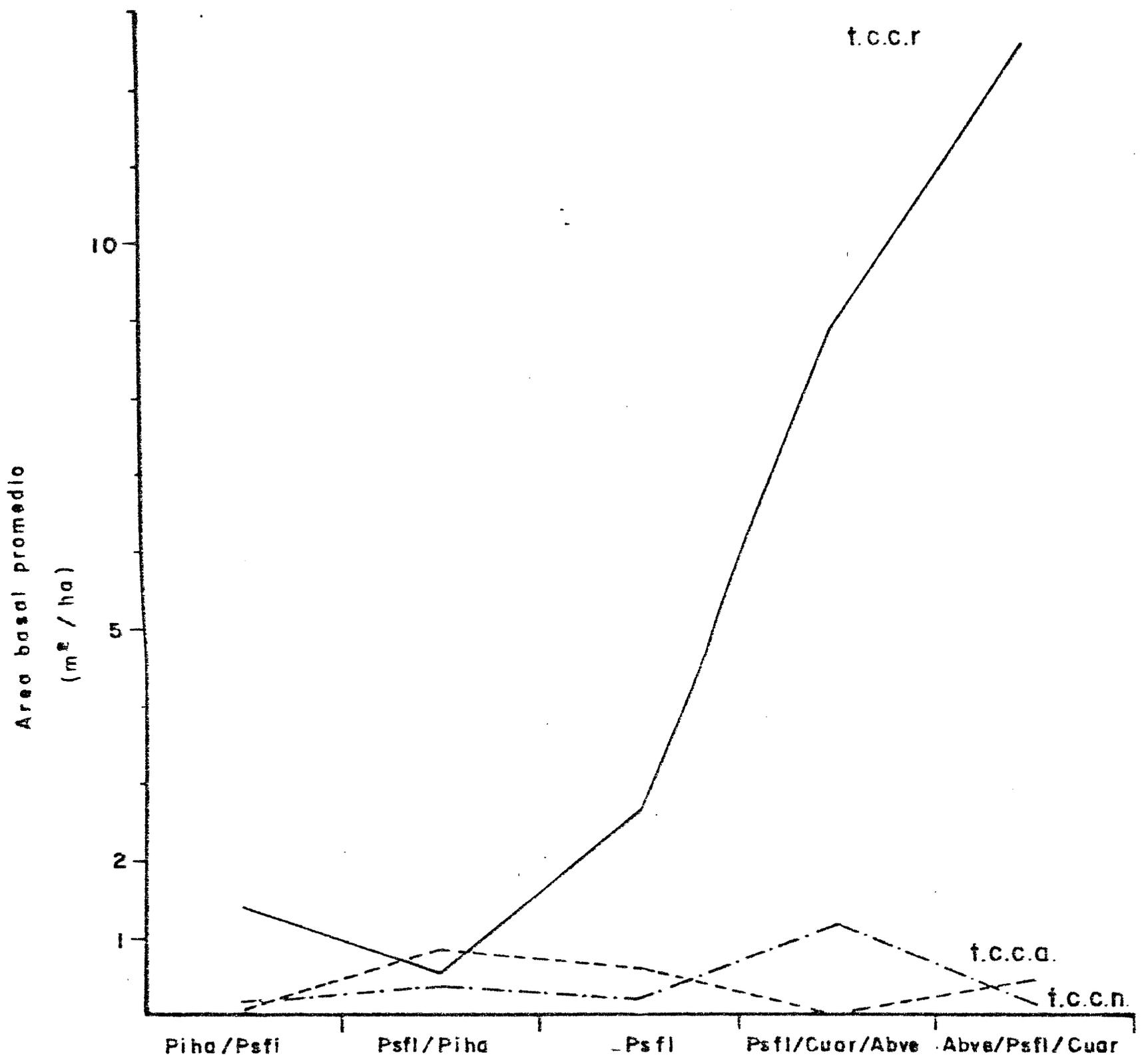


Figura 33 \* Area basal promedio de tocones de coníferas, en los grupos de sitios (Ver Cuadro 27)

nes con corte antiguo (t.c.c.a.), se deben, por un lado, a la escasa densidad que presentan ambos tipos de tocón y por otro, a que los primeros, al crecer en sitios densos tienen diámetros pequeños y los aprovechamientos anteriores fueron dirigidos seguramente a árboles con diámetros pequeños.

#### 4.2.3. Estrato de renuevos de coníferas.

El estrato de renuevos de coníferas se estudia a partir de sus valores de densidad, de su distribución por dosel y de su altura.

4.2.3.1. Densidad. El estrato de renuevos de coníferas presenta una densidad promedio 1569 ind/ha ( Cuadro 28). De manera semejante con la densidad del estrato arbóreo de coníferas, la densidad del estrato de renuevos se incrementa grandemente con el aumento de la altitud, ya que las menores densidades promedio 932 y 887 ind/ha, ocurren en los conglomerados con menor altitud, 13 y 12 respectivamente; posteriormente, la densidad promedio se eleva a 1192 ind/ha en el conglomerado 10, ubicado en las altitudes intermedias, finalmente, la densidad promedio asciende aún más, a 3,264 ind/ha, en el conglomerado 1, localizado en las mayores altitudes.

La densidad promedio del estrato de renuevos de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia (Cuadro 29), presenta una relación directa con la altitud y con la densidad del estrato arbóreo de coníferas; esto es, que en los sitios con menor altitud, con asociación de *Piha/Psfl* y *Psfl/Piha*, ocurren los menores valores de ambos estratos, 483 y 336 ind/ha del estrato arbóreo y 928 y 599 ind/ha del estrato de renuevos; posteriormente, en los sitios con altitudes intermedias, sitios puros de la especie medianamente tolerante *Psfl* y con la asociación de las tolerantes *Cuar* y *Abve*, la densidad de ambos estratos se incrementa a 501 y 683 ind/ha del estrato arbóreo y a 1204 y 1462 ind/ha del estrato de renuevos, finalmente, en los sitios con las mayores altitudes y con la mayor densidad de la especie tolerante *Abve*, se presentan los más altos valores de densidad de ambos estratos 1373 ind/ha del estrato arbóreo y 4428 ind/ha del estrato de renuevos.

Cuadro 28. Valores de densidad del estrato de renuevos de coníferas.

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio
densidad (ind/ha)	249	750	862	1762	1037	932
especie	densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)					
<i>Psfl</i>	237 95.18	750 100	800 92.81	1737 98.58	1012 97.59	
<i>Piha</i>	12 4.82	-- --	62 7.19	25 1.42	25 2.41	

Sitio	12A	12B	12C	12D	12E	Promedio
densidad (ind/ha)	574	674	686	962	1537	887
especie	densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)					
<i>Psfl</i>	475 82.75	512 75.96	662 96.50	950 98.75	1400 91.09	
<i>Piha</i>	62 10.80	162 24.04	12 1.75	12 1.25	100 6.50	
<i>Abve</i>	37 6.45	-- --	12 1.75	-- --	37 2.41	

. . . #

Continúa Cuadro 28.

Sitio	10A	10B	10C	10D	10E	Promedio
densidad (ind/ha)	836	1336	1950	799	1037	1192
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Psfl</i>	787 94.14	1037 77.62	1875 96.16	725 90.74	700 67.50	
<i>Piha</i>	-- --	37 2.77	25 1.28	-- --	125 12.05	
<i>Abve</i>	12 1.43	250 18.71	50 2.56	37 4.63	12 1.16	
<i>Cuar</i>	-- --	12 0.90	-- --	-- --	200 19.29	
<i>Piay</i>	37 4.43	-- --	-- --	37 4.63	-- --	

Sitio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
densidad (ind/ha)	6537	1462	2249	4499	1574	3264
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)						
especie						
<i>Psfl</i>	350 5.35	925 63.27	650 28.90	687 15.27	1512 96.06	
<i>Piha</i>	-- --	-- --	-- --	-- --	37 2.35	
<i>Abve</i>	5687 87.00	400 27.36	1387 61.67	3325 73.91	25 1.59	
<i>Cuar</i>	150 2.30	12 0.82	-- --	275 6.11	-- --	
<i>Piay</i>	350 5.35	125 8.55	212 9.43	212 4.71	-- --	

Cuadro 29. Valores de densidad promedio del estrato arbóreo de coníferas y del estrato de renuevos de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia.

Especies y números de sitios	<i>Piha/Psfl</i>		<i>Psfl/Piha</i>		<i>Psfl</i>		<i>Psfl/Cuar/Abve</i>		<i>Abve/Psfl/Cuar</i>	
	3		3		10		1		3	
estratos	arbóreo	renuevos	arbóreo	renuevos	arbóreo	renuevos	arbóreo	renuevos	arbóreo	renuevos
densidad (ind/ha)	483	928	336	599	501	1204	683	1462	1373	4428
valores relativos especie	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
<i>Psfl</i>	47.14	85.77	72.62	94.49	90.22	92.05	68.38	63.27	16.17	12.69
<i>Piha</i>	52.86	11.64	26.49	4.84	4.39	2.37	1.17	-	0.22	-
<i>Cuar</i>	-	-	-	-	4.79	1.76	19.47	0.82	7.87	3.21
<i>Piay</i>	-	-	-	-	-	0.61	-	8.55	6.92	5.83
<i>Abve</i>	-	2.59	0.89	0.67	0.60	3.21	10.98	27.36	68.82	78.27
proporción árbol:renuevos	1:1.92		1:1.78		1:2.40		1:2.14		1:3.22	

La densidad del estrato de renuevos siempre es mayor que la del estrato arbóreo, esto se aprecia mejor al obtener la proporción árbol:renuevos (Cuadro 29).

Las más bajas proporciones árbol:renuevos, 1:1.92 y 1:1.78, se encuentran en los sitios con menor altitud donde ocurre la asociación de la especie intolerante *Piha* con la medianamente tolerante *Psfl*; las proporciones medias 1:2.40 y 1:2.14, se dan en los sitios con altitudes intermedias, en los sitios puros de la especie medianamente tolerante *Psfl* y en donde se asocia esta especie con las tolerantes *Cuar* y *Abve*, por último la más alta proporción, 1:3.22, se localiza en los sitios con mayor altitud donde se distribuye mayormente la especie tolerante *Abve*.

La baja densidad del estrato de renuevos de coníferas así como, la baja proporción árbol:renuevos en los grupos de sitios con las menores altitudes, se debe, a que estos sitios presentan un fácil acceso, lo que permite mayor perturbación, la cual se traduce en menor densidad del estrato arbóreo y en consecuencia, menor producción de semilla, y de esta forma es escasa la germinación y la regeneración de coníferas en estos sitios. De manera contrastante, las más altas densidades del estrato de renuevos y la mayor proporción árbol:renuevos, se dan en los sitios con las mayores altitudes, esto se debe, a que los sitios tienen un difícil acceso, ocasionando que la perturbación disminuya y que la densidad del estrato arbóreo se incremente; de esta manera, ocurre un aumento en la producción de semilla, resultando una mucha mayor germinación y regeneración de coníferas.

Al comparar la densidad y composición del estrato arbóreo con respecto a la del estrato de renuevos en los grupos de sitios, mismo Cuadro 29, se observa que, en las menores altitudes y en el primer grupo de sitios, en el estrato arbóreo se da una asociación de la especie intolerante *Piha* con la medianamente tolerante *Psfl* la cual favorece ligeramente a la primera, 255 y 228 ind/ha respectivamente, no obstante esto, el estrato

de renuevos lo compone mayormente, 796 ind/ha, la medianamente tolerante *Psfl*, ocurriendo en menor proporción, 108 ind/ha, la regeneración de la intolerante *Piha*, en el grupo se registra, aunque con baja densidad, 24 ind/ha, la especie tolerante *Abve*.

Posteriormente, en altitudes bajas e intermedias, segundo y tercer grupo, el estrato arbóreo está constituido mayormente, 244 y 452 ind/ha, en ese orden por la medianamente tolerante *Psfl*, mientras que la densidad de la intolerante *Piha* disminuye de 89 a 22 ind/ha y la de la tolerante *Abve* se mantiene en 3 ind/ha, en el tercer grupo ocurre la especie tolerante *Cuar* con baja densidad 24 ind/ha, de manera similar, en el estrato de renuevos, en ambos grupos, la componente principal, con 566 y 1108 ind/ha es la especie medianamente tolerante *Psfl*, la densidad de la intolerante *Piha* decrece permaneciendo casi igual, 29 y 28 ind/ha en estos grupos, en cambio, la densidad de la tolerante *Abve* aumenta de 4 a 39 ind/ha, en el tercer grupo se presentan otras dos especies tolerantes *Cuar* y *Piay* con bajas densidades 21 y 7 ind/ha, respectivamente.

En mayores altitudes, en el cuarto grupo, en el estrato arbóreo ocurre una asociación entre la especie medianamente tolerante *Psfl* y las tolerantes *Cuar* y *Abve*, en donde el mayor valor 467 ind/ha, corresponde a la primera, habiendo un aumento a 133 y 75 ind/ha en ese orden de las segundas y por el contrario, la densidad de la intolerante *Piha* disminuye a 8 ind/ha, de manera semejante sucede en el estrato de renuevos, ya que la más alta densidad, 925 ind/ha, corresponde a la especie medianamente tolerante *Psfl*, siendo menor con respecto a la del anterior grupo, en tanto que las especies tolerantes *Abve* y *Piay* presentan un aumento de densidad 400 y 125 ind/ha respectivamente, disminuyendo ligeramente a 12 ind/ha, la densidad de la tolerante *Cuar*, en este grupo no se registra regeneración de la intolerante *Piha*. Finalmente, en las mayores altitudes, en el quinto grupo, en el estrato arbóreo se da una mezcla entre la tolerante *Abve* con la medianamente tolerante *Psfl* y la tolerante *Cuar*, en donde la densidad de la primera se incrementa notablemente, a 945

ind/ha, y la densidad de los dos últimos disminuye a 222 y 108 ind/ha en ese orden, en este grupo ocurre la tolerante *Piay* con baja densidad, 95 ind/ha, y la intolerante *Piha* se distribuye muy escasamente 3 ind/ha, mientras que el estrato de renuevos se encuentra ampliamente constituido, 3466 ind/ha, por la tolerante *Abve*, en donde la densidad de la medianamente tolerante *Psfl* disminuye a 562 ind/ha, pero la de los tolerantes *Piay* y *Cuar* aumentan a 258 y 142 ind/ha respectivamente, aquí nuevamente, no se encuentra regeneración de la intolerante *Piha*.

Lo anterior muestra que ocurre una sobreposición de especies a lo largo del gradiente altitudinal, lo cual está relacionado con la tolerancia de la especie y con el estadio sucesional en que se encuentran los sitios; esto es, en los sitios con menores altitudes, la especie intolerante *Piha* en ocasiones ocurre con regular proporción arbórea (Figura 34) pero con mucha menor regeneración, lo cual se debe a que existe baja producción de semilla y la que logra germinar ve condicionado su desarrollo dado que la especie por ser intolerante no sobrevive bajo el sombreado y competencia radicular resultantes de la alta densidad de latifoliadas que ocurren en estos sitios, así como, por la excesiva acumulación de residuos orgánicos, la especie intolerante *Piha* caracteriza a estos sitios en estadios sucesionales menos avanzados. En estos mismos sitios, la densidad arbórea de la tolerante *Abve* a veces es nula o muy escasa, pero su regeneración ocurre en ambos casos, aunque con baja densidad, la especie empieza a establecerse por debajo del dosel de la intolerante *Piha* y de la medianamente tolerante *Psfl*, pues su condición de especie tolerante le permite sobrevivir bajo la sombra y con competencia radicular. De manera progresiva con el gradiente altitudinal, en altitudes intermedias y mayores, las densidades de ambos estratos de la especie intolerante *Piha* van disminuyendo a tal grado que es muy escasa su densidad arbórea y no se registra regeneración de la misma, sobre todo en las mayores elevaciones, ya que en estas altitudes las condiciones de sombra y de competencia radicular son mucho más severas lo que imposibilita el

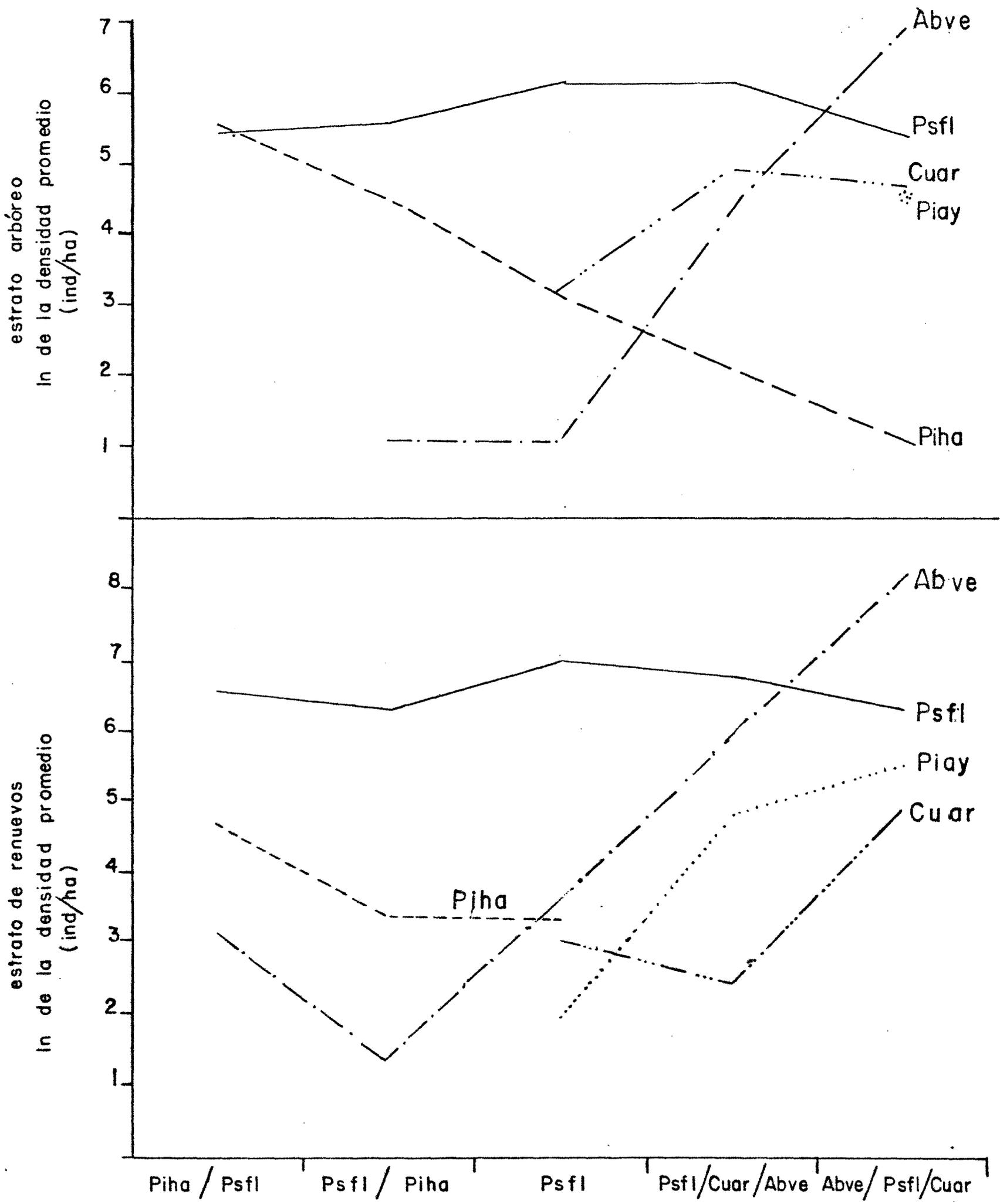


Figura 34 Logaritmo natural (ln) de la densidad promedio de las especies de los estratos arbóreo y de renuevos de coníferas en los grupos de sitio (Ver Cuadro 29).

establecimiento de la especie, en contraste, las densidades de ambos estratos de la especie tolerante *Abve* se incrementa notablemente con el gradiente altitudinal, esto se debe a que con el aumento de la altitud se incrementa la densidad del estrato arbóreo y de la especie ocurriendo una buena producción de semilla la cual logra germinar y establecerse bajo condiciones de escasa intensidad luminosa y fuerte competencia radicular, dado que la especie por ser tolerante puede sobrevivir bajo dichas condiciones, la especie tolerante *Abve* caracteriza los estadios sucesionales más avanzados.

Las densidades de los estratos arbóreo y renuevos de la especie medianamente tolerante *Psfl* presentan un incremento de las menores altitudes a las altitudes intermedias, para después en las mayores elevaciones disminuir; esto es, en las altitudes menores en ocasiones la densidad arbórea de la especie es relativamente baja y en otras es mayor, pero en ambas situaciones la densidad de su regeneración ocurre en mayor proporción, la cual se debe a que hay suficiente producción de semilla y que la especie por ser medianamente tolerante puede desarrollarse bajo condiciones sombrías y competencia radicular producidas por las latifoliadas, las cuales se distribuyen ampliamente en estas altitudes, en las altitudes intermedias la densidad del estrato arbóreo de la especie se incrementa aún más y por consecuencia la de su regeneración llegando a constituir sitios puros en ambos estratos, la especie caracteriza a estos sitios en estadios sucesionales intermedios, por último, en las mayores altitudes las densidades de ambos estratos de la especie disminuyen, aunque ocurre baja proporción arbórea existe disponibilidad de semilla la cual puede germinar, pero ve limitado su desarrollo por la escasa intensidad luminosa y la fuerte competencia radicular que se presenta en estas altitudes.

Las densidades de los estratos arbóreo y de renuevos de la especie tolerante *Cuar* ocurren a veces con regular proporción y en otras, con baja densidad, pero en general ambos estratos se

incrementan de las altitudes intermedias a las mayores, mostrando que la especie por ser tolerante puede sobrevivir bajo condiciones de severo sombreado y elevada competencia radicular. En contraste, la especie -reconocida aquí como tolerante- *Píay*, presenta su mayor y única densidad arbórea en las mayores altitudes, pero su regeneración presenta un aumento progresivo de las altitudes intermedias a las mayores, en donde encuentra sus más altos valores de densidad, por lo que puede establecerse y desarrollarse en condiciones de severos sombreado e intensa competencia radicular.

4.2.3.1.1. Densidad y altura por dosel. La densidad y la altura por dosel se analiza sólo para la especie medianamente tolerante *Psfl* y para la tolerante *Abve*, considerándose únicamente los doseles con mayor densidad.

En relación con la densidad y la altura por dosel de la especie medianamente tolerante *Psfl*, en los conglomerados de menor altitud, 13 y 12, encuentra sus máximos valores de densidad, 299.8 y 242.4 ind/ha, (Cuadro 30) bajo el dosel de latifoliadas y bajo cielo abierto, respectivamente; los mayores valores de altura, 2.51 y 1.76 m ocurren bajo cielo abierto, en ese orden. En el conglomerado con altitudes intermedias, conglomerado 10, la especie presenta su máximo valor de densidad, 320 ind/ha, bajo el dosel de *Psfl* y el más alto valor de altura 2.11 m, se da bajo cielo abierto, por último en el conglomerado con altitudes mayores, conglomerado 1, la especie concentra su mayor densidad, 367.6 ind/ha, bajo cielo abierto y su mayor altura 1.87 m, se presenta bajo el dosel de *Psfl*.

La mayor densidad y altura de la especie bajo un dosel u otro, está relacionada con la tolerancia de la misma y con la frecuencia en que ocurre el dosel; en los conglomerados 13 y 12, la mayor densidad ocurre bajo el dosel de latifoliadas (latifo) y bajo cielo abierto (ciab), respectivamente (Figuras 35 y 36), esto se debe a que *Psfl* por ser una especie medianamente tolerante puede establecerse bajo ambos doseles, presentando mejor crecimiento en altura bajo ciab; los doseles de ciab y latifo son

muy frecuentes en los conglomerados 13 y 12, dado que los conglomerados al localizarse en las menores altitudes presentan fácil acceso ocurriendo una elevada perturbación la cual se traduce en un incremento de espacios abiertos y de la densidad de latifoliadas, disminuyendo de esta forma la densidad -298.4 y 416.4 ind/ha del estrato arbóreo de coníferas.

Cuadro 30. Valores de densidad promedio del estrato arbóreo de coníferas y densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de la especie medianamente tolerante *Ps fl* en los conglomerados.

Conglomerado y número de sitios	13	12	10	1				
	5	5	5	5				
estrato	arbóreo (ind/ha)							
	298.4	416.4	663.4	1075.5				
estrato especie	renuevos <i>Ps fl</i>							
	densidad (ind/ha) y altura ponderada (m)							
	(ind/ha)	(m)	(ind/ha)	(m)	(ind/ha)	(m)	(ind/ha)	(m)
	907.2	1.65	799.8	1.05	1024.8	1.36	824.8	1.44
	densidad relativa (%) y altura ponderada (m)							
	%	m	%	m	%	m	%	m
dosel cielo abierto	26.74	2.51	30.31	1.76	28.06	2.11	44.57	1.57
latifoliadas	33.05	1.21	29.11	0.61	22.21	0.59	8.80	0.85
latifoliada más conífera	15.12	0.97	12.80	0.55	15.36	0.60	2.40	0.61
coníferas	0.26	3.50	0.90	0.10	0.23	1.20	1.21	0.23
<i>Piha</i>	2.20	2.09	11.25	1.02	0.98	1.86	1.21	1.24
<i>Piay</i>	--	--	--	--	--	--	1.80	1.14
<i>Cuar</i>	--	--	--	--	1.21	1.22	19.41	1.19
<i>Abve</i>	--	--	0.30	1.77	0.72	0.29	14.55	1.51
<i>Ps fl</i>	22.62	1.66	15.33	0.95	31.23	1.64	16.05	1.87

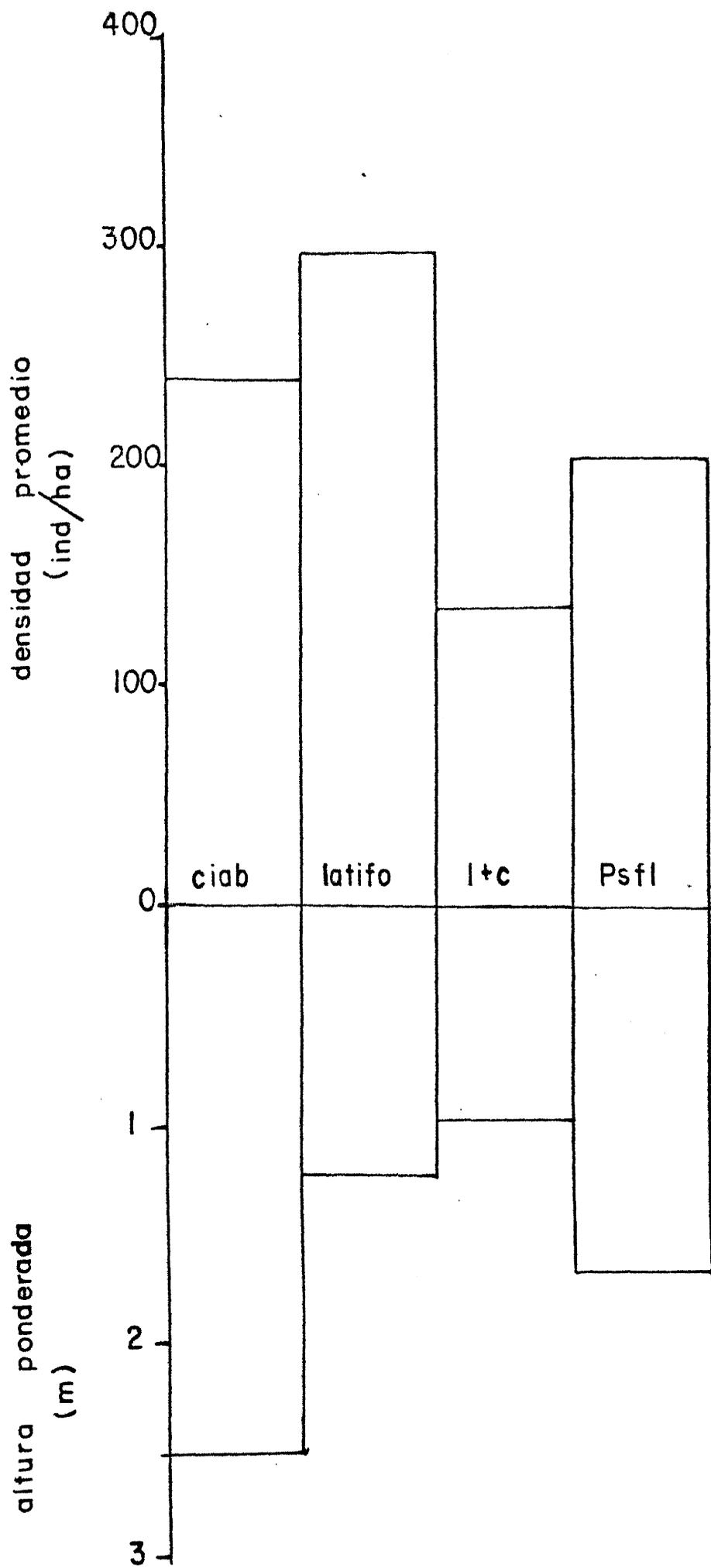


Figura 35 Densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de Psfl en el conglomerado 13. (Ver Cuadro 30)

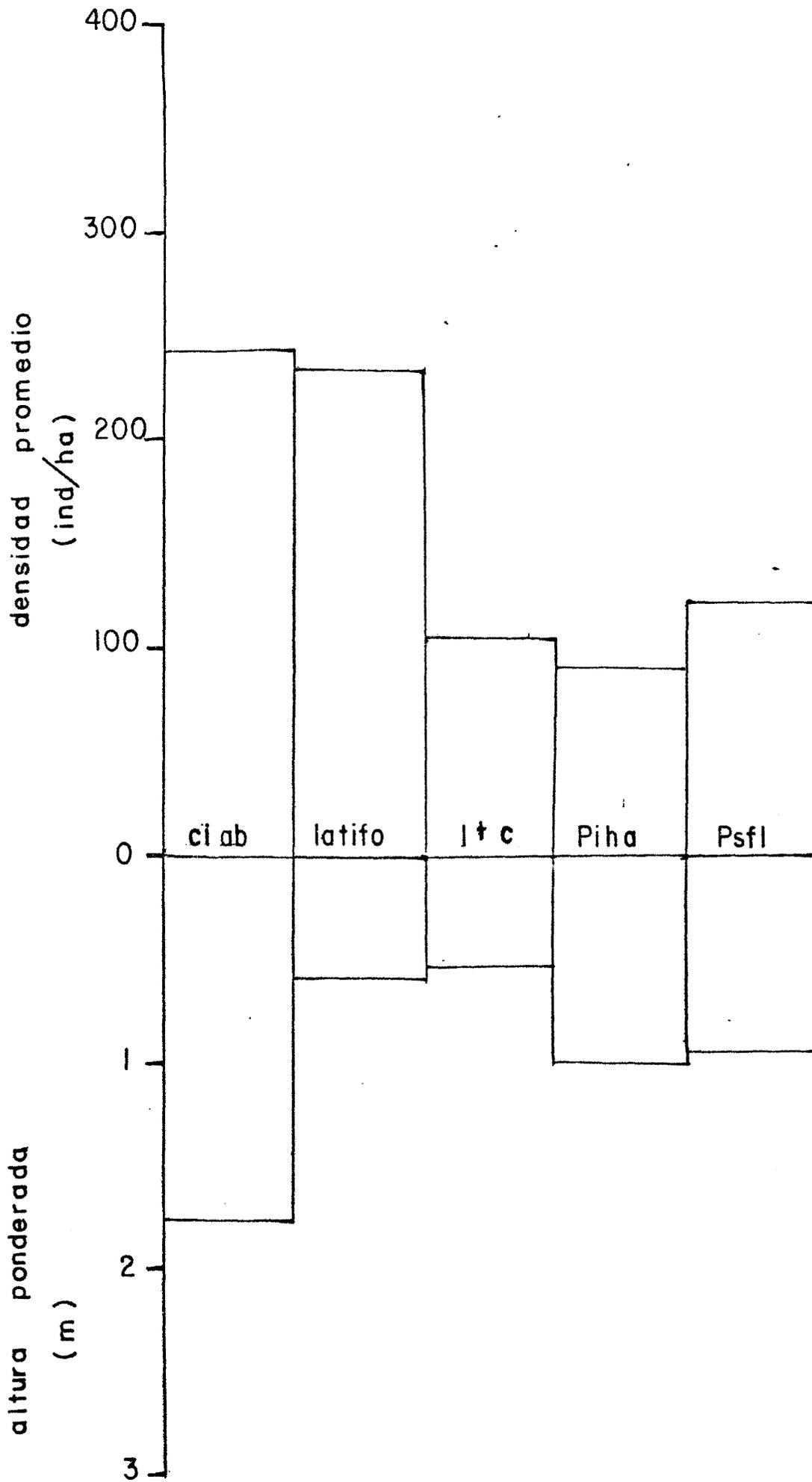


Figura 36 Densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de Psfl en el conglomerado 12.(Ver Cuadro 30)

En los conglomerados 13 y 12 la regeneración de la especie presenta regulares densidades, 205.2 y 122.6 ind/ha, bajo el dosel de *Psfl*, pero tiene alturas medias, 1.66 y 0.95 m, esto demuestra que la especie puede establecerse bajo su propio dosel y sobretodo presentar buenos incrementos en altura, el dosel de *Psfl* es poco frecuente; la especie medianamente tolerante *Psfl*, presenta bajas densidades y alturas, 137.2 y 102.4 ind/ha, 0.97 y 0.55 m, respectivamente, bajo el dosel de latifolia-das más conífera (l+c), esto se debe a que este dosel representa la condición más crítica de sombreado, la cual impide el establecimiento y crecimiento de la especie, además, de que el dosel ocurre poco. En el conglomerado 12, la especie presenta baja densidad, 90 ind/ha, bajo el dosel de *Piha*, pero los renuevos alcanzan una altura media de 1.02 m, por lo que la especie puede establecerse también bajo este dosel y tener buenos incrementos de altura; en este conglomerado, ocurre la mayor proporción arbórea de *Piha*.

Los mayores valores de altura de la regeneración de la especie en los conglomerados 13 y 12, se dan bajo ciab, en donde la mayoría de individuos se agrupan en las categorías de altura de 3.0 a 3.99 y 1.0 a 1.99 m, respectivamente (Apéndice 4) esto se debe, a que la condición de ciab es la más favorable para la regeneración, dado que en dicha condición ocurre la mayor intensidad luminosa, lo cual se traduce en mejores incrementos en altura. Los valores medios de altura de la regeneración en los conglomerados 13 y 12, se encuentran bajo el dosel de *Psfl* en el cual la mayor densidad se concentra en las categorías de altura de  $\leq 0.99$  y de 1.0 a 1.99 m, en el conglomerado 13, y en  $\leq 0.99$  m, en el conglomerado 12; esto es, que la regeneración bajo este dosel tiene menores incrementos en altura, pues se presentan mayormente condiciones sombrías y de competencia radicular. Los menores valores de altura de la regeneración en estos conglomerados, ocurren bajo los doseles de latifo y l+c; en el conglomerado 13, bajo el dosel de latifo la más alta densidad se concentra en las categorías de altura de  $\leq 0.99$  y de 1.0 a 1.99 y en

el conglomerado 12, en  $\leq 0.99$ , bajo el dosel de l+c se agrupa en la categoría de  $\leq 0.99$  en ambos conglomerados, de esta manera la regeneración bajo estos doseles presenta el tamaño más bajo dado que los doseles representan las condiciones más severas de sombra y de competencia radicular.

En el conglomerado 10, la especie medianamente tolerante *Psfl* presenta su máximo valor de densidad, 320 ind/ha, bajo el dosel de *Psfl* (Figura 37) en el mismo ocurre la segunda mejor altura, 1.64 m, pues el mayor valor de altura, 2.11 m, se da bajo ciab, en donde es poco menos la densidad 287.6 ind/ha; la especie puede establecerse y desarrollarse bajo estos doseles, teniendo mejores valores de altura bajo ciab, a su vez, en el conglomerado se encuentra la mayor proporción arbórea de *Psfl* permitiendo que este dosel sea más abundante y ocurran condiciones poco más sombrías, por lo que la especie puede germinar en los espacios abiertos. La especie presenta menores densidades y alturas, 227.6 y 157.4 ind/ha y 0.59 y 0.60 m bajo los doseles de latifo y l+c, respectivamente; bajo estos doseles, la especie puede establecerse, pero con mayor proporción bajo latifo, en ambos presenta poca altura dado que son condiciones más sombrías, estos doseles son menos abundantes en este conglomerado.

El mayor valor de altura de la regeneración en este conglomerado se encuentra bajo ciab, en donde la mayor densidad se agrupa en la categoría de altura de 1.0 a 1.99 m (Apéndice 4) ocurriendo regular proporción en las dos siguientes mayores categorías -2.0 a 2.99 y 3.0 a 3.99- esta elevada altura de la regeneración corresponde con la condición que representa ciab, en la cual se da la mayor intensidad luminosa propiciando buenos incrementos en altura. El valor medio de altura se da bajo el dosel de *Psfl*, en el cual la regeneración se concentra mayormente en las categorías de  $\leq 0.99$  y de 1.0 a 1.99 m, este valor medio de altura se atribuye a que bajo este dosel se incrementa la sombra y la competencia radicular, por lo que la regeneración presenta menores incrementos en altura. Los menores valores de al

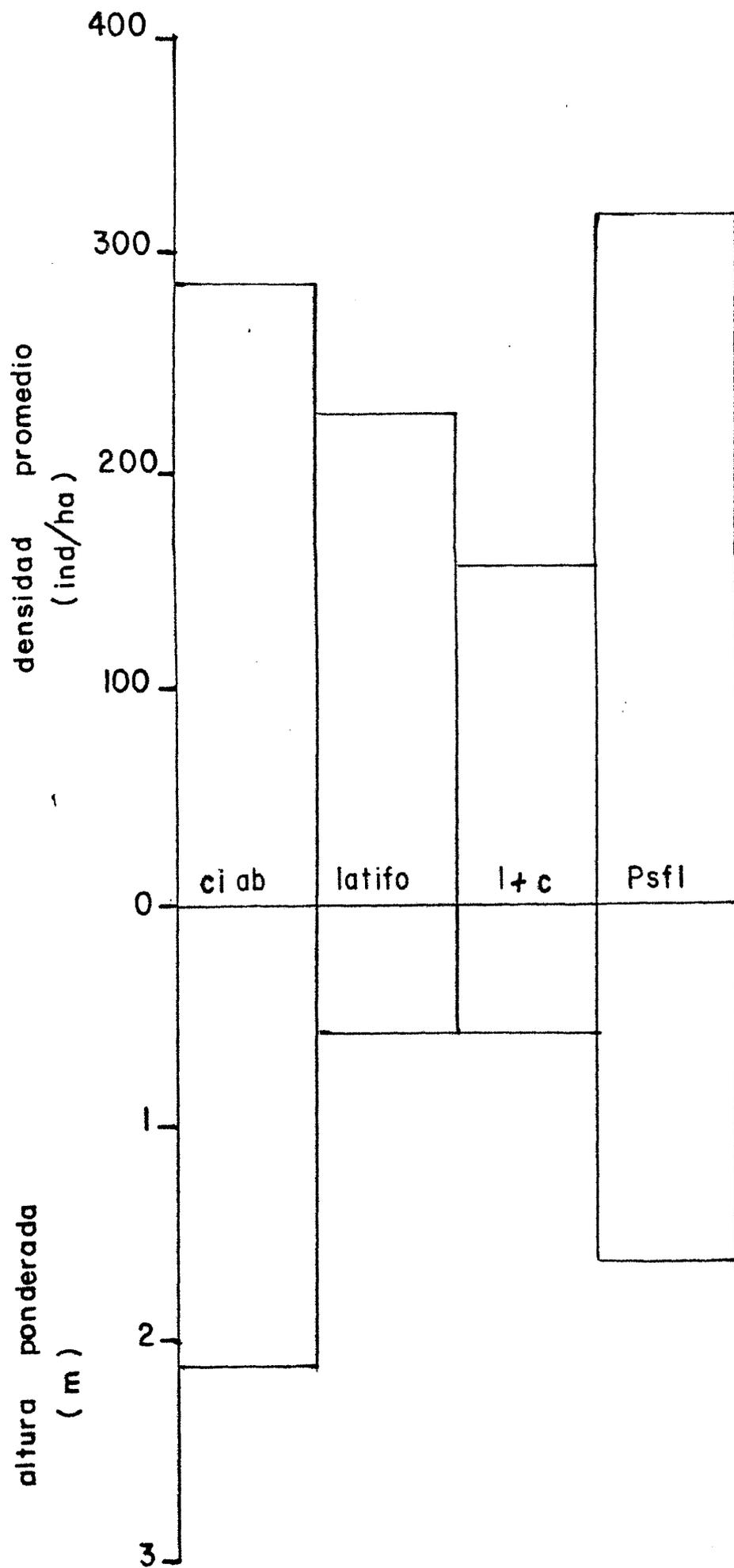


Figura 37 Densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de Psfl en el conglomerado 10. (Ver Cuadro 30)

tura ocurren bajo los doseles de latifo y l+c, en los cuales la mayor parte de la regeneración se agrupa en la categoría de  $\leq 0.99$  m, este porte bajo de la regeneración en estos doseles se debe a que bajo los mismos se crean las condiciones más severas de sombreado y de competencia radicular.

En el conglomerado 1, la especie medianamente tolerante *Psfl*, presenta su mayor valor de densidad, 367.6 ind/ha, bajo ciab (Figura 38) en el cual ocurre una altura media de 1.54 m; bajo el dosel de *Psfl*, se da menor densidad, 132.4 ind/ha, pero ligeramente mayor altura, 1.87 m. La elevada densidad bajo ciab se debe a que en este conglomerado se incrementa notablemente la densidad -1075.5 ind/ha- del estrato arbóreo de coníferas lo que se traduce ocurra un severo sombreado y fuerte competencia radicular, por lo que la especie se establece en los espacios abiertos en donde es poco mayor la intensidad luminosa; la poca densidad bajo el dosel de *Psfl*, se debe a que el mismo se presenta menos, pero la elevada altura se debe a que al haber escasa intensidad luminosa la especie crece más en altura para buscar la luz. De igual manera, sucede con la densidad y altura bajo los doseles de *Abve* y de *Cuar*, ya que es baja la densidad, 120 y 77.6 ind/ha, pero los valores de altura son medios, 1.51 y 1.19 m.

La especie presenta baja densidad y altura bajo los doseles de latifo y l+c, 72.6 y 19.8 ind/ha y 0.85 y 0.61 m, en ese orden; esto se debe, a que ambos doseles ocurren muy escasamente, pues la baja intensidad luminosa, que se da en este conglomerado impide la propagación de latifoliadas, además, éstos doseles representan la condición más crítica de sombreado.

Los valores altos y medios de altura de la regeneración ocurren bajo el dosel de *Psfl* y bajo los doseles de ciab, *Abve* y *Cuar* en ese orden, concentrándose la densidad mayormente en la categoría de  $\leq 0.99$  y de 1.0 a 1.99 m (Apéndice 4), esto se debe a que en este conglomerado se presentan las condiciones más críticas de sombreado y en consecuencia la regeneración crece más

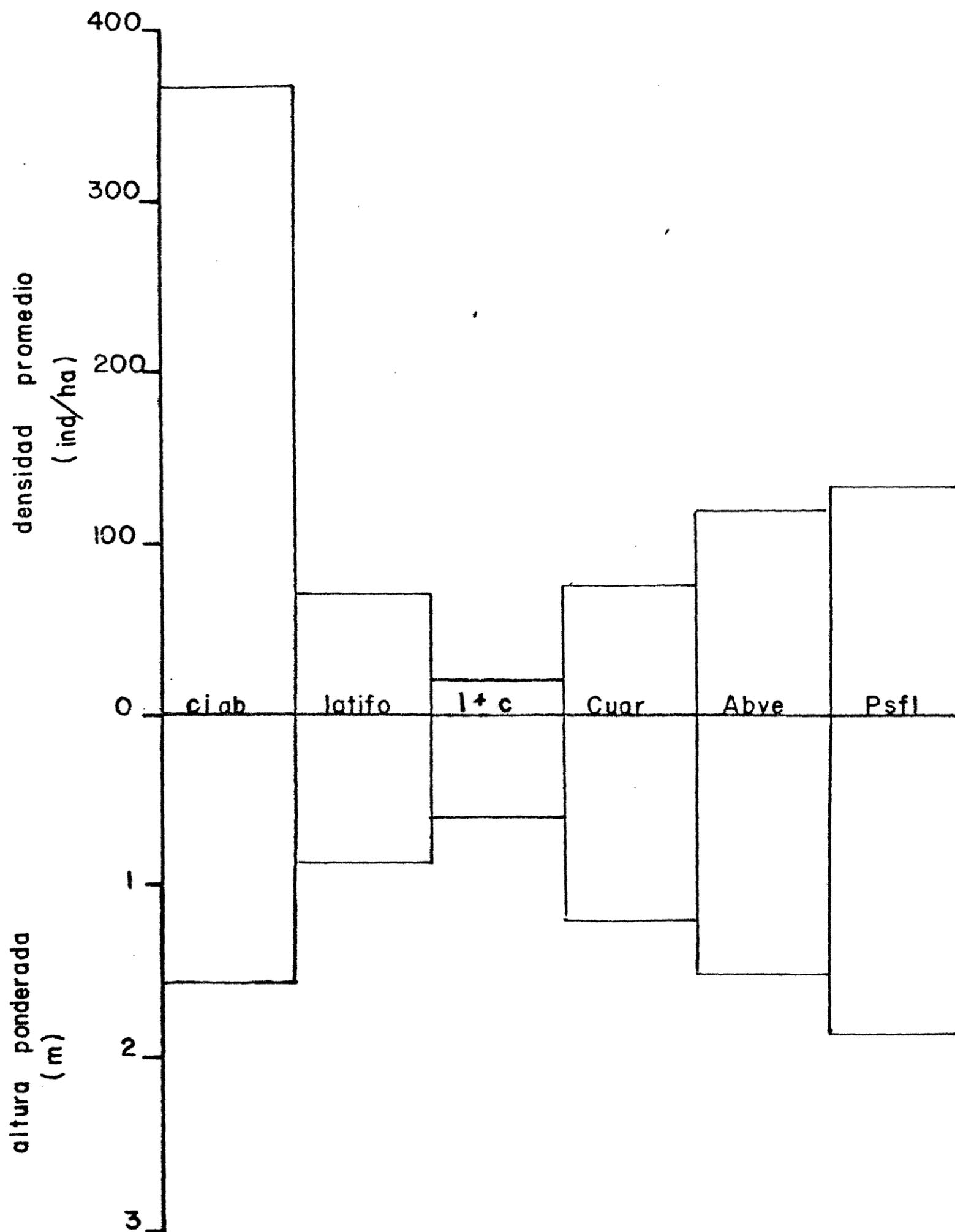


Figura 38 Densidad promedio y altura pondera por dosel de los renuevos de Psfl en el conglomerado I.( Ver Cuadro 30)

en altura al tratar de alcanzar la luz; los menores valores de altura ocurren bajo los doseles de latifo y l+c cuya densidad mayormente se agrupa en la categoría de  $\leq 0.99$  m por lo que la regeneración en estos doseles presenta un tamaño bajo, dado que los mismos determinan la condición aún más crítica de sombreado y de competencia radicular.

Con lo anterior se demuestra que la especie medianamente tolerante *Psfl* puede germinar y desarrollarse bajo diferentes doseles, presentando mayores valores de densidad y altura bajo los doseles de ciab, *Psfl* y latifo. La especie puede establecerse en los conglomerados con menor altitud, en donde ocurre mayor intensidad luminosa y menor sombra, y en el conglomerado de mayor altitud, en el cual es menor la intensidad luminosa y mayor el sombreado. De esta manera, la especie se ratifica como una especie medianamente tolerante.

Con respecto al análisis de la densidad y altura por dosel de la especie tolerante *Abve*, el mismo sólo se hace para el conglomerado con mayor altitud, conglomerado 1, en el cual la especie presenta su mayor distribución.

La especie tolerante *Abve* presenta su mayor valor de densidad y altura, 742.4 ind/ha y 0.77 m bajo el dosel de *Abve* (Cuadro 31), su menor valor de densidad, 160 ind/ha, ocurre bajo el dosel de *Cuar* y su menor valor de altura, 0.24 m, bajo el dosel de latifo.

La elevada densidad y mayor altura de la especie bajo su propio dosel (Figura 39) se debe a que en este conglomerado se encuentra la mayor densidad arbórea de la especie, por lo que el dosel de la misma es muy abundante, asimismo, se da una mayor producción de semilla la cual germina y se arraiga bajo un severo sombreado y fuerte competencia radicular, en el cual tiene un desarrollo regular en altura. En este conglomerado se presenta la más alta densidad -1075.5 ind/ha- del estrato arbóreo de coní

feras.

No obstante lo anterior, la especie tolerante *Abve* presenta regular densidad, 582.4 ind/ha y ligeramente menor altura, 0.70 m, bajo ciab mostrando que la especie puede establecerse y desarrollarse en espacios abiertos, los cuales son regularmente frecuentes debido a la reciente actividad antropogénica y a causas naturales.

Cuadro 31. Valor de densidad promedio del estrato arbóreo de coníferas y densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de la especie tolerante *Abve* en el conglomerado 1.

Conglomerado y número de sitios	1	
	5	
estrato	arbóreo (ind/ha)	
	1075.5	
estrato especie	renuevos	
	<i>Abve</i>	
	densidad (ind/ha)	altura ponderada (m)
	2164.8	0.66
	densidad relativa (%)	altura ponderada (m)
dosel		
cielo abierto	26.90	0.74
latifoliada	9.46	0.24
latifoliada más conífera	1.27	1.04
conífera	2.43	0.96
<i>Piha</i>	0.12	3.50
<i>Piay</i>	8.20	0.26
<i>Ps fl</i>	9.93	0.66
<i>Cuar</i>	7.39	0.61
<i>Abve</i>	34.29	0.77

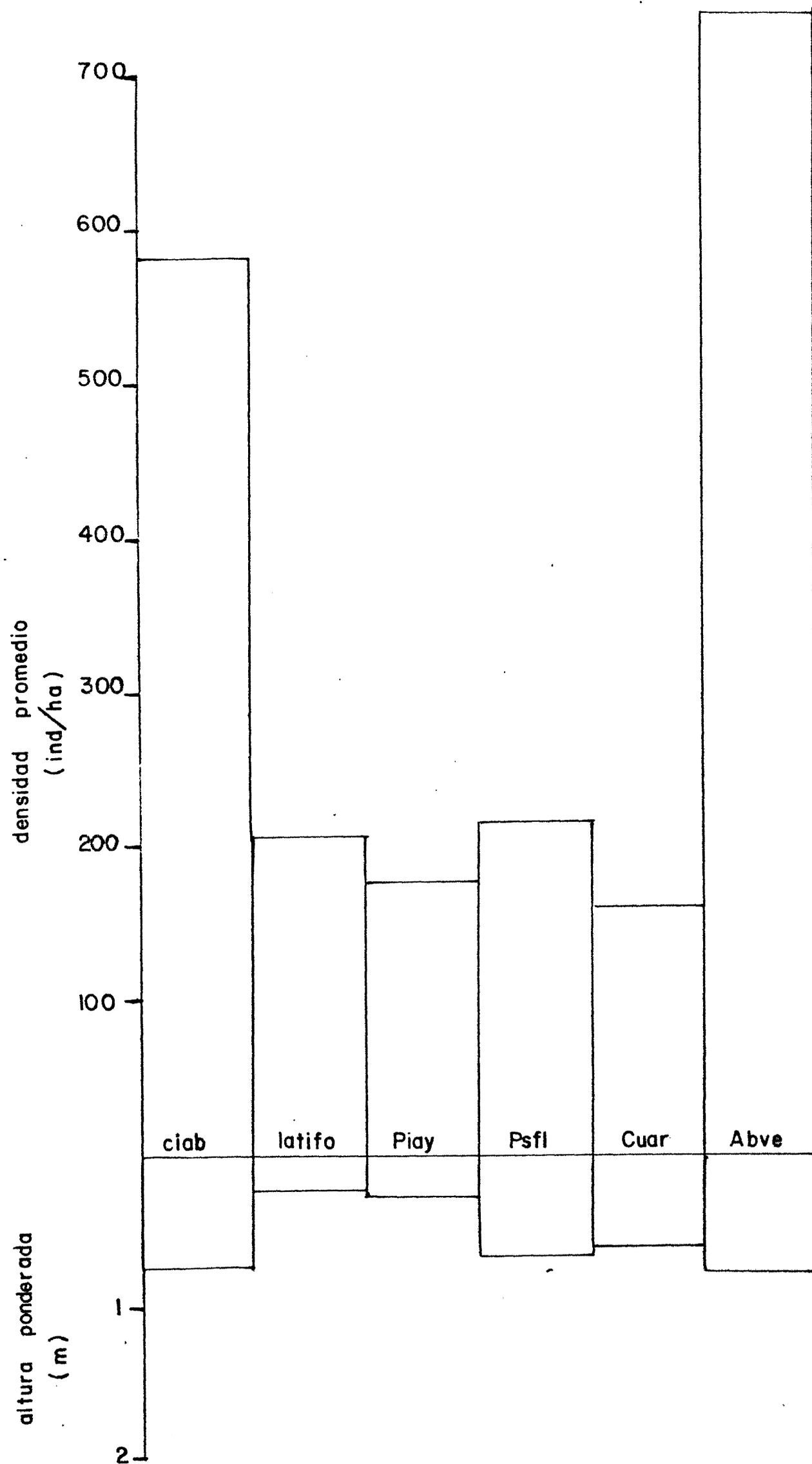


Figura 39 Densidad promedio y altura ponderada por dosel de los renuevos de Abve en el conglomerado 1 (Ver Cuadro 31)

4.2.4.1. Densidad. El estrato de latifoliadas presenta una densidad promedio de 9,508 ind/ha (Cuadro 32). La densidad del estrato disminuye con el gradiente altitudinal, ya que en los conglomerados de menor altitud, 13 y 12, ocurren densidades que van de elevadas a medias -14,680 y 8,992 ind/ha-; posteriormente, en el conglomerado 10, se incrementa ligeramente la densidad -10,368 ind/ha-, pero en el conglomerado con mayor altitud, conglomerado 1, la densidad disminuye drásticamente a 3,992 ind/ha.

La mayor densidad, 35,840 ind/ha, se encontró en el sitio 13B y la menor, 640 ind/ha, en el sitio 1C, estos sitios tienen una diferencia altitudinal de 310 m, siendo el 1C el de mayor altitud (3,020 msnm).

En los conglomerados la composición de especies disminuye gradualmente con el incremento de la altitud, dado que en los conglomerados de menor altitud, 13 y 12, se presentan entre diez y ocho especies, siendo estas; *Quercus sp* (Qusp), *Arbutus xalapensis* (Arxa), *Ceanothus huichagorore* (Cehu), *Garrya ovata* (Gaov), *Eupatorium saltillense* (Eusa), *Rhus virens* (Rhvi), *Cercocarpus montanus* (Cemo), *Dasylinion sp* (Daspl), *Rhamnus betulifolia* (Rhbe), *Prunus serotina* (Prse) y *Agave sp* (Agsp), posteriormente en el conglomerado con altitudes intermedias, conglomerado 10, la composición disminuye a cuatro especies, Qusp, Arxa, Gaov y Cehu. Por último, en el conglomerado de mayor altitud, conglomerado 1, la composición por especies casi se limita a una sola especie, Qusp, pues ocurren otras, Gaov, Cehu, *Populus tremuloides* (Potr), Arxa y Rhvi, pero con muy escasa densidad.

La densidad promedio del estrato de latifoliadas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia (Cuadro 33) muestra que en los sitios con menor altitud, sitios con asociación de la especie intolerante *Piha* y la medianamente tolerante *Psfl* y viceversa, ocurre

Cuadro 32. Valores de densidad del estrato de latifoliadas

Sitio	13A	13B	13C	13D	13E	Promedio
densidad (ind/ha)	13000	35840	10040	5920	8600	14680
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)						
especie						
Qusp	8080 62.15	13880 38.73	5280 52.59	4520 76.35	5920 68.84	
Arxa	600 4.62	1040 2.90	440 4.38	360 6.08	560 6.51	
Cehu	440 3.38	800 2.23	1200 11.95	160 2.70	880 10.23	
Gaov	2280 17.54	19680 54.91	2680 26.69	680 11.49	720 8.37	
Eusa	1320 10.15	-- --	280 2.80	120 2.03	320 3.72	
Rhvi	80 0.62	280 0.78	-- --	80 1.35	-- --	
Cemo	200 1.54	-- --	160 1.59	-- --	-- --	
Dasp	-- --	160 0.45	-- --	-- --	-- --	
Rhbe	-- --	-- --	-- --	-- --	120 1.40	
Prse	-- --	-- --	-- --	-- --	80 0.93	

Continúa Cuadro 32.

Sitio	12A		12B		12C		12D		12E		Promedio
densidad (ind/ha)	8080		7440		6040		16680		6720		8992
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)											
especie											
Qusp	5400	66.83	5840	78.50	3720	61.59	7680	46.04	3680	54.76	
Arxa	640	7.92	240	3.23	800	13.25	720	4.32	1400	20.83	
Cehu	960	11.88	1200	16.13	--	--	440	2.64	1560	23.21	
Gaov	720	8.91	--	--	--	--	7040	42.20	80	1.19	
Eusa	360	4.45	80	1.07	560	9.27	440	2.64	--	--	
Rhvi	--	--	--	--	600	9.93	--	--	--	--	
Cemo	--	--	--	--	360	5.96	360	2.16	--	--	
Agsp	--	--	80	1.07	--	--	--	--	--	--	

Sitio	10A		10B		10C		10D		10E		Promedio
densidad (ind/ha)	10440		7720		20480		5880		7320		10368
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)											
especie											
Qusp	6640	63.60	5320	68.91	8480	41.41	4960	84.35	6520	89.07	
Arxa	680	6.51	600	7.77	960	4.68	160	2.72	640	8.74	
Cehu	240	2.30	400	5.18	--	--	--	--	160	2.19	
Gaov	2880	27.59	1400	18.14	11040	53.91	760	12.93	--	--	

Continúa Cuadro 32.

Sitio	1A	1B	1C	1D	1E	Promedio
densidad (ind/ha)	920	7520	640	2640	8240	3992
densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%)						
especie						
Qusp	920 100	7200 95.74	640 100	2520 95.45	6000 72.82	
Arxa	-- --	-- --	-- --	-- --	80 0.97	
Cehu	-- --	-- --	-- --	80 3.03	200 2.42	
Gaov	-- --	-- --	-- --	-- --	1960 23.79	
Rhvi	-- --	-- --	-- --	40 1.52	-- --	
Potr	-- --	320 4.26	-- --	-- --	-- --	

una densidad promedio que se eleva de 7,413 a 9,693 ind/ha, la cual se incrementa aún más, en los sitios con altitudes intermedias, sitios puros de la especie medianamente tolerante *Ps fl*, a 12,712 ind/ha, para después disminuir en los sitios con mayor altitud; primero, en el sitio con asociación de la especie medianamente tolerante *Ps fl* con las tolerantes *Cuar* y *Abve*, a 7,520 ind/ha y luego más drásticamente en el sitio con mayor distribución de la especie tolerante *Abve*, a 1,400 ind/ha.

Cuadro 33. Valores de densidad promedio del estrato de latifoliadas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con la proporción de especies y su tolerancia.

Espece y número de sitios	<i>Piha/Ps fl</i>	<i>Ps fl/Piha</i>	<i>Ps fl</i>	<i>Ps fl/Cuar/Abve</i>	<i>Abve/Ps fl/Cuar</i>
	3	3	10	1	3
densidad (ind/ha)	7413	9693	12712	7520	1400
valores relativos especie	%	%	%	%	%
<i>Qusp</i>	67.08	58.73	55.00	95.74	97.14
<i>Arxa</i>	10.25	6.32	4.56	--	--
<i>Cehu</i>	16.73	5.64	2.58	--	1.93
<i>Gaov</i>	3.60	17.05	36.31	--	--
<i>Eusa</i>	1.98	7.43	0.69	--	--
<i>Agsp</i>	0.35	--	--	--	--
<i>Rhvi</i>	--	2.34	0.28	--	0.93
<i>Cemo</i>	--	2.48	0.28	--	--
<i>Dasp</i>	--	--	0.13	--	--
<i>Rhbe</i>	--	--	0.10	--	--
<i>Prse</i>	--	--	0.06	--	--
<i>Potr</i>	--	--	--	4.26	--

En los sitios con altitudes menores e intermedias ocurren los mayores valores de densidad del estrato de latifoliadas

(Figura 40) esto se debe, a que estos presentan fácil acceso permitiendo que se presente mayor perturbación lo cual favorece el establecimiento de latifoliadas, asimismo el mayor valor de densidad del estrato en las altitudes intermedias también se atribuye a que en esas altitudes se encuentra la mayor densidad de la especie medianamente tolerante *Psfl*, la cual se considera componente del climax de incendio (Cooper, 1961; Spurr y Barnes, 1982) por lo que con los frecuentes incendios se ven favorecidas las latifoliadas y la especie medianamente tolerante *Psfl*. En contraste, en los sitios con mayor altitud la densidad del estrato decrece notablemente, ya que estos sitios tienen difícil acceso disminuyendo la perturbación y en consecuencia la densidad de latifoliadas.

La disminución gradual de la densidad y composición del estrato de latifoliadas con la altitud se encuentra relacionada con el avance sucesional que presentan los sitios, ya que en sitios con altitudes bajas e intermedias y con densidades bajas y medias del estrato arbóreo de coníferas, ocurren las mayores densidades y composición del estrato de latifoliadas en estos sitios es mayor la intensidad luminosa favoreciendo a las latifoliadas; por lo que en estos sitios *Qusp* tiene valores de densidad del orden de 67.0%, 58.73 y 55.00% respectivamente y especies como *Cehu* y *Gaov*, juntas tienen valores de densidad del 20.33, 22.69 y 38.89% en ese orden, estos sitios se encuentran en estadios sucesionales menos avanzados. En cambio, en los sitios con mayor altitud y densidad del estrato arbóreo de coníferas, se da mucho menor densidad y composición de latifoliadas, pues la elevada densidad del estrato arbóreo crea condiciones más sombrías ocurriendo escasa intensidad luminosa; por lo tanto, la especie *Qusp* es lo que se mantiene en estos sitios con valores de densidad de 95.74 y 97.14% mientras que *Cehu* y *Gaov* desaparecen totalmente, esto se debe a que *Qusp* presenta un tamaño mayor lo que le permite alcanzar la poca luz que ocurre en estos sitios y de esta manera sobrevivir; *Cehu* y *Gaov* son de tamaño más bajo por lo que no sobreviven bajo el severo sombreado

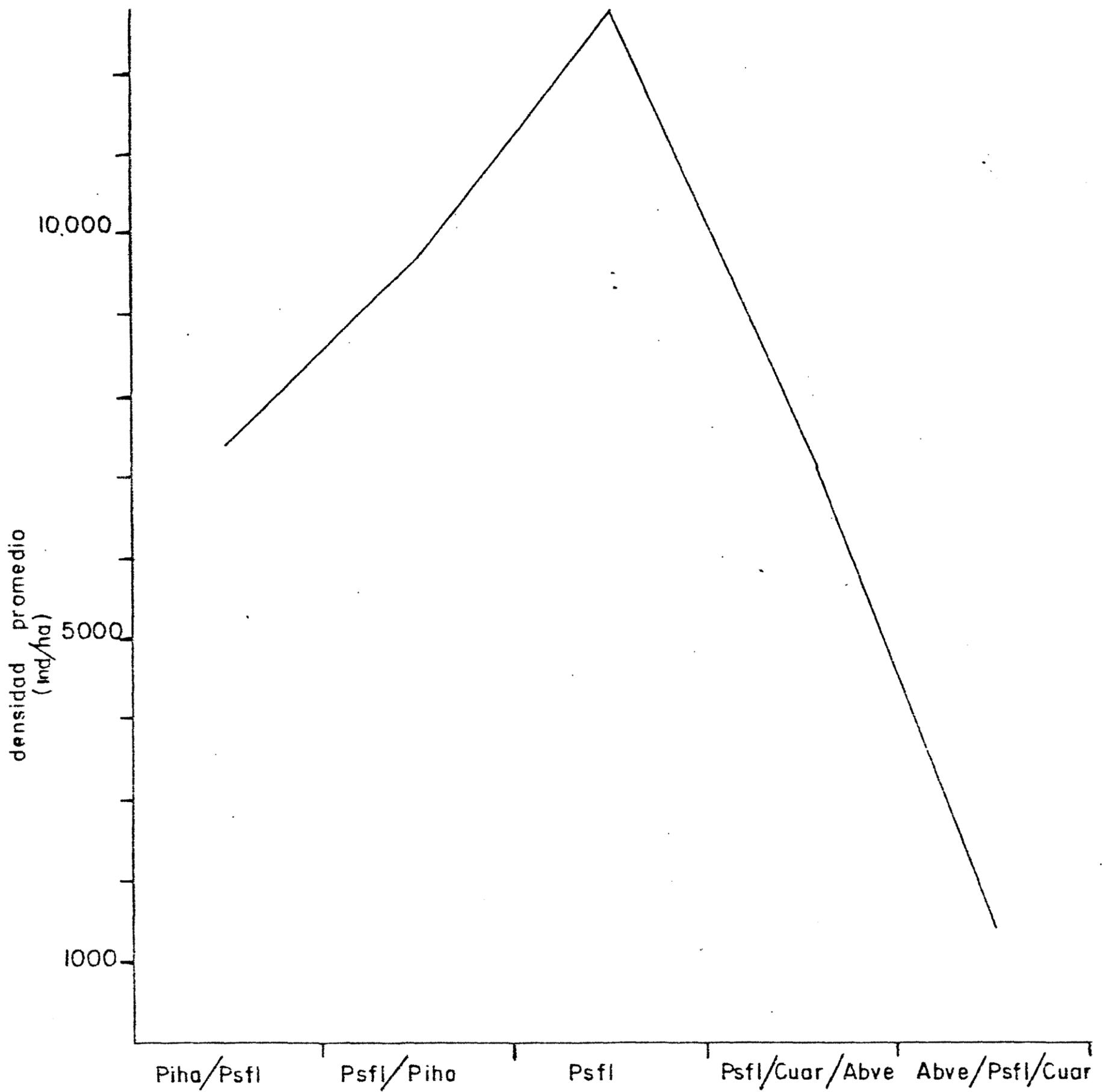


Figura 40 Densidad promedio del estrato de latifoliadas en los grupos de sitios. (Ver Cuadro 33)

que se da en estos sitios, los cuales se encuentran en estadios sucesionales más avanzados.

### 4.3. Discusión general.

En el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* la densidad de sus estratos componentes, arbóreo y renuevos de coníferas y de latifoliadas, presentan diferencias con el gradiente altitudinal.

En los sitios con menor altitud, sitios con asociación de la especie intolerante *Piha* con la medianamente tolerante *Psfl* y viceversa (Figura 41), los estratos arbóreo (-) y renuevos (-.-) de coníferas presentan sus más bajos valores de densidad, mientras que, el estrato de latifoliadas (---) en las mismas altitudes, tiene mayores valores de densidad; luego, en los sitios con altitudes intermedias, sitios puros de la especie medianamente tolerante *Psfl*, los estratos arbóreo y renuevos de coníferas alcanzan valores medios de densidad, en tanto, el estrato de latifoliadas obtiene aquí su más alta densidad. A mayor altitud, sitio con asociación de la especie medianamente tolerante *Psfl* con las tolerantes *Cuar* y *Abve*, los estratos arbóreo y renuevos de coníferas presentan un incremento en sus densidades, en cambio, el estrato de latifoliadas tiene un descenso en su densidad. Por último, en los sitios con mayor altitud aún, sitios donde la componente principal es la tolerante *Abve*, los estratos arbóreos y renuevos de coníferas alcanzan sus más altos valores de densidad, en contraste de latifoliadas obtiene su más bajo valor de densidad en estas altitudes.

De esta manera el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* en sus altitudes bajas e intermedias presenta pocos individuos arbóreos de coníferas y en consecuencia escasa regeneración de los mismos, pero por el contrario, ocurre una elevada densidad de latifoliadas, lo cual se debe a que estos sitios tienen fácil acceso, lo que se traduce en una fuerte perturbación, producto de la actividad antropogénica, a través de la tala ilegal y del pastoreo, asimismo, de los frecuentes incendios, esto último sobre todo en las altitudes intermedias, en donde el estrato de latifoliadas y la especie medianamente tolerante *Psfl* al-

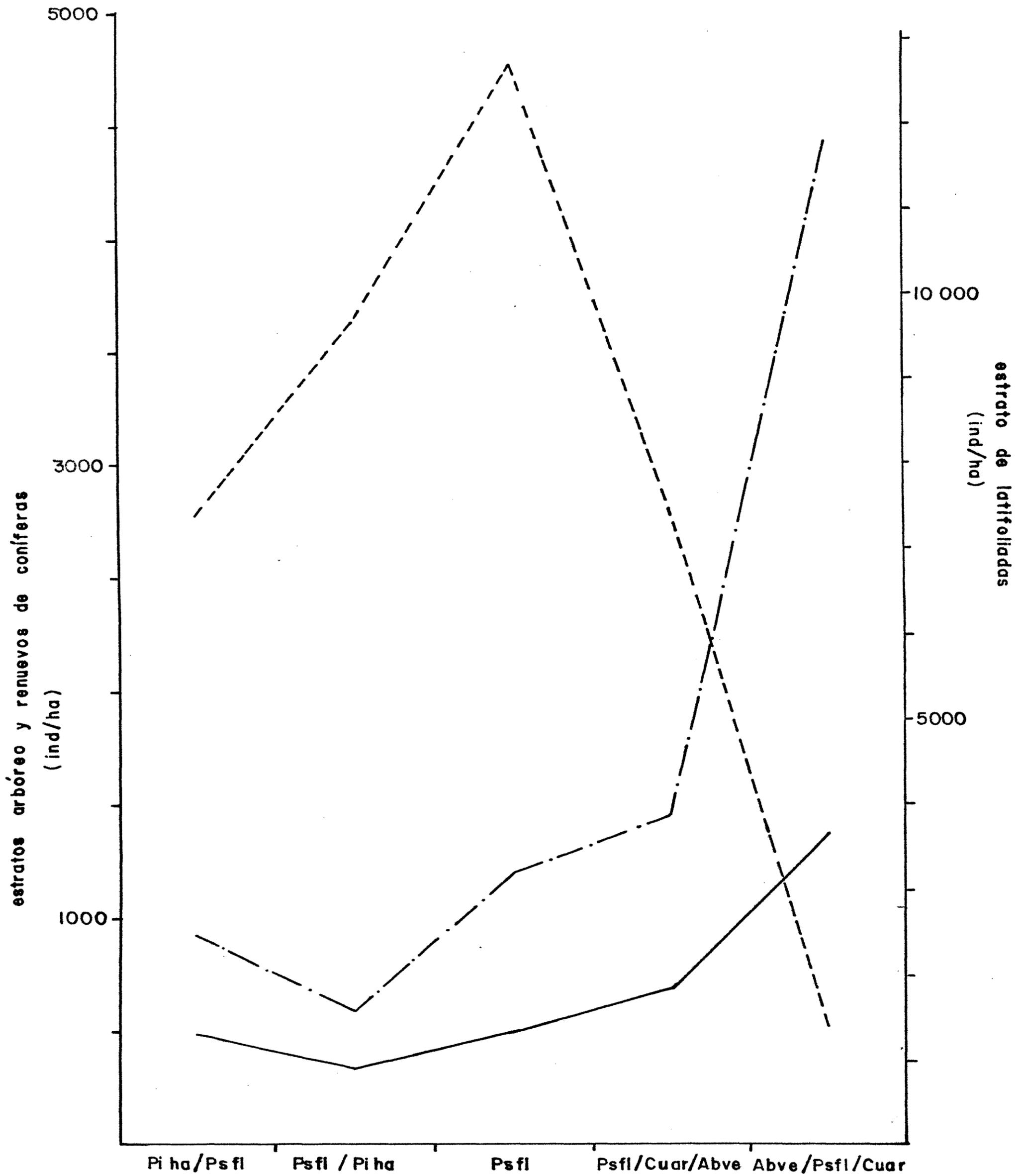


Figura 41 Densidad promedio de los estratos arbóreo (—) y renuevos (—·—) de coníferas, y del estrato de latifoliadas (---) en los grupos de sitios.

canzan sus más altos valores de densidad, ya que las latifoliadas son las que establecen rápidamente después de un incendio y la especie medianamente tolerante *Psyl* es considerada como especie climax de incendio (Cooper, 1962; Spurr y Barnes, 1982) dado que es resistente al fuego (Wright y Bailey, 1982). En comparación, en los sitios con mayor altitud sucede lo contrario pues se da mucho mayor densidad del estrato arbóreo de coníferas y por lo mismo, gran cantidad de renuevos de coníferas, en contraste, ocurren escasamente individuos del estrato de latifoliadas; esto se debe a que estos sitios se encuentran más distantes del camino vecinal, presentando más difícil acceso lo cual se traduce en menor presión de la actividad antropogénica, asimismo, el severo sombreado, producto de la alta densidad del estrato arbóreo, es la causa de la supresión y muerte de las latifoliadas.

La elevada densidad del estrato de latifoliadas y la baja densidad de los estratos arbóreo y renuevos de coníferas, en las altitudes bajas e intermedias, se debe también a la falta de un manejo silvícola del bosque, ya que actividades como la tala ilegal y los incendios están favoreciendo, en dichas altitudes, el establecimiento de especies con bajo valor comercial como las latifoliadas.

La variación microclimática asociada con el gradiente altitudinal que ocurre en el bosque incide también en la densidad de los estratos, así como, en la tolerancia de las especies, las cuales se caracterizan los diferentes estadios sucesionales presentes en el bosque. Esto es, que en los sitios con menor altitud ocurren condiciones xéricas, las cuales propician el establecimiento de latifoliadas y de especies arbóreas intolerantes como *Piha* (Figura 42) caracterizando los sitios con las menores densidades del estrato arbóreo y renuevos de coníferas y las mayores del estrato de latifoliadas, así como, en estadios sucesionales menos avanzados. En cambio, en las mayores elevaciones de la sierra se dan condiciones méxicas, que favorecen el esta-

25°14' Lat. N.

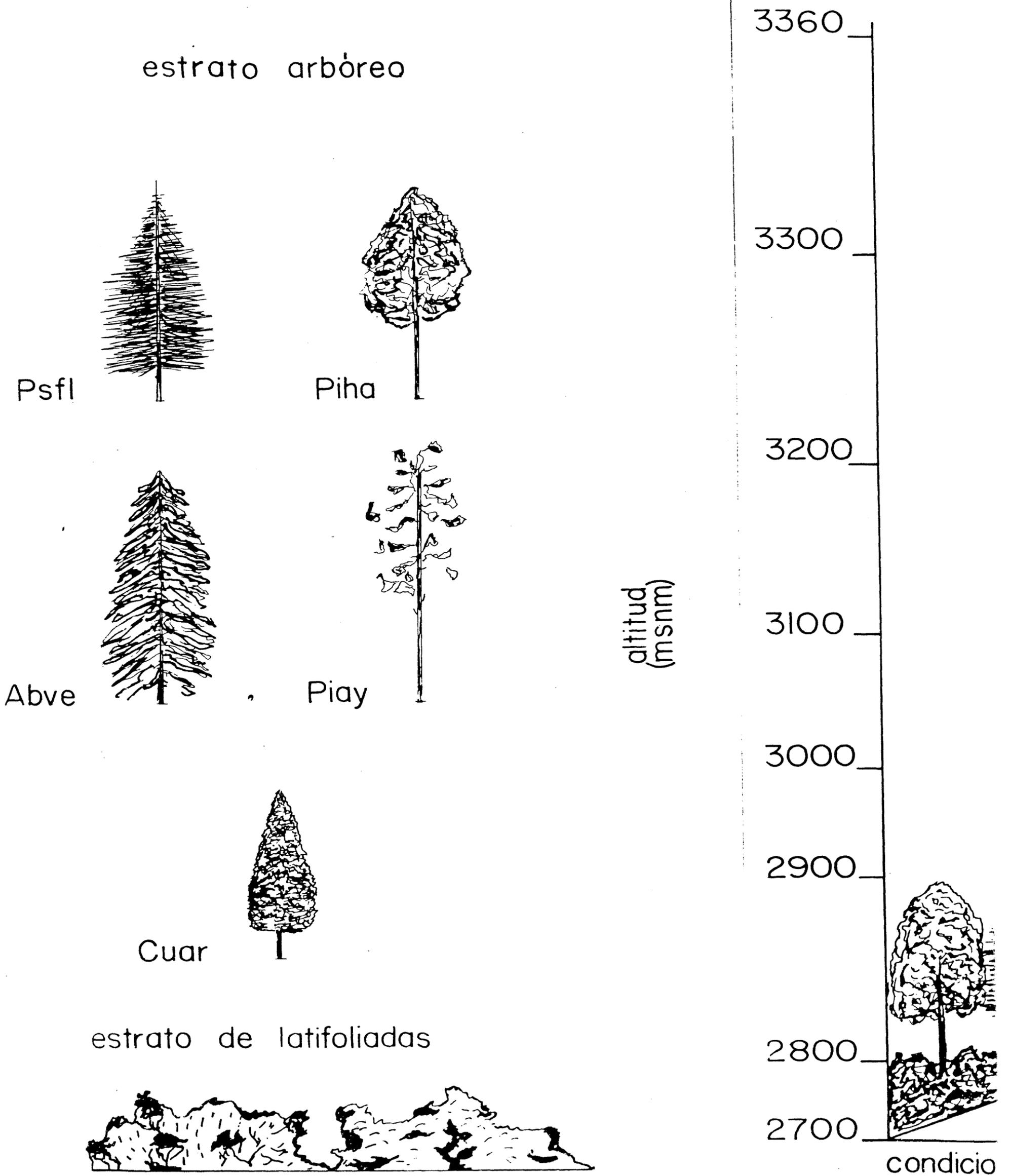
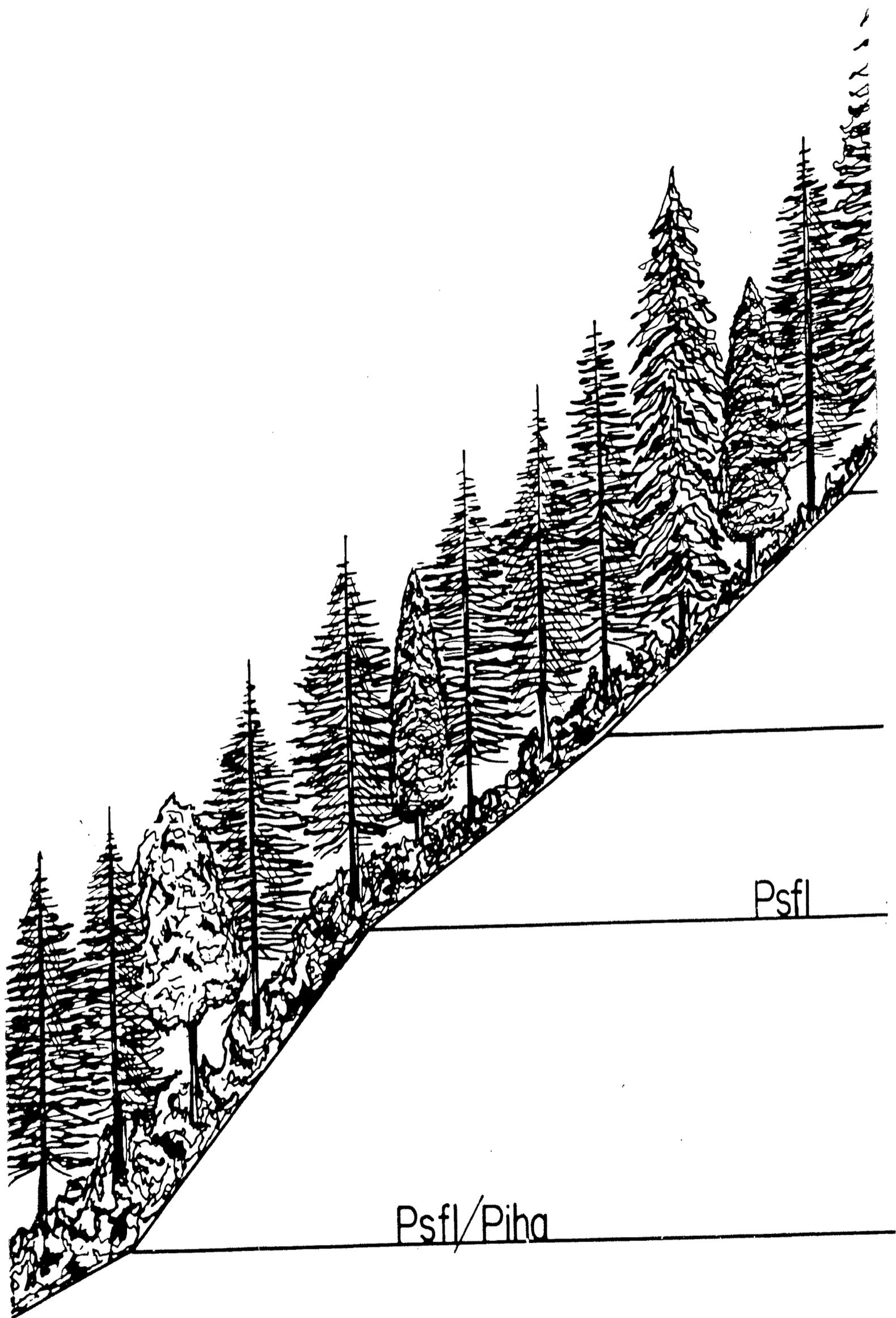


Figura 42 Perfil de vegetación del bosque de Pseudotsuga-Pinus Abi

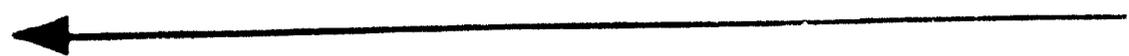


Psfl

Psfl/Piha

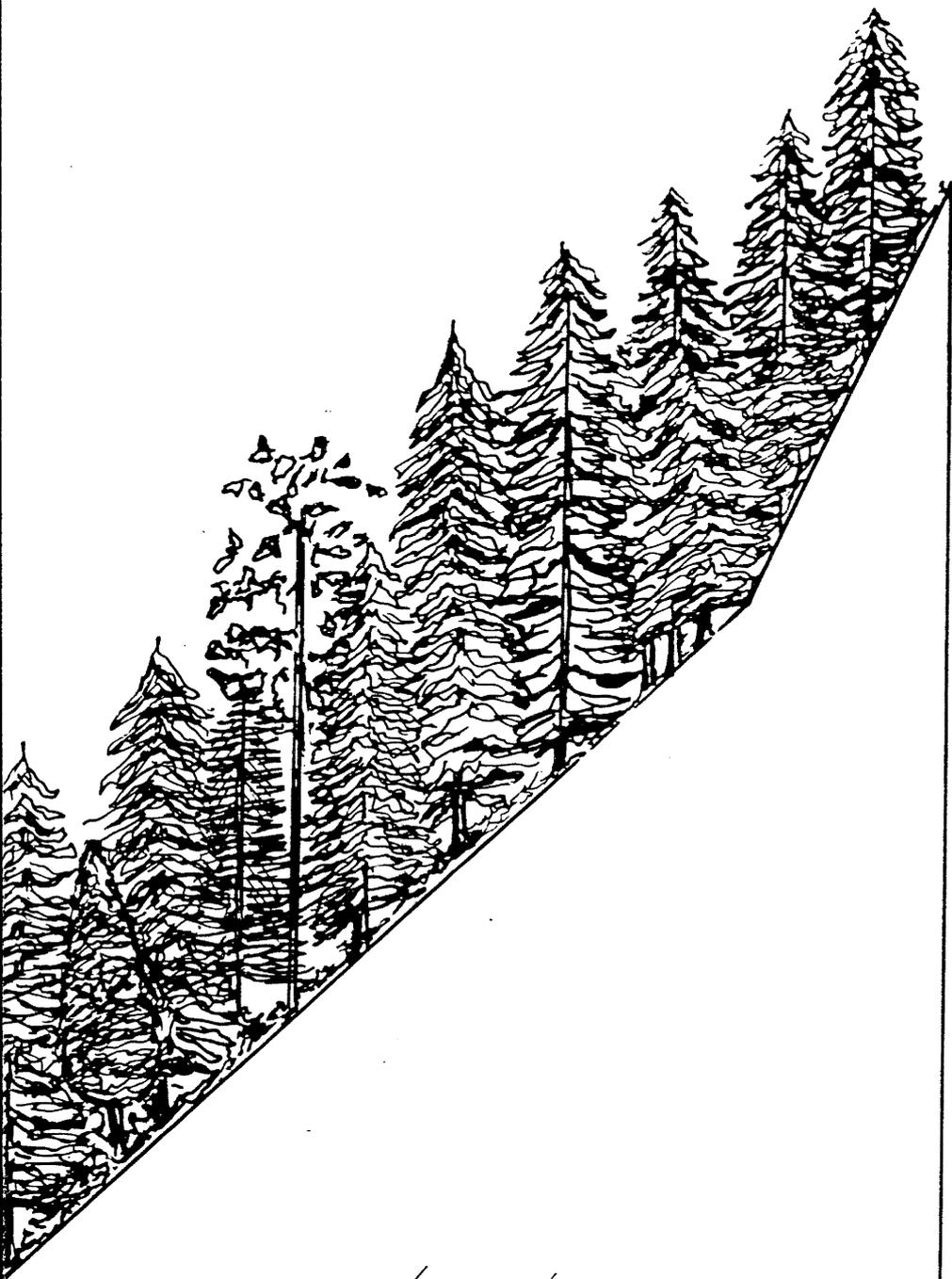
Piha/Psfl

res xéricas



es con orientación N-S a los 100° 25' 33" Longitud W

25°13' Lat. N.



Abve/Psfl/Cuar

Psfl/Cuar/Abve

SUCESION

condiciones métricas

blecimiento de especies tolerantes como *Abve*, dicha especie caracteriza los sitios con las mayores densidades de los estratos arbóreo y renuevos de coníferas y menores del estrato de latifoliadas, asimismo, en estadios sucesionales más avanzados. De esta manera se presentan los diferentes estadios sucesionales de un bosque de coníferas.

En la región en que se ubica el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, Arteaga, Coah., es donde seguramente encuentra su mayor distribución llegando a constituir grandes masas arbóreas. En esta región el bosque ha visto reducida su distribución como resultado de la actividad antropogénica y de los frecuentes incendios; en la misma y en las inmediaciones del área de estudio se realizan básicamente dos actividades, la fruticultura y la agricultura; dentro de la actividad frutícola, el principal cultivo es el manzano, habiendo otros como el ciruelo y el durazno, por lo que desmontan áreas con este fin, asimismo, se extrae arbolado con características de morillo, los cuales se usan para soportar una malla que protege a los árboles frutales del granizo, con respecto a la actividad agrícola, destacan los siguientes cultivos; papa, cebada, avena, trigo, maíz y frijol, los cuatro primeros se cultivan en áreas de riego, en donde se usan sistemas de aspersión y por gravedad, en estas áreas el agua se obtiene de pozos profundos, finalmente, los dos últimos se cultivan generalmente en áreas de temporal. De esta manera, la presencia del bosque permite que ocurra una mayor infiltración del agua y de esta forma se mantenga el nivel del manto freático necesario para el desarrollo de estas actividades.

El bosque en estudio está siendo dañado seriamente, ya que en sus menores altitudes y contiguo al camino vecinal, se

construye un fraccionamiento, el cual a través de la edificación de casas campestres y la construcción de caminos lo está reduciendo aún más; la extracción de arbolado, se hace de manera ilícita, pues en los tocones no se observa la marca oficial que señale el derribo de árboles, además, en temporada se extraen renuevos y se cortan puntas de árboles para comercializarse como árboles de navidad, perjudicando severamente a la regeneración y al arbolado.

El pastoreo es poco frecuente y se limita a los espacios abiertos ubicados en las menores altitudes, dañando a la regeneración, sobre todo de la intolerante *Piha*, que ocurra en estos sitios; el ganado bovino, es el que se observa más comúnmente.

Los frecuentes incendios dentro del área de distribución del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* han favorecido a las latifoliadas, las cuales aprovechan rápidamente las áreas perturbadas para establecerse y desarrollarse, esto más que nada en las altitudes bajas e intermedias, y de esta forma compiten con la regeneración del bosque. El incendio ocurrido hace doce años en el área contigua al bosque, ha provocado pérdida de vigor en los árboles, lo que ha facilitado el ataque de plagas y enfermedades, pues se observa la presencia de plantas parásitas como el muérdago enano y de enfermedades como la roya del cono en la intolerante *Piha*.

## 5. Conclusiones:

1. El uso de fotografías aéreas y material cartográfico del área de estudio, así como, las técnicas de fotointerpretación permitieron:

- a) elaborar el plano forestal,
- b) ubicar, delimitar y medir la superficie de los tipos de vegetación.
- c) ubicar, localizar y caracterizar las Unidades Secundarias de Muestreo. Por lo que el uso de estos materiales y de estas técnicas posibilitaron obtener información del área de estudio en poco tiempo y con bajo costo.

2. El diseño de muestreo bietápico de igual tamaño de conglomerados y de igual submuestreo facilitó la realización del muestreo, ya que se le hizo en una extensa área arbolada. Asimismo los tamaños de la muestra de las Unidades Primarias y de las Unidades Secundarias de Muestreo elegidos en el premuestreo, arrojaron mejor precisión, 18.80%, que los otros calculados, 27%, de esta forma, se obtuvo mayor confiabilidad en el muestreo.

Los criterios, accesibilidad y altitud, usados en la selección de las Unidades Primarias de Muestreo, la aleatorización, usada en la ubicación de las Unidades Secundarias de Muestreo y la información obtenida en campo, posibilitaron reconocer y diferenciar las diversas condiciones que ocurren en el bosque.

3. En el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* se distinguen claramente estadios sucesionales que se caracterizan en un inicio, por la asociación de una especie intolerante, *Pinus hartwegii*, con una medianamente tolerante, *Pseudotsuga flahaulti*, después por la dominancia de la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* y finalmente, por la dominancia de la es-

pecie tolerante *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*.

4. Al relacionar los atributos evaluados a los estratos arbóreo y renuevos de coníferas con la variación ambiental resultante del gradiente altitudinal, se posibilitó:

a) reconocer a las especies de coníferas de acuerdo con su tolerancia, a *Pinus hartwegii* como intolerante, a *Pseudotsuga flahaulti* como medianamente tolerante y a *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*, *Cupressus arizonica* y *Pinus ayacahuite* Var. *brachyptera* como tolerantes,

b) agrupar los sitios con base en la proporción de especies y su tolerancia,

c) ordenar a los grupos de sitios en los diferentes estadios sucesionales,

d) diferenciar a los grupos de sitios en cuanto a la diversidad de especies, densidad, área basal, estructura, edad e incrementos.

5. El estrato arbóreo de coníferas presenta en las menores altitudes bajas densidades, ya que dichas altitudes tienen fácil acceso ocurriendo fuerte actividad antropogénica, asimismo se caracterizan por la asociación de la especie intolerante *Pinus hartwegii* con la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti*, además, se reconocen por tener la menor diversidad de especies, una estructura menos compleja, presentar estadios sucesionales menos avanzados y encontrarse en condiciones ambientales xéricas. En las altitudes intermedias el estrato presenta mayor densidad, dado que son menos accesibles, disminuyendo la actividad antropogénica; aunque están dominados por la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti*, ocurre una mayor diversidad de especies y se caracterizan por presentar estadios sucesionales intermedios. Finalmente, en las mayores altitudes ocurren las más altas densidades del es-

trato, pues tienen difícil acceso decreciendo aún más la actividad antropogénica; pese a la dominancia en estas altitudes, de la especie tolerante *Abies vejarii* Var. *macrocarpa* se da la más alta diversidad de especie, asimismo, se caracterizan por tener una estructura más compleja, por presentar estadios sucesionales más avanzados y por encontrarse en condiciones ambientales méxicas.

6. El estrato arbóreo del bosque presenta en las menores altitudes buenos valores de área basal, resultantes de la baja densidad del mismo y de la presencia de la especie intolerante *Pinus hartwegii* que tiene mejores incrementos en diámetro. En las altitudes intermedias el estrato arbóreo tiene bajos valores de área basal pese a su mayor densidad, por lo que dichos valores se atribuyen a la presencia de la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* que presenta bajos incrementos en diámetro. Por último, en las mayores altitudes se dan los más altos valores de área basal del estrato, producto de la fuerte densidad del mismo, ocasionada por la mayor distribución de especies tolerantes como *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*.

7. El estrato arbóreo de coníferas en las menores altitudes presenta altos valores de diámetro normal y bajos valores de altura, derivados por la baja densidad del estrato traduciéndose en mayor diámetro normal por individuo, además, a la distribución de la especie intolerante *Pinus hartwegii* que tiene mayores incrementos en diámetro. En contraste, en las mayores altitudes ocurren los más bajos valores de diámetro normal y los mayores valores de altura del estrato, resultante de la fuerte densidad del mismo, ocurriendo menor diámetro normal por individuo, y por la presencia de especies tolerantes como *Abies vejarii* Var. *macrocarpa* que se caracterizan por crecer más en altura al tratar de alcanzar la luz.

tos, esto como consecuencia de la fuerte densidad del estrato resultando mayor competencia; y por la distribución de especies tolerantes como *Abies vejarii* Var. *macrocarpa* que presenta muy bajos incrementos.

Las relaciones de los incrementos con los valores de diámetro normal, altura y edad de las especies en regresión simple resultaron insuficientes para la mayoría de las especies, pero al probarse en regresiones múltiples fueron satisfactorias, ya que se encontró alta correlación en cuando menos dos comparaciones, en una de tres variables, edad-diámetro normal VS. ICA, y en la de cuatro variables, edad-altura-diámetro normal VS. ICA.

Los incrementos del bosque en estudio comparados con los de otras masas arbóreas del país, resultan ser muy bajos, atribuyéndose seguramente a las condiciones climáticas del área de estudio y a suelos derivados de rocas sedimentarias.

10. Los valores de densidad y área basal de tocones de coníferas presentan una relación directa con el gradiente altitudinal y con la densidad del estrato arbóreo de coníferas, pues en las menores e intermedias altitudes y densidades del estrato arbóreo se dan bajos valores de densidad y área basal de tocones, pero en las mayores altitudes y densidades del estrato arbóreo ocurren los más altos valores de densidad y área basal de tocones. Lo anterior es consecuencia de una menor y mayor actividad antropogénica, respectivamente.

11. La diferenciación de la densidad de los estratos arbóreo y renuevos de coníferas por especies y asociándose al gradiente altitudinal, permitió entender mejor la dinámica sucesional del bosque; en las menores altitudes, la densidad arbórea y de renuevos de la especie intolerante *Pinus hartwegii* es de regular a baja, siendo al revés en la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaultii* ya que la densidad de ambos es

tratos va de baja a regular y la densidad arbórea y de renuevos de la especie tolerante *Abies vejarii* Var. *macrocarpa* es escasa, después en las altitudes intermedias, la densidad arbórea y de renuevos de la intolerante *Pinus hartwegii* desciende, siendo bajas ambas densidades, en cambio, la de la medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* asciende a altos valores lo mismo ocurre con las densidades de la tolerante *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*, pero en menor proporción, siendo regulares dichas densidades, por último, en las mayores altitudes, la densidad arbórea de la intolerante *Pinus hartwegii* es muy escasa y no existe regeneración de la misma, la densidad arbórea y de renuevos de la medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* disminuye siendo regulares sus densidades, en contraste, la densidad arbórea y de renuevos de la tolerante *Abies vejarii* Var. *macrocarpa* se eleva siendo muy altas dichas densidades.

12. La elevada densidad del estrato de latifoliadas en las altitudes bajas e intermedias es una evidencia del impacto de la perturbación, resultante de los frecuentes incendios y de la actividad antropogénica, asimismo, es una limitante para el establecimiento de la regeneración de coníferas a través de la competencia interespecífica y por la excesiva acumulación de residuos orgánicos en la superficie del suelo.

13. La actividad antropogénica a través del desmonte, la tala ilegal y la corta de renuevos y puntas de árboles, así como los frecuentes incendios han contribuido a la reducción de la superficie del bosque, sobre todo en altitudes bajas e intermedias, asimismo, los incendios han facilitado el ataque de plagas y enfermedades.

## 6. Recomendaciones.

1. Establecer una reserva ecológica del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* en el Sureste de Coahuila; dado que, el bosque es poco común en el país y se le encuentra confinado a pequeñas superficies, además, tiene características como lo estético de su fisonomía, su diversidad florística y los aspectos ecológicos y dasonómicos analizados en el presente trabajo que lo hacen ser muy diferente a la mayoría de las masas arbóreas del país, de tal forma, que se convierta en una reserva de germoplasma indispensable para preservar y propagar la variabilidad genética que ofrece.

2. Establecer, a corto plazo, áreas semilleras con el propósito de obtener y asegurar una buena y mayor producción de semilla a menor costo; con el fin de que a mediano plazo se establezcan plantaciones semicomerciales y comerciales de especies como *Pinus hartwegii*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*.

Las áreas semilleras pueden ser de forma cuadrangular o rectangular con una superficie de 9 a 16 has; el área consta de una faja de protección, con un ancho mínimo de 100 m, que rodea a una zona central. El arbolado se selecciona con base en su estado fitosanitario, buena conformación y resistencia al viento. El número de árboles puede ser de 30 a 65 por ha con una edad de 25 a 50 años; los árboles seleccionados se enumeran y se marcan con color a la altura del pecho progresivamente, para luego ubicarlos en un plano registrando su número, altura, diámetro normal y proyección de la copa.

Se deberá realizar una limpieza total del área, eliminando el arbolado fenotípicamente inferior y residuos existentes, esto se efectuará cuando no se dañen las yemas florales del arbolado seleccionado. La primera colecta de semilla podría hacerse a los dos o tres años después de haberse establecido las

áreas semilleras.

3. Hacer cortas de selección de árboles individuales o en grupos, en los sitios con altitudes intermedias y mayores, estas cortas deberán de realizarse con un ciclo de seis años, correspondiendo a las categorías diamétricas presentes en el bosque, aprovechando arbolado de las diferentes categorías, de esta forma serán pocos los árboles que se corten, de manera que se facilita y asegura la reproducción y permanencia de la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* y de la tolerante *Abies vejarii* Var. *macrocarpa* las cuales dominan en dichas altitudes, respectivamente.

4. Eliminar en los sitios con altitudes bajas e intermedias el dosel producido por las latifoliadas, con el propósito de liberar lo suficiente a las plántulas y renuevos de coníferas para que dominen el sitio con rapidez, esto se puede realizar de manera mecánica, a través de una corta dirigida a la porción aérea de las latifoliadas.

5. Hacer cortas de saneamiento dirigidas a los individuos que estén atacados por plagas y enfermedades o dañados parcialmente por fuego, viento o rayos, así como aquellos otros que presenten mala conformación en su tronco.

6. Controlar rigurosamente la extracción de arbolado y de renuevos de coníferas, así como, la construcción de caminos.

7. Prevenir y controlar los incendios que se presenten en el bosque.

8. Desarrollar actividades de reforestación, sobre todo en las menores altitudes de la sierra.

9. Determinar la calidad de estación para *Pseudotsuga flahaulti* y *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*, así como, analizar la dinámica de la regeneración natural de estas especies.

10. Efectuar estudio de los suelos del bosque, considerando los aspectos ecológicos analizados en el presente trabajo.

11. Evaluar y controlar las plagas y enfermedades asociadas al bosque.

12. Efectuar estudio de la sucesión que ocurre en el área quemada que se encuentra adyacente al bosque.

13. Evaluar la fauna silvestre asociada al bosque.

## 7. Resumen.

Se hizo un estudio sobre aspectos ecológicos y dasonómicos del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila. El área de estudio está limitada por los paralelos  $25^{\circ}09'$  y  $25^{\circ}16'$  de Latitud Norte y los meridianos  $100^{\circ}20'$  y  $100^{\circ}35'$  de Longitud Oeste.

La sierra presenta una orientación general WNW-ESE; la altitud máxima de la sierra es de 3,600 y la mínima de 2,300 msnm. (CETENAL, 1975).

El área queda comprendida dentro de la Cuenca Hidrológica de El Salado, en la Subcuenca Laguna Jazminal y Potosí (SARH, 1976); la sierra está constituida principalmente por rocas de origen sedimentario, siendo las calizas las de mayor importancia y distribución, los suelos predominantes en ella son litosoles y rendzinas (DETENAL, 1977; CETENAL, 1977).

Cercanas al área de estudio se encuentran cuatro estaciones meteorológicas, dos de ellas se encuentran en la vertiente de sotavento de la Sierra Madre Oriental en las cuales se registran climas secos -Bw y Cx'- las otras dos se sitúan en la de barlovento registrando climas más húmedos -BS<sub>1</sub> y C(w<sub>1</sub>)'-; el régimen de lluvias, es de verano, siendo septiembre el mes con mayor precipitación, en relación con la temperatura el mes más caliente es junio  $-21.8^{\circ}\text{C}$ - y el mes más frío es enero  $-13.3^{\circ}\text{C}$ -, cabe señalar que las estaciones meteorológicas estudiadas se presentan en altitudes menores de la sierra, por lo que, se considera que en ésta habrá una mayor precipitación y temperaturas más bajas.

Se elaboró el plano forestal de la sierra en la escala 1:50,000, para lo cual se obtuvo del INEGI las fotografías aéreas del área de estudio, siendo del tipo blanco y negro con escala media -

1:25,000, asimismo, en las fases de delimitación y recorridos de campo se usaron las Cartas Topográficas y Uso del Suelo escala 1:50,000 clave G14-C45 San Rafael de CETENAL. Con el plano forestal y un planímetro polar compensado se determinó la superficie de los tipos de vegetación, dicha medición se cotejó con un integrador electrónico de áreas.

El diseño de muestreo que se usó fue el muestreo bietápico de igual tamaño de conglomerados y de igual submuestreo de conglomerados; para este efecto, se amplificó hasta la escala de 1:20,000 la superficie ocupada en el plano forestal por el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, dicha superficie después se dividió en conglomerados de 50 ha formando las Unidades Primarias de Muestreo que con base en el acceso y la altitud, se eligieron cuatro, en cada una de ellas se ubicaron aleatoriamente cinco Unidades Secundarias de Muestreo o sitios de muestreo, los cuales después se transfirieron utilizando un Sketchmaster, a las fotografías aéreas y a la Carta Topográfica.

La localización de los sitios de muestreo en campo se hizo mediante rumbos y distancias auxiliándose con las fotografías aéreas y la Carta Topográfica; los sitios fueron de forma circular y de diferente superficie, para el estrato arbóreo y tocones de coníferas se usó un círculo de 1200 m<sup>2</sup>, para el estrato de renuevos fue de 800 m<sup>2</sup> y para el latifoliadas fue de 250 m<sup>2</sup>.

En la Sierra La Marta el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* se localiza en la ladera con exposición NNE entre las 2,600 y 3,360 msnm. y ocupando una superficie de 700 has ocurriendo en diferentes pendientes y exposiciones topográficas.

En el bosque se reconocen tres estratos de vegetación, el estrato arbóreo de coníferas constituido por; *Pseudotsuga flaha* *ulti*, *Pinus hartwegii*, *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*, *Cupressus arizonica* y *Pinus ayacahuite* Var. *brachyptera*, el estrato de renuevos de coníferas compuesto por las mismas especies del estrato arbóreo y el estrato de latifoliadas constituido por: *Quer-*

*cus greggii*, *Q. hypoxantha*, *Garrya ovata*, *Arbutus xalapensis*, *Ceanothus huichagorare*, *Eupatorium saltillense*, *Rhus virens*, *Cercocarpus montanus*, *Populus tremuloides*, *Rhamnus betulifolia* y *Prunus serotina*.

Se muestrearon 20 sitios, diez sitios se ubican en las menores altitudes de la sierra, cinco en las altitudes intermedias y otras cinco en las mayores altitudes.

El estrato arbóreo de coníferas presenta valores promedio de densidad 613 ind/ha, de área basal 17.32 m<sup>2</sup>/ha, de área basal por individuos 0.028 m<sup>2</sup>/ind, de diámetro normal 16.95 cm, de altura 11.47 m, de edad 46 años y de incrementos 0.28 cm.

Los tocones de coníferas presentan una densidad promedio de 140 toc/ha y de área basal promedio 4.73 m<sup>2</sup>/ha.

El estrato de renuevos de coníferas presenta una densidad promedio de 1569 ind/ha.

El estrato de latifoliadas tiene una densidad promedio de 9508 ind/ha.

Al relacionar la información de campo de los estratos arbóreo y de renuevos de coníferas con aspectos como la tolerancia de las especies y las condiciones microclimáticas de la sierra asociadas al gradiente altitudinal se agruparon y se ordenaron los sitios con base en la proporción de especies y su tolerancia así como, en diferentes estadios sucesionales. De manera que se reconocen seis sitios en las menores altitudes, diez sitios la mayoría en las altitudes intermedias y cuatro sitios en las mayores altitudes.

En las menores altitudes los sitios presentan una asociación de la especie intolerante *Pinus hartwegii* con la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaultii* y viceversa, los sitios tienen la menor diversidad de especies de coníferas y se encuen-

tran en estadios sucesionales menos avanzados.

Los sitios con las menores altitudes se caracterizan por presentar la menor densidad del estrato arbóreo de coníferas, 483 y 336 ind/ha, del estrato de renuevos de coníferas, 928 y 599 ind/ha, de tocones de coníferas 36 y 56 toc/ha, y de área basal de tocones de coníferas 1.66 y 1.79 m<sup>2</sup>/ha, así como, de altos valores de densidad 7413 y 9693 ind/ha, del estrato de latifolias.

En estos sitios ocurren valores altos y bajos de área basal 20.61 y 12.38 m<sup>2</sup>/ha, y los mayores de área basal por individuo 0.043 y 0.036 m<sup>2</sup>/ind, de diámetro normal, 20.16 y 17.89 cm y de incrementos 0.30 y 0.31 cm ocurriendo valores altos y bajos de altura, 12.92 y 9.85 m, y de edad, 51 y 42 años.

Los sitios en las altitudes intermedias son puros de la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti*, presentan en ocasiones poco más diversidad de especies y se encuentran en estadios sucesionales intermedios. En estos sitios se incrementa la densidad del estrato arbóreo a 501 ind/ha, la del estrato de renuevos a 1204 ind/ha, la de tocones de coníferas a 116 toc/ha y el área basal de tocones de coníferas a 3.49 m<sup>2</sup>/ha. ocurriendo la más alta densidad, 12712 ind/ha, del estrato de latifolias.

El área basal en estos sitios se incrementa a 13.63 m<sup>2</sup>/ha, ocurren valores medios, 0.027 m<sup>2</sup>/ind, de área basal por individuo, de diámetro normal 15.30 cm y de incrementos, 0.28 cm, y valores próximos a la media de altura, 10.99 m, y de edad, 43 años, siendo mayores al anterior sitio.

En las mayores altitudes, un sitio está constituido por la asociación de la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* con las tolerantes *Cupressus arizonica* y *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*, presenta mayor diversidad de especies, y se encuentra en estadio sucesional poco más avanzado. En este

sitio se incrementa más la densidad, a valores medios, del estrato arbóreo 683 ind/ha, del estrato de renuevos 1462 ind/ha, ocurriendo valores altos de densidad y área basal de tocones de coníferas 283 toc/ha y  $9.89 \text{ m}^2/\text{ha}$  y disminuye la densidad del estrato de latifoliadas a 7520 ind/ha. El área basal en el sitio se incrementa poco más a  $14.72 \text{ m}^2/\text{ha}$  disminuyendo el área basal por individuo a  $0.021 \text{ m}^2/\text{ind}$  y el diámetro normal a 14.42 cm y se mantienen los incrementos en la media 0.29 cm, mientras que la altura se incrementa a 11.31 m y la edad a 51 años.

Los otros tres sitios, también en las mayores altitudes, están conformados por la asociación de la especie tolerante *Abies vejarii* Var. *macrocarpa* con la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* y con la tolerante *Cupressus arizónica*, en estos sitios ocurre la más alta diversidad de especies, presentan una estructura más compleja y están en estadios sucesionales más avanzados.

En los sitios ocurre la mas alta densidad y área basal del estrato arbóreo de coníferas 1373 ind/ha y  $32.14 \text{ m}^2/\text{ha}$ , asimismo se presenta la mayor densidad del estrato de renuevos 4428 ind/ha, de densidad y área basal de tocones de coníferas 364 toc/ha y  $13.13 \text{ m}^2/\text{ha}$ , ocurren bajo valor de área basal por individuo  $0.023 \text{ m}^2/\text{ind}$ , los menores valores de diámetro normal 14.37 cm y de incrementos 0.18 cm, por el contrario se dan altos valores de altura 12.17 m y los mayores de edad 53 años.

De esta manera, se dan grandes diferencias entre los sitios, los cuales se deben a diversos aspectos, tales como el acceso; los sitios con menores altitudes tienen fácil acceso desarrollándose en ellos fuerte actividad antropogénica lo que incrementa el disturbio y disminuye la densidad arbórea de coníferas y por la falta de producción de semilla ocurren bajas densidades de renuevos de coníferas, favoreciendo el aumento de la densidad del estrato de latifoliadas.

La baja densidad arbórea en estos sitios provoca que ocurran

elevados valores de área basal, los mayores de área basal por individuo, de diámetro normal y de incrementos, lo cual se debe que al haber poca densidad se presenta baja competencia distribuyéndose los incrementos en pocos individuos además de que en estos sitios ocurre la especie intolerante *Pinus hartwegii* la cual tiene la capacidad de autopoda permitiendo ocurran aún mejores incrementos en diámetro.

Los elevados valores de altura, en estos sitios, se atribuyen a la presencia de la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaultii* la cual dirige mayormente su crecimiento en altura que en diámetro, asimismo, la elevada edad se debe a la presencia de la especie intolerante *Pinus hartwegii* la cual en el proceso sucesional es la primera en establecerse.

Los sitios con las mayores altitudes presentan difícil acceso lo que permite se den mayores densidades del estrato arbóreo, dado que disminuye la actividad antropogénica, asimismo, hay mejor producción de semilla y por lo tanto mayores densidades del estrato de renuevos, en estos sitios, ocurre la menor densidad del estrato de latifoliadas, pues las condiciones sombrías provocan la supresión y muerte de las latifoliadas. La elevada área basal, en los sitios, se debe a la fuerte densidad arbórea, la cual provoca mayor competencia y por lo tanto se den los menores valores de área basal por individuo, de diámetro normal y de incrementos ya que estos se distribuyen en mayor cantidad de individuos, además, en estas altitudes se presentan especies tolerantes como *Abies vejarii* Var. *macrocarpa*, *Cupressus arizonica* y *Pinus ayacahuite* Var. *brachyptera*, dichas especies no se autopodan presentando bajos incrementos.

Los mayores valores de altura que ocurren en estos sitios, se debe a que las especies tolerantes crecen más en altura, al tratar de alcanzar la luz, que en diámetro, asimismo, los mayores valores de edad de estos sitios se atribuye a la condición tolerante de las especies, ya que les permite sobrevivir bajo

un sombreado por mucho tiempo.

Los sitios con altitudes intermedias presentan valores medios de la densidad arbórea y de renuevos de coníferas, pero ocurre la más alta del estrato de latifoliadas y de la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* mostrando que aunque presentan poco menos acceso; los incendios, sobre todo, favorecen a las latifoliadas y a la especie medianamente tolerante la cual se considera como climax de incendio.

En estos sitios se presentan los valores medios de área basal, de área basal por individuo, de diámetro normal, de altura, de edad y de incrementos, esto se atribuye a que la especie dominante es la medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* la cual tiene poco menos capacidad de autopoda que la intolerante, por lo que dirige mayormente su crecimiento en altura.

En la sierra ocurre una variación microclimática asociada al gradiente altitudinal, en las menores altitudes se dan condiciones xéricas que propician el establecimiento de especies intolerantes y en las mayores altitudes, ocurren condiciones másicas que facilitan el establecimiento de especies tolerantes.

En las inmediaciones de la sierra se realiza una fuerte actividad antropogénica ya que se hace un fraccionamiento que a través de la construcción de caminos y edificación de casas tipo campestre esta reduciendo la superficie del bosque, además, la extracción de arbolado se hace de manera ilegal ya que los tocónes no presentan la marca oficial que señale el derribo del árbol.

Los frecuentes incendios han favorecido el establecimiento de especies con nulo potencial forestal como las latifoliadas, asimismo, la propagación de plagas y enfermedades.

## 7. Bibliografía.

- Aguirre, C. 1981. Efectos del fuego en algunas propiedades físicas de suelos forestales. Depto. de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Publicaciones especiales No. 5 UACH, México. 73 p.
- Aldrete M., E. 1981. Estudio Ecológico de los Agostaderos del Noreste del Estado de Zacatecas. Tesis profesional. UACH. Chapingo, México. 285 p.
- Azorín P., F. 1969. Curso de muestreo y aplicaciones. Aguilar, S.A. Madrid. 375 p.
- Boughey, A.S. 1978. Ecología de las poblaciones. Paidós. Buenos Aires, Argentina. 198 p.
- Caballero D., M. 1968. Los principales enemigos del bosque en Estados de Baja California Norte, Chihuahua, Durango, Nayarit y Sonora - Bosques de clima templado y frío - Publicación No. 5, SFF-SAG-DGINF, México. 19 p.
- Caballero D., M. 1976. Métodos en la investigación forestal. INIF-UACH-SFF-SAG. México. 118 p.
- CETENAL. 1975. Carta Topográfica, clave G14C45, San Rafael, escala 1:50,000.
- CETENAL. 1977. Carta de Uso del Suelo, clave G14C45, San Rafael, escala 1:50,000.
- CETENAL. 1977. Carta Edafológica, clave G14C45, San Rafael, escala 1:50,000.
- Cochran, W.G. 1982. Técnicas de muestreo. C.E.C.S.A., México, 513 p.
- Cooper, C.F. 1961. The ecology of fire. Sci American 204(4):150-160.
- Chacón S., J.M. 1983. Regeneración mediante árboles padres de *Pinus arizonica*. Ciencia Forestal-INIF 8(42):3-20.
- Daniel, T.W., J.A. Helmes y F.S. Baker. 1982. Principios de Silvicultura, McGraw-Hill, México. 490 p.

- Daubenmire, R.F. 1982. *Ecología Vegetal*. Limusa. México. 496 p.
- Day, R.J. 1972. Stand structure, succession, and use of Southern Alberta's Rocky Mountain Forest. *Ecology* 53:472-478.
- DETENAL. 1977. Carta Geológica, clave G14C45, San Rafael, escala 1:50,000.
- DETENAL. 1979. Carta Topográfica, clave G14-7, Monterrey, escala 1:250,000.
- Freese, F. 1969. Muestreo forestal elemental. Departamento de Agricultura de E.U.A., México. 96 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen 2a. ed. Instituto de Geografía. UNAM 246 p.
- Grime, J.P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas. Limusa, México, 291 p.
- Gutiérrez P., A. 1977. Texto guía forestal. Depto. de Divulgación Forestal y de la Fauna. SFF. México. 188 p.
- Hawley, R.C. y D.M. Smith. 1972. *Silvicultura práctica*. Omega. Barcelona. 544 p.
- Hernández M., A. 1984. Estructura y regeneración del bosque natural de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schlet Cham) en el Cofre de Perote, Ver. Tesis profesional. UAAAN Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 86 p.
- Hocker Jr., H.W. 1984. *Introducción a la Biología Forestal*. AGT Editor, S.A. México. 446 p.
- Kessell, S.R. y W.C. Fischer. 1981. Predicting post fire plant succession for fire management planning. General Technical Report Int-94. Intermountain Forest and Range Experiment Station FS-USDA. Ogden, Utah 84401. 19 p.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Depto. de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. UACH, Chapingo, México. 365 p.

- Knowles, P. y M.C. Grant. 1983. Age and size structure analyses of engelmann spruce, ponderosa pine, lodgepole pine and limber pine in Colorado. *Ecology* 64 (1):1-19.
- Kormondy, E.J. 1985. *Conceptos de Ecología*. Alianza Universidad. Madrid, España. 278 p.
- Lagunes R., F. 1969. Evaluación de renuevos en montes de pino de clima templado y frío, localizados en tres predios del municipio de Guanaceví, Durango. Tesis profesional. ENA Chapingo, México, 54 p.
- Leak, W.B. 1975. Age distribution in virgin red spruce and northern hardwoods. *Ecology* 56:1451-1454.
- Le Sueur, H. 1945. The ecology of the vegetation of Chihuahua, México, north of parallel twenty-eight. The University of Texas. Publ. 4521. Austin, Texas. 92 p.
- Madrigal S., X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa*) en el Valle de México. INIF-Bol. Tec. No. 18, México. 94 p.
- Martínez, M. 1948. Los pinos Mexicanos. Ed. Botas. México 361 p.
- Martínez, M. 1953. Las pináceas mexicanas. Subsecretaría de Recursos Forestales y de Caza-SAG. México. 363 p.
- Negreros C., P. y L. Snook. 1984. Análisis del efecto de intensidad de corta sobre la regeneración natural de pinos en un bosque de pino-encino. *Ciencia Forestal-INIF* 9(47) 48-61.
- Niembro Rocas, A. 1985. Preguntas y respuestas más comunes relacionadas con el establecimiento y manejo de áreas semilleras. Bol. Tec. No. 22 División de Ciencias Forestales, UACH. México. 15 p.
- Odum, E.P. 1972. *Ecología*. Ed. Interamericana México, 639 p.
- Padilla, G., H. 1981. *Glosario Práctico de términos forestales*.

Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía  
No. 3. Dirección de Difusión Cultural -Depto. de Bos-  
ques UACH- 85 p.

- Raj, D. 1980. Teoría del muestreo. Fondo de Cultura Económica,  
México. 305 p.
- Rzedowski, J., L. Vela G. y X. Madrigal S. 1977. Algunas consi-  
deraciones acerca de la dinámica de los bosques de co-  
níferas en México. Ciencia Forestal 5(2):15-35.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación en México. Limusa. México, 432 p.
- Sánchez C., J. 1984. *Picea chihuahuana*, una conífera en peligro  
de extinción. Ciencia Forestal-INIF 9(51): 51-36.
- SARH. 1976. Plano de regiones hidrológicas del Estado de Coahui-  
la. Dirección de Pequeña Irrigación-Irrigación y Con-  
trol de Ríos. México.
- SARH-SFF. 1981. Programa Nacional de Desarrollo Forestal, con  
cuatro anexos. México, D.F. 213 p.
- Show, S.B. y B. Clarke. 1968. Métodos de lucha contra los incen-  
dios forestales. Estudios de Silvicultura y Productos  
Forestales No. 5, FAO-ONU, Barcelona. 131 p.
- SPP-INEGI. 1983. Síntesis Geográfica de Coahuila. Dirección Gene-  
ral de Geografía. México. 169. p.
- Spurr, S.H. y A.C. Cline. 1942. Ecological forestry central New  
England. J. For. 40: 418-420.
- Spurr, S.H. y B.V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. AGT Editor,  
S.A., México, 690 p.
- Stickney, P.F. 1986. First decade plant succession following the  
Sudance Forest Fire, Northern Idaho. General Tecnicl  
repor Int-197. Intermountain Research Station. Forest  
Service-USDA. Ogden, UT 84401. 26 p.

- Valdéz T., V. 1981. Contribución al conocimiento de los tipos de vegetación, su cartografía y notas florístico-ecológico del Mpio. de Santiago, N.L., México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L. 204 p.
- Verduzco G., J. 1976. Protección Forestal. PATENA, A.C. México 369 p.
- Veruette F., J y L. Pimentel B. 1964. Muestreo comparativo entre sitios circulares y sitios de dimensiones variables. INIF, México, 24 p.
- Villa S., A. 1971. Generalidades sobre las técnicas de muestreo en inventarios forestales. Informe Técnico No. 2. INIF-SFF, 4 p.
- Villa S., A. 1973. Generalidades sobre la forma y el tamaño de los sitios de muestreo usados en inventarios forestales. Nota # 20, INIF-SFF, 10 p.
- Wright, H.A. y A.W. Bailey. 1982. Fire Ecology. USA and southern Canada. John Wiley and Sons. New York 501 p.

# APPENDICES

APENDICES

## A P E N D I C E 1

Secuelas de cálculo para la intensidad de muestreo y para el tamaño de la muestra.

Secuela de cálculo de la intensidad de muestreo (I.M.)

Considerando 20 U.S.M. o sitios de muestreo con tamaño de 1,200 m<sup>2</sup>.

$$I.M. = \frac{2.4 \text{ has}}{700 \text{ has}} (100) = 0.343\%$$

Secuela de cálculo del tamaño de la muestra de las U.S.M. (m) y de los U.P.M. (n).

$$M = 417 \quad N = 14$$

$$m = 5 \quad n = 4 \quad \bar{y} = 17.3167 \text{ m}^2/\text{ha.}$$

$$S^2_B = 45.6842 \text{ m}^2/\text{ha.}$$

$$S^2_w = 49.0042 \text{ m}^2/\text{ha.}$$

$$\hat{\sigma}_I^2 = 45.6842 \text{ m}^2/\text{ha.}$$

$$\hat{\sigma}_{II}^2 = 49.0042 \text{ m}^2/\text{ha.}$$

$$C_p = \$18757.14$$

$$C_s = \$26661.20$$

$$m_0 = \sqrt{\left(\frac{18757.14}{26661.20}\right) \left(\frac{49.0042}{45.6842}\right)}$$

$$= \sqrt{0.7546}$$

$$= 0.8687$$

$$= 1$$

$$D = 17.3167(.27)$$

$$= 4.675$$

$$n = \frac{45.6842 + \frac{49.0042}{1}}{(4.675)^2 + \frac{1}{14} \left(45.6842 + \frac{49.0042}{417}\right)}$$

$$= \frac{94.6884}{25.1272}$$

$$= 3.77$$

$$= 4$$

$$D = \sqrt{\frac{\left(45.6842 + \frac{49.0042}{5}\right) - \frac{4}{14} \left(45.6842 + \frac{49.0042}{417}\right)}{4 (17.3167)^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{42.3988}{1199.4724}}$$

$$= \sqrt{0.0353}$$

$$= .1880$$

$$= 18.80\%$$

Costos de las U.P.M.

Fotografía aéreas \$2,600.00

Restitución 12,000.00

Ubicación y deter-  
minación de la su-  
perficie de cada

U.P.M. 248,000.00

Total 262,600.00

Costo por U.P.M.  $C_p = \frac{262600.00}{14} = \$18,757.14$

## Costos de localizar y medir una U.S.M.

U.S.M. o sitio de muestreo	personas No.	días No.	salario \$	alimentos \$	gasolina \$	amortiza ción del vehículo	Total \$
13A	4	1	6400.=	1800.=	2200.=	2500.=	12900.=
13B	3	2	9600.=	3837.=	2200.=	2500.=	18137.=
13C	4	1	6400.=	1800.=	2200.=	2500.=	12900.=
13D	3	2	9600.=	3837.=	2200.=	2500.=	18137.=
13E	4	1.5	9600.=	1800.=	2200.=	2500.=	16100.=
12A	4	1	6400.=	1600.=	2000.=	2500.=	12500.=
12B	4	1	6400.=	1250.=	2000.=	2500.=	12150.=
12C	4	1	6400.=	1600.=	2000.=	2500.=	12500.=
12D	4	1	6400.=	1800.=	2000.=	2500.=	12700.=
12E	4	1	6400.=	2000.=	2000.=	2500.=	12900.=
10A	4	1	6400.=	1600.=	2000.=	2500.=	12500.=
10B	5	1	8000.=	1600.=	2000.=	2500.=	14100.=
10C	5	1	8000.=	1600.=	2000.=	2500.=	14100.=
10D	4	1	6400.=	1800.=	2000.=	2500.=	12700.=
10E	6	1	9600.=	1800.=	2000.=	2500.=	15900.=
1A	4	1	6400.=	2650.=	2000.=	2500.=	13550.=
1B	4	1	6400.=	4200.=	4000.=	2500.=	17100.=
1C	4	1	6400.=	1800.=	2000.=	2500.=	12700.=
1D	4	1	6400.=	2650.=	2000.=	2500.=	13550.=
1E	5	1	8000.=	3600.=	4000.=	2500.=	18100.=

T o t a l 285224.=

La localización y medición de las U.S.M. se llevó a cabo en un lapso de cinco meses, tiempo en el cual el tesista permaneció coordinándolo, produciéndose por este efecto un gasto adicional de \$248000.00.

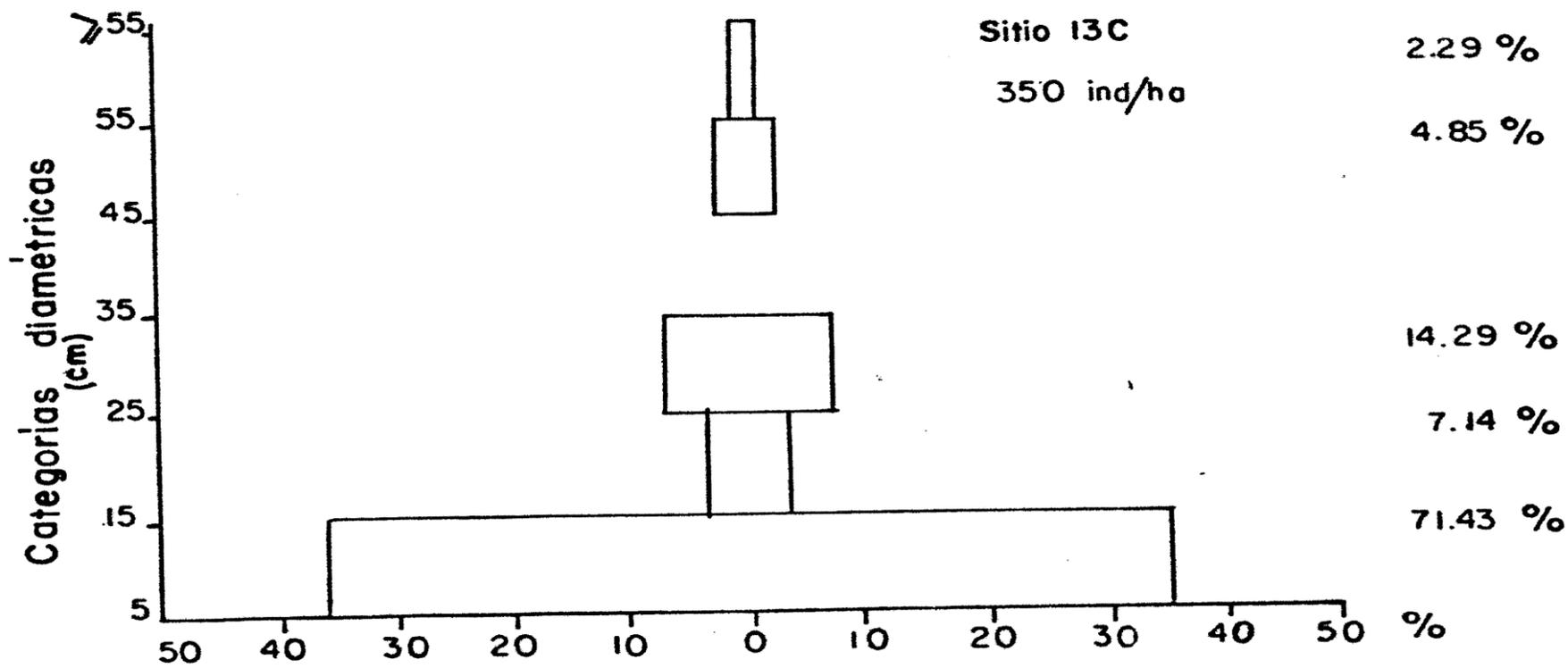
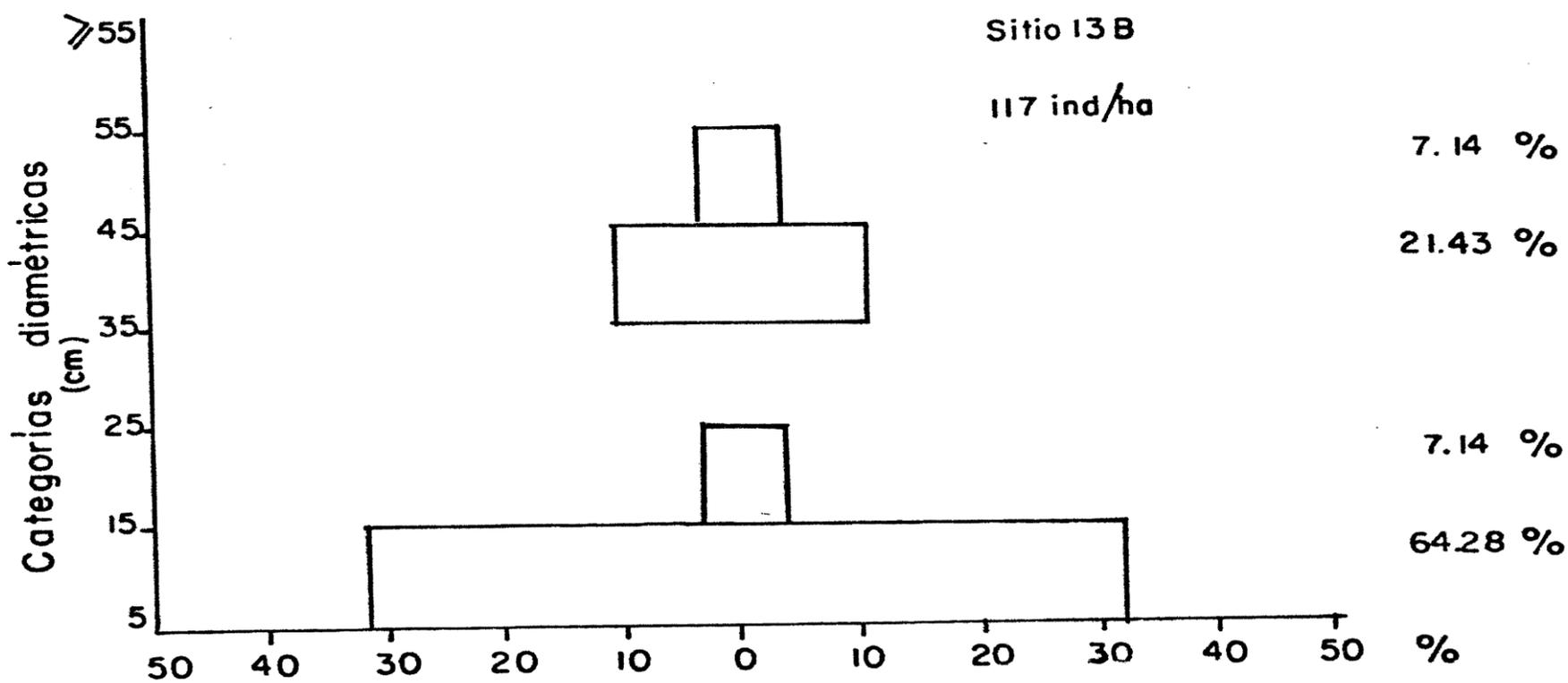
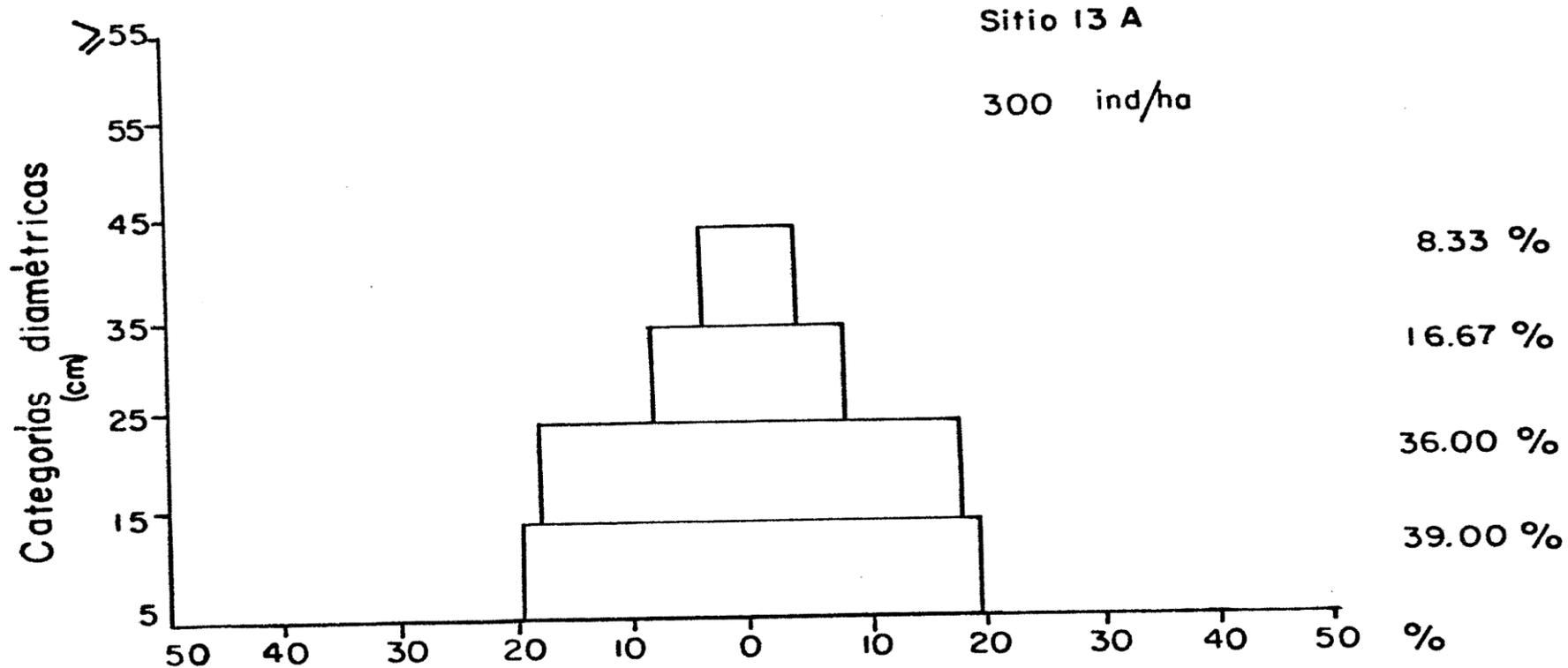
Entonces, el costo total por localizar y medir las U.S.M. fue de; \$533224.00

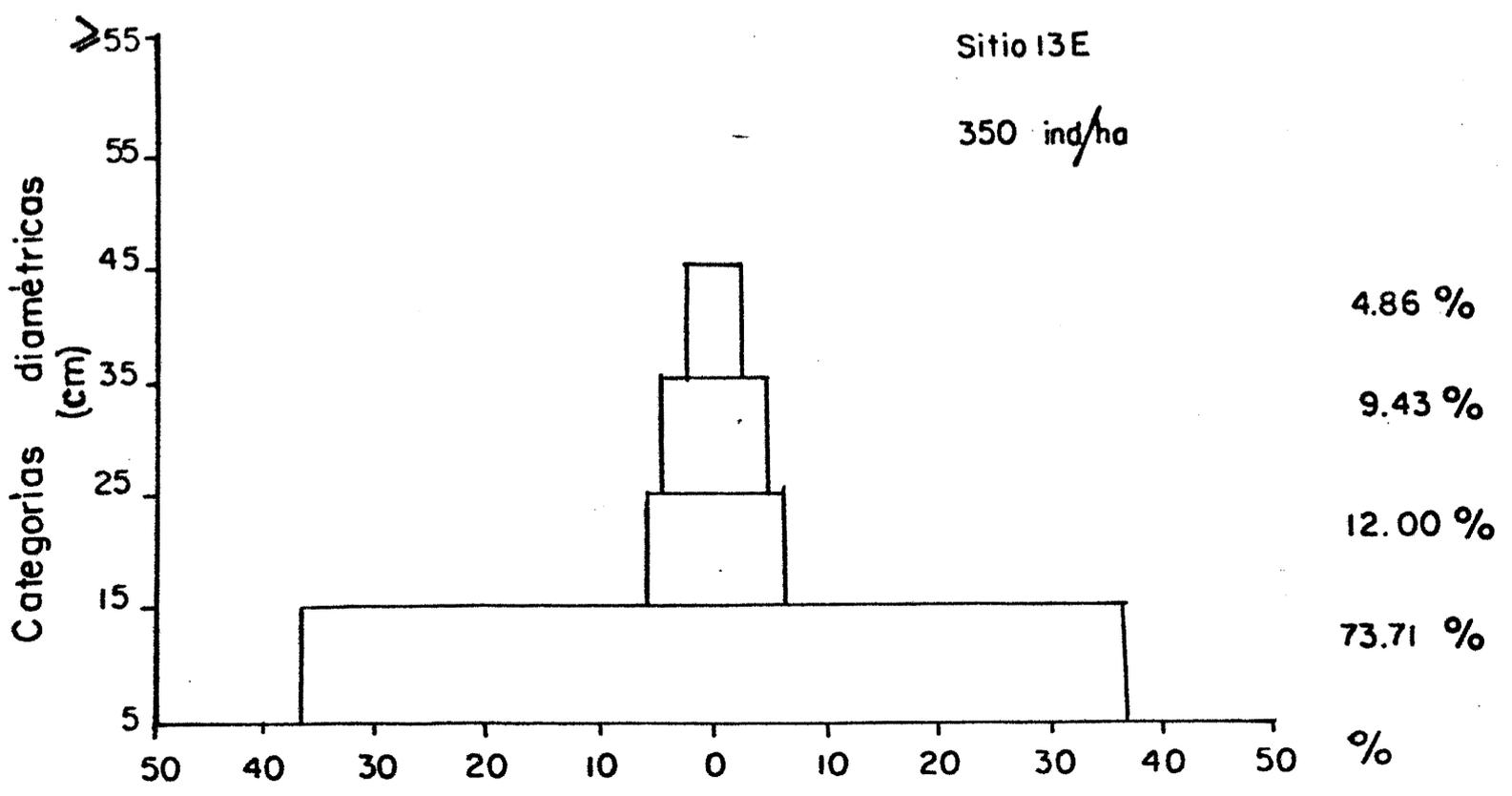
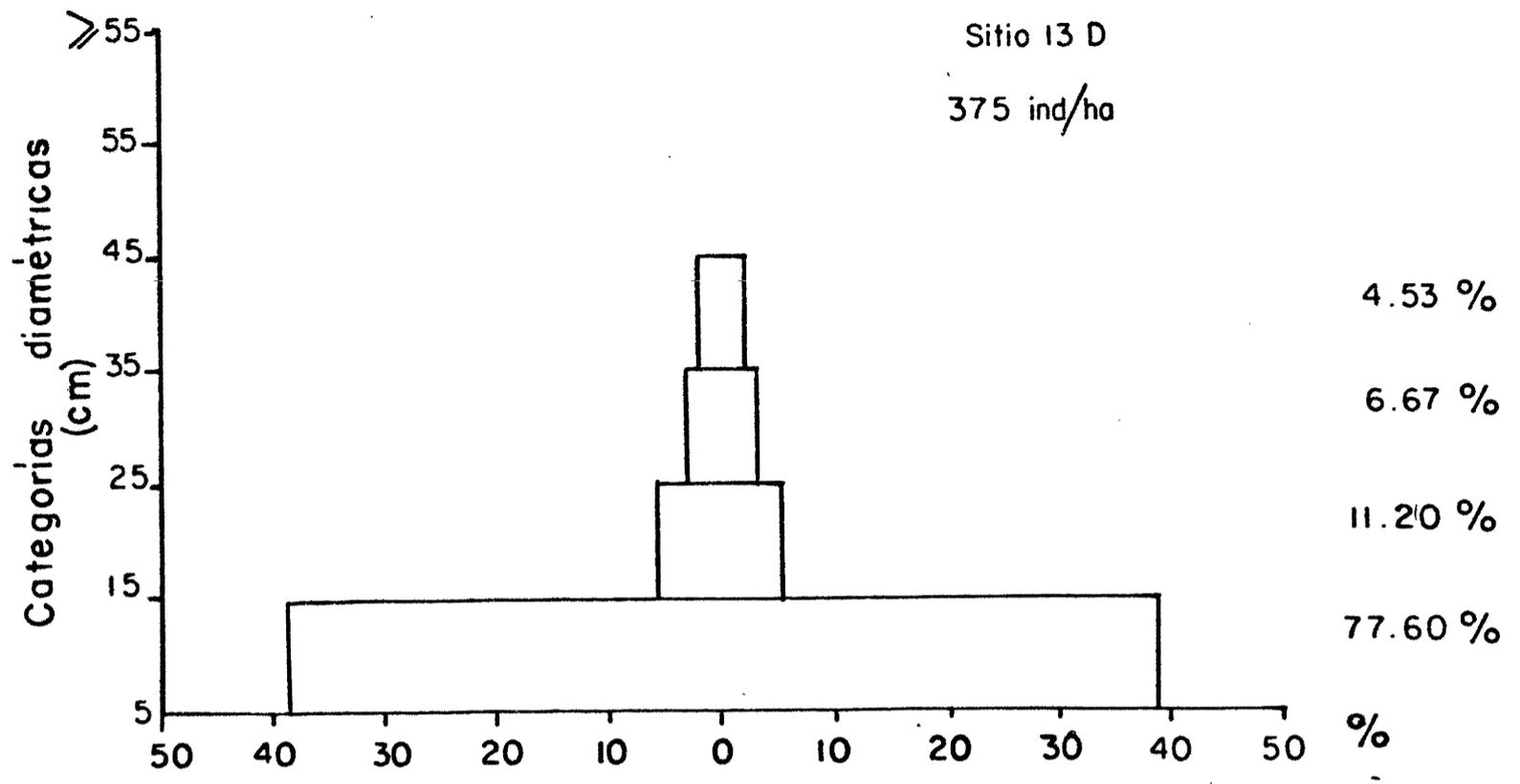
Y el costo por U.S.M. oCs fue de :

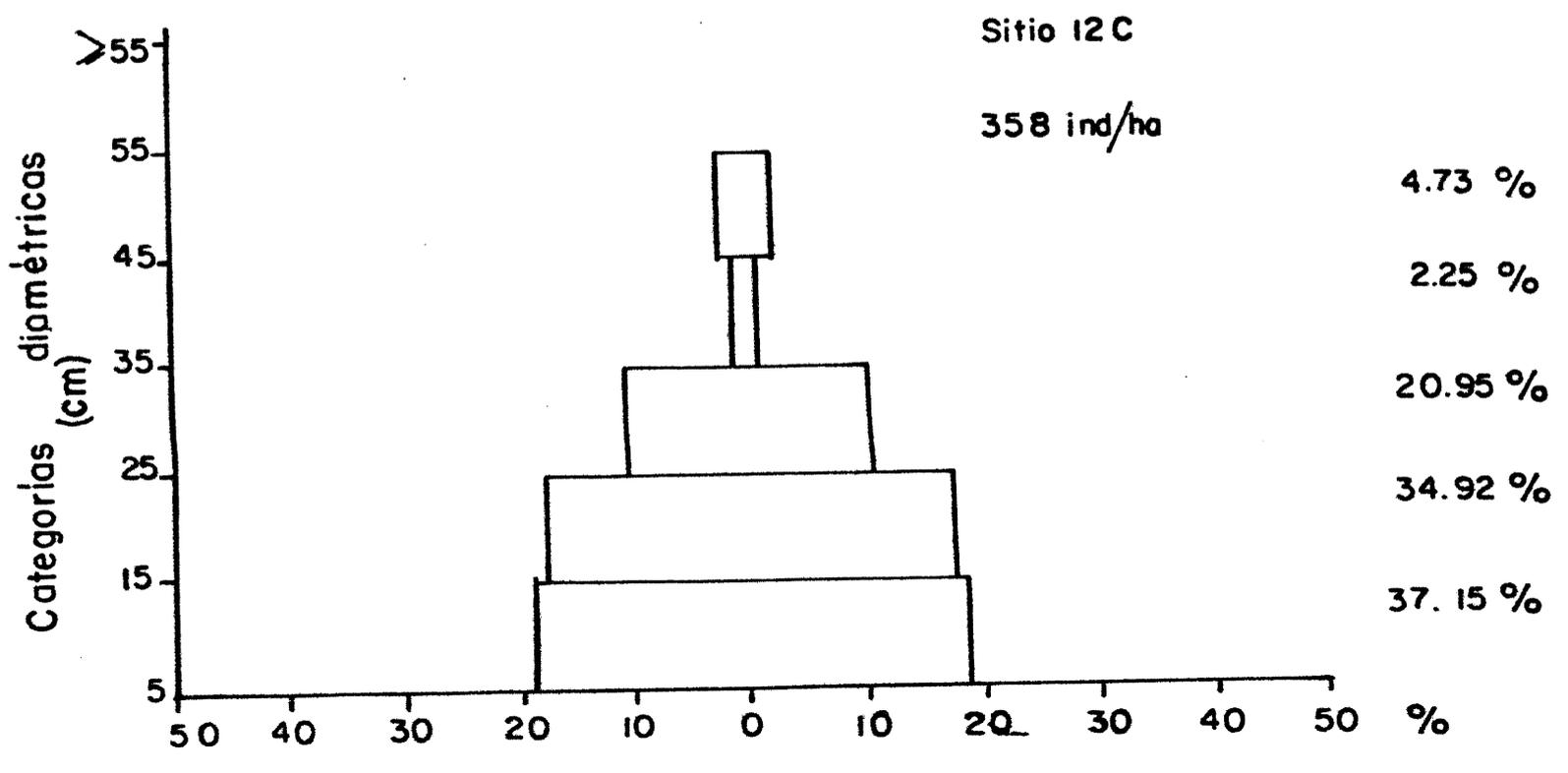
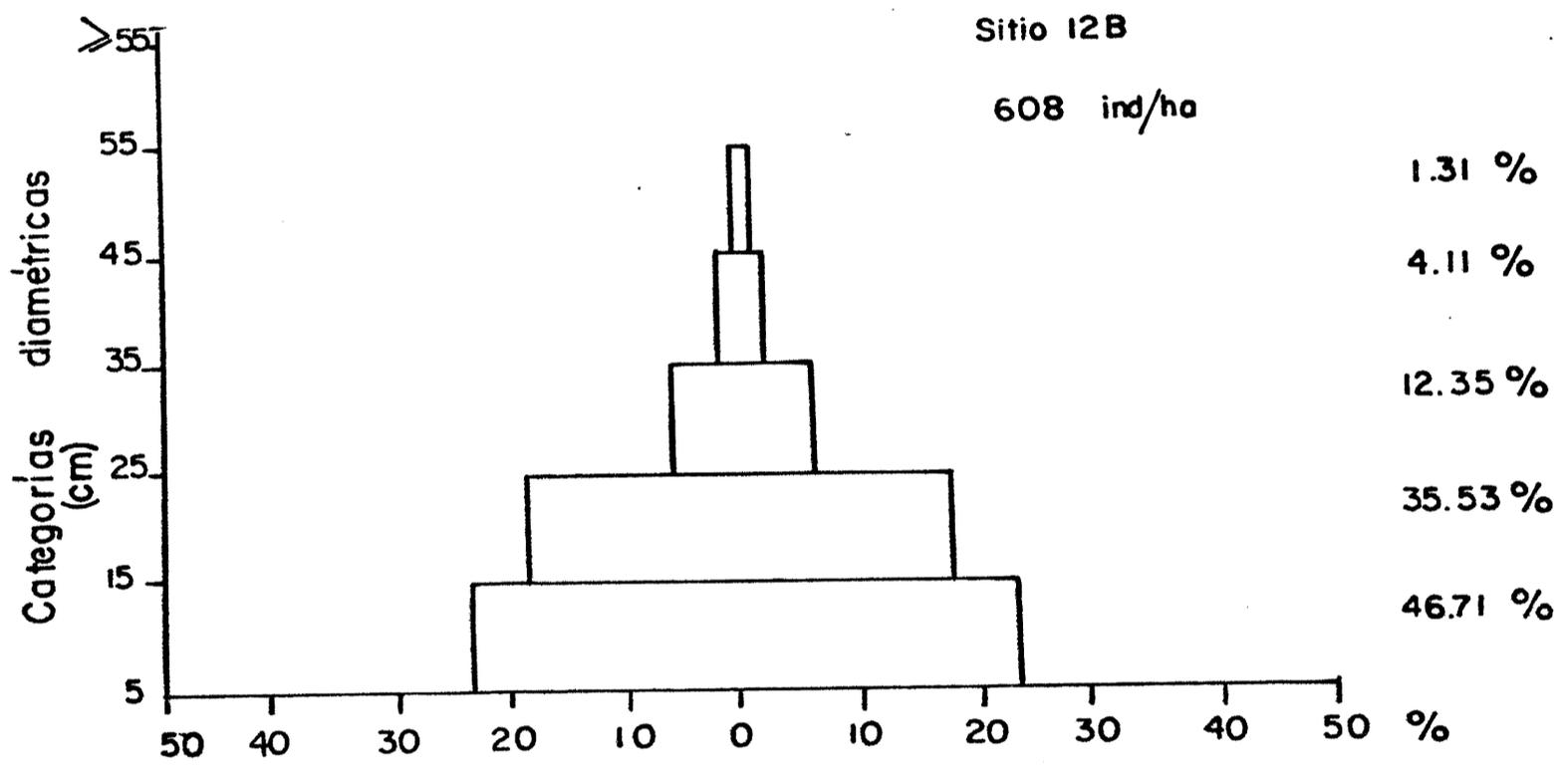
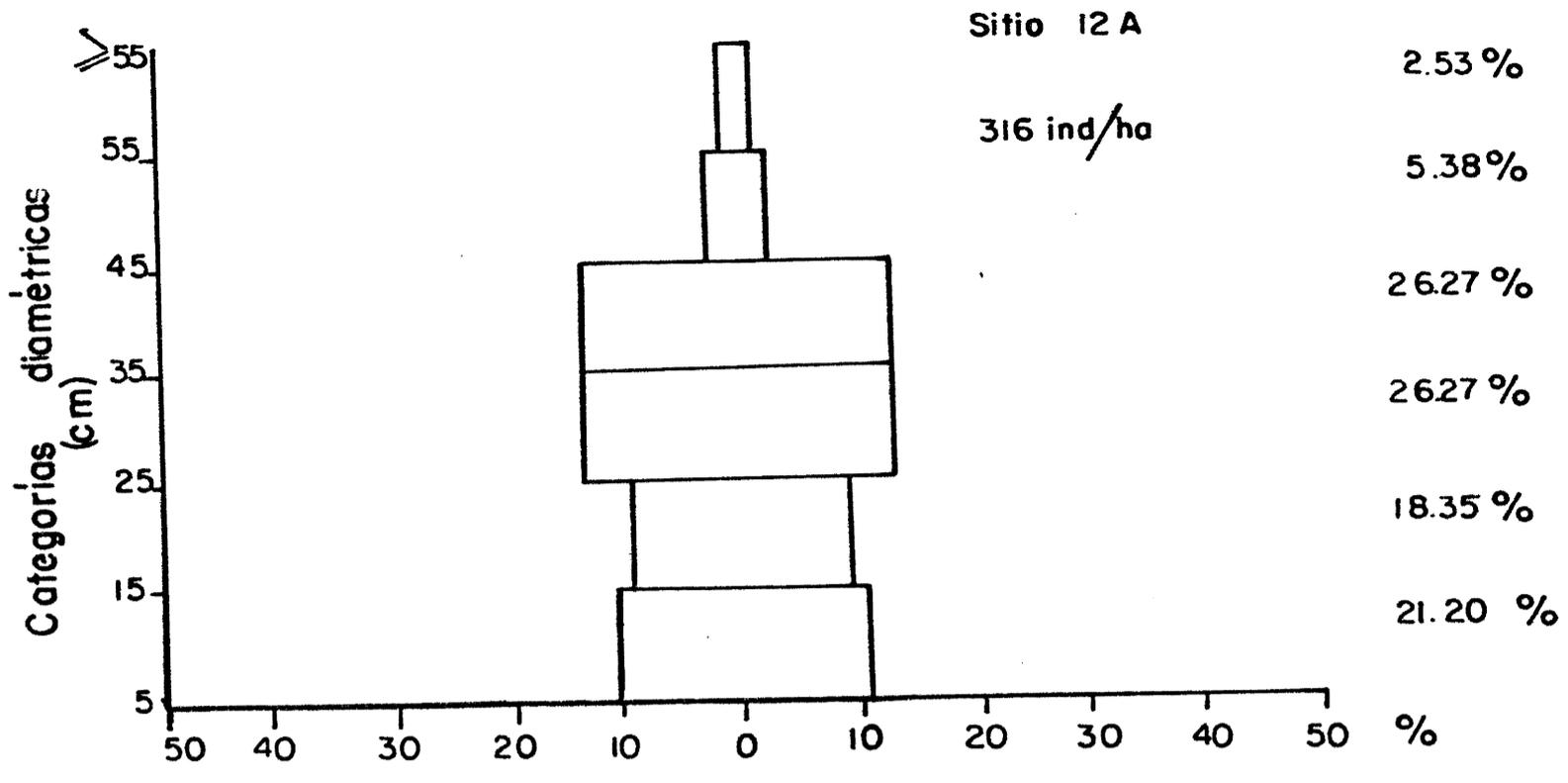
$$Cs = \frac{533224.00}{20} = \$26661.20$$

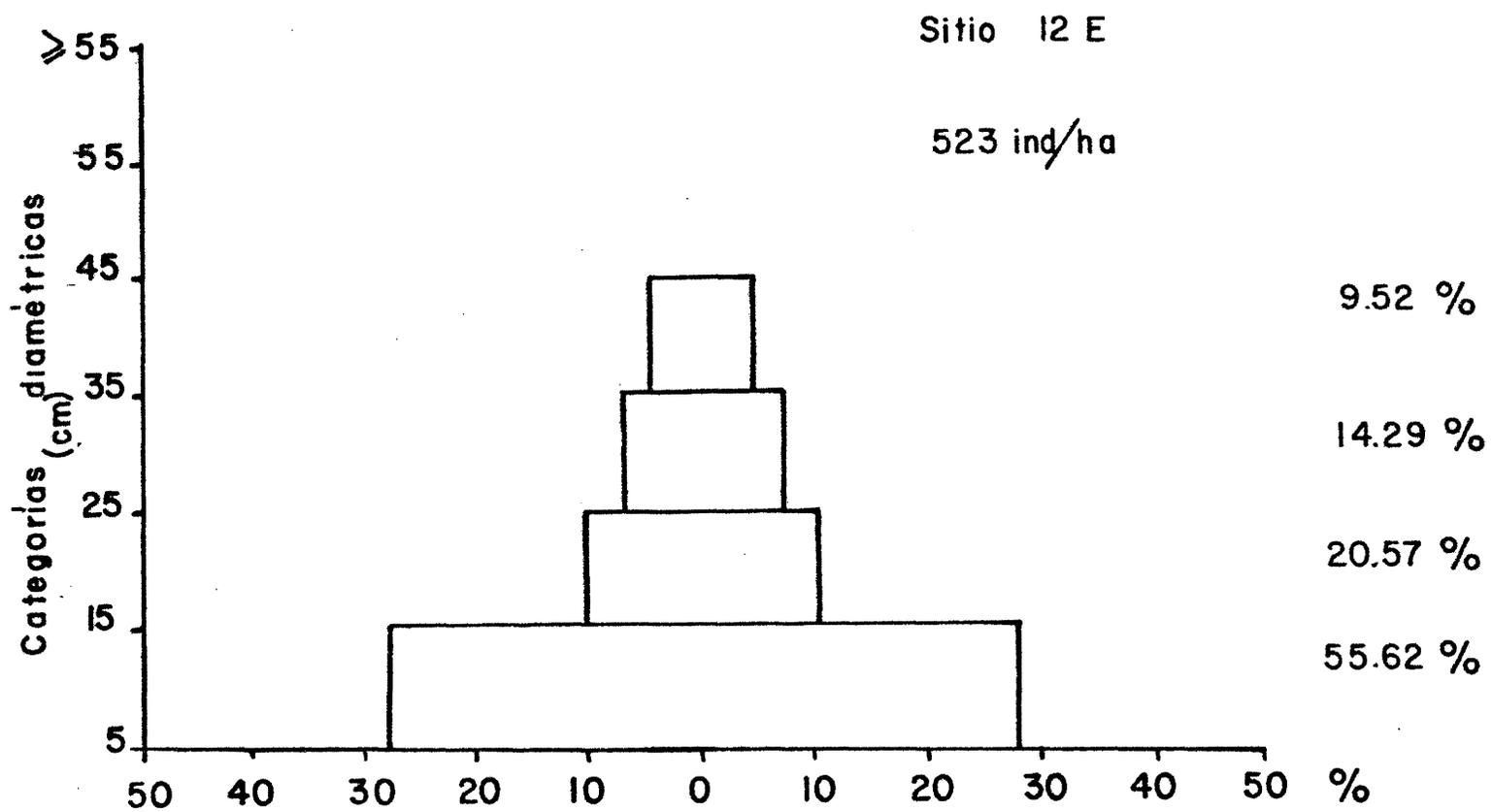
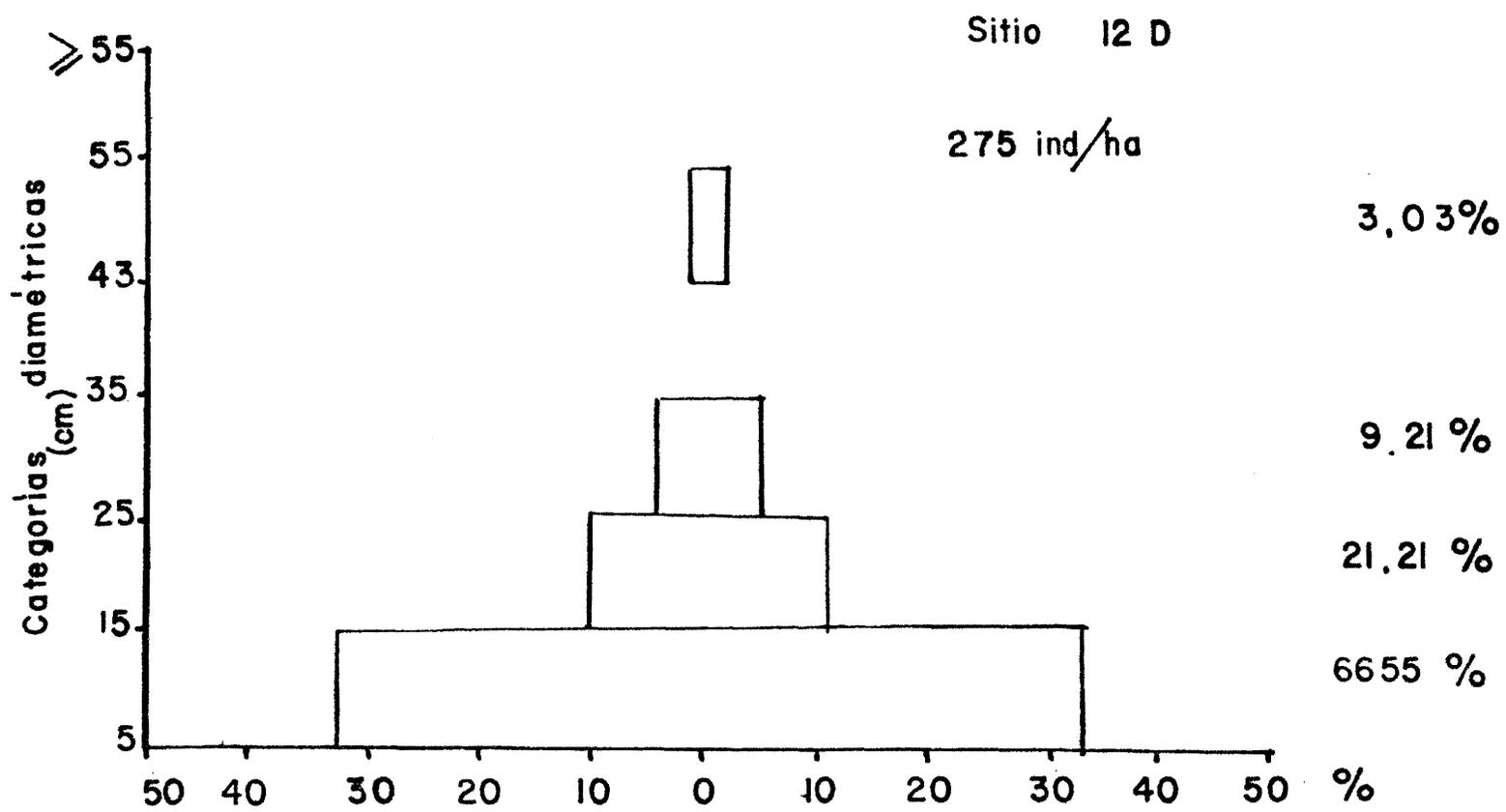
A P E N D I C E 2

Estructura en diámetro y en altura de los sitios de  
muestreo.



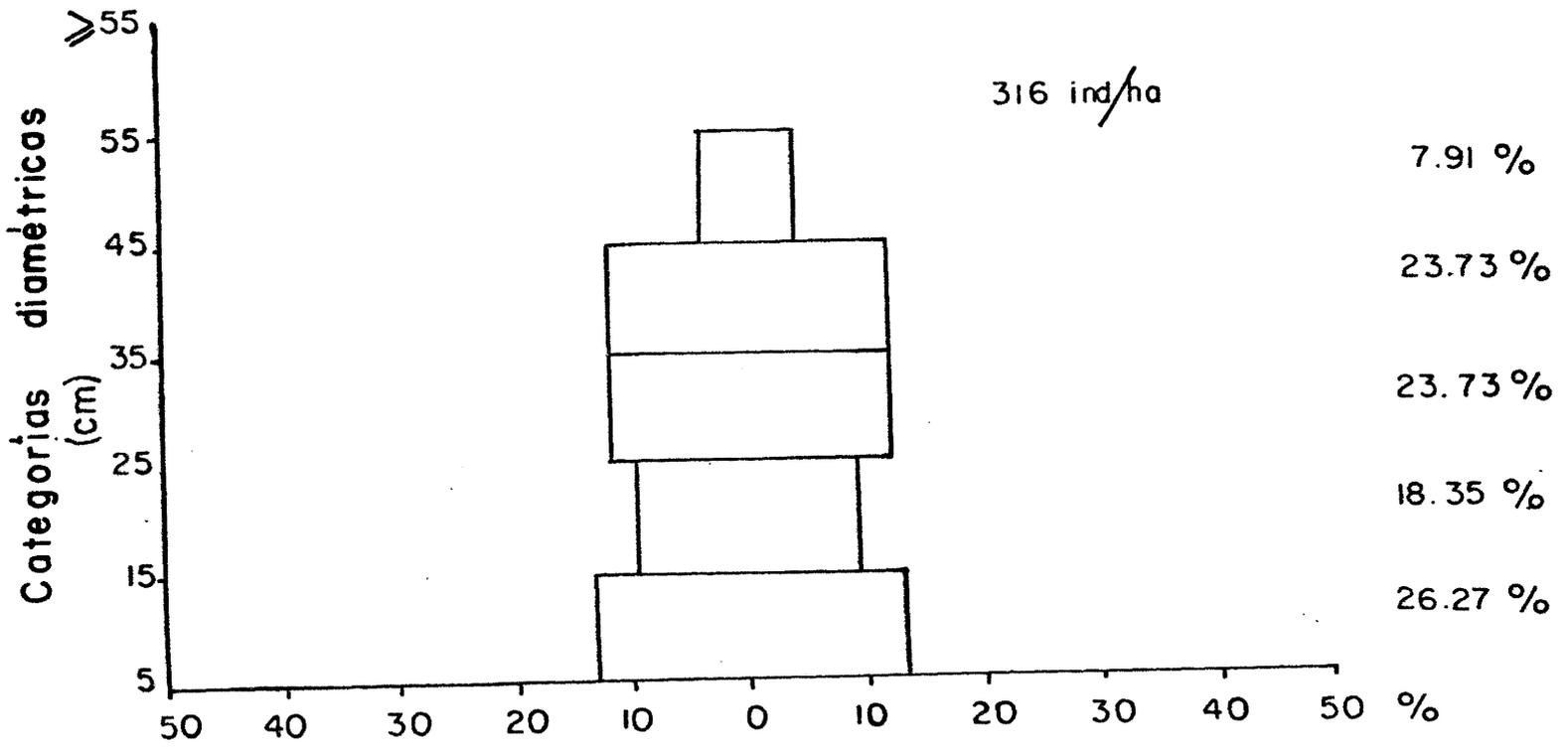






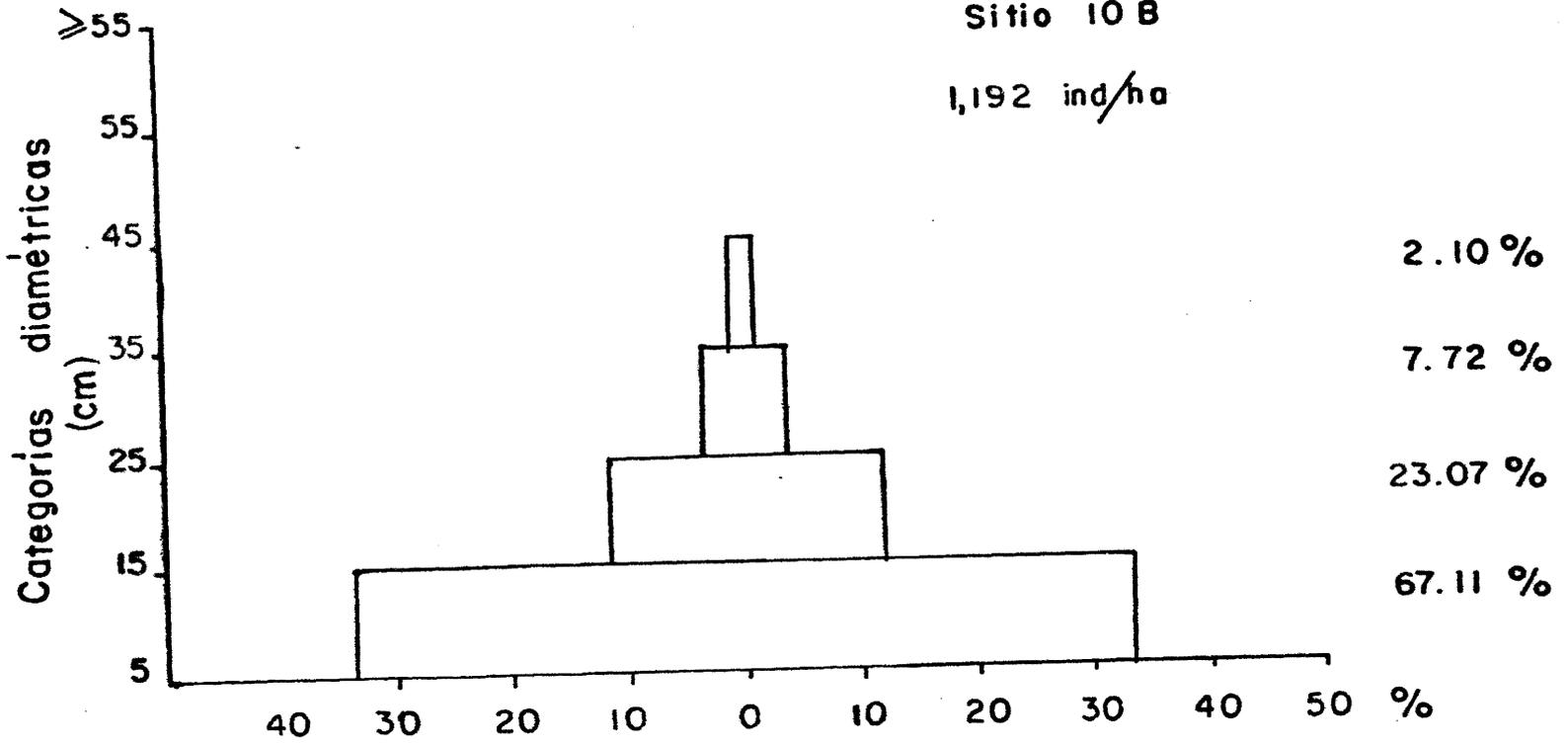
Sitio 10 A

316 ind/ha



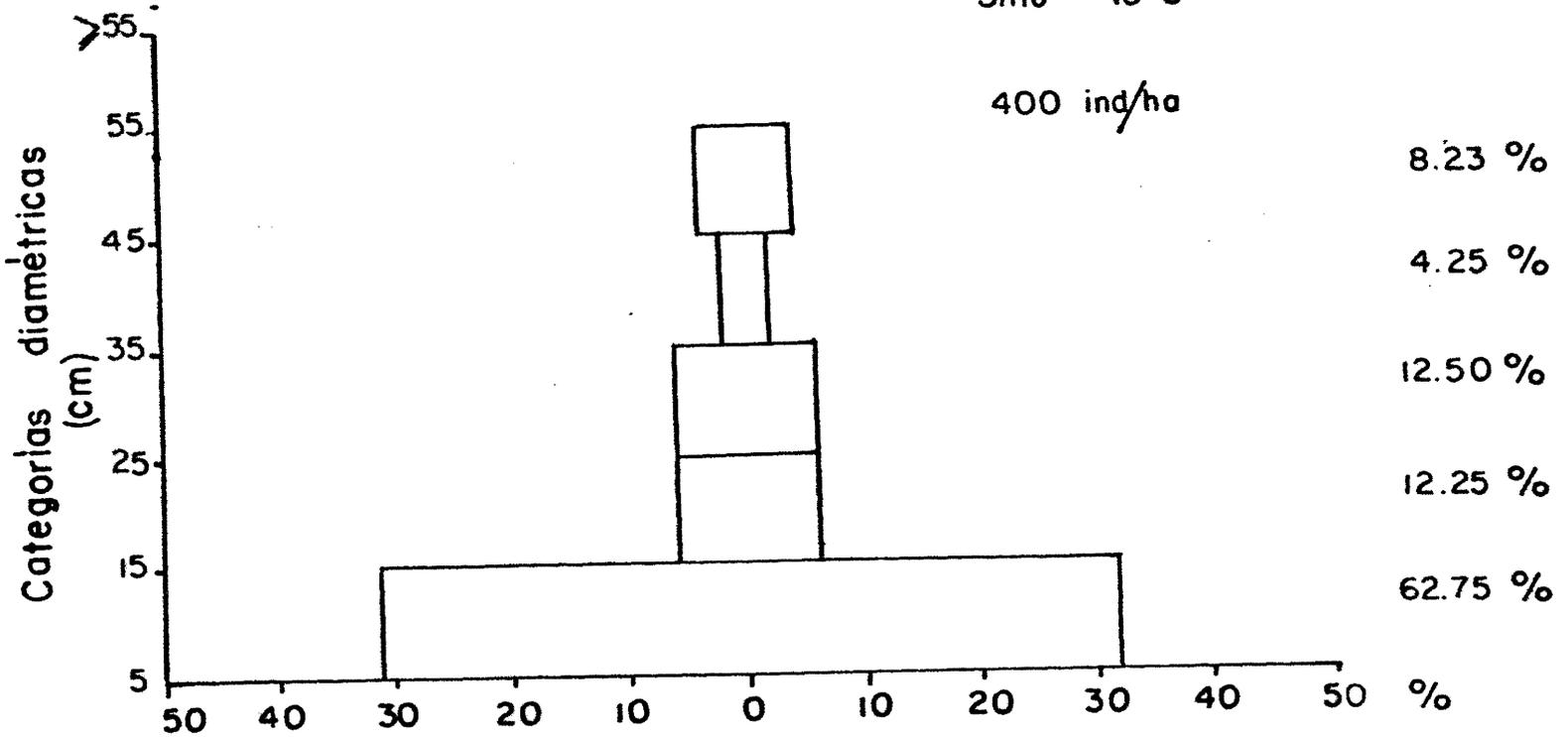
Sitio 10 B

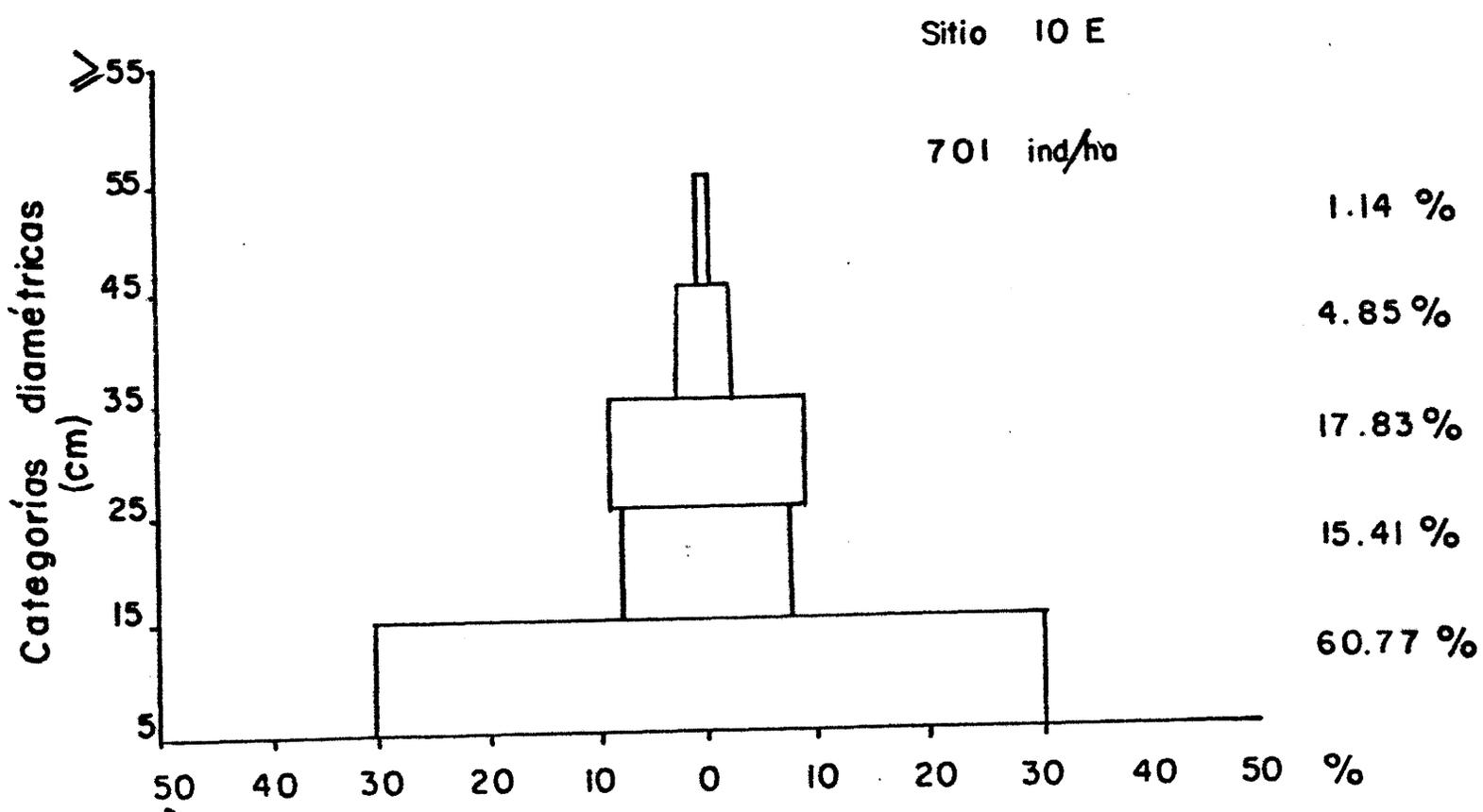
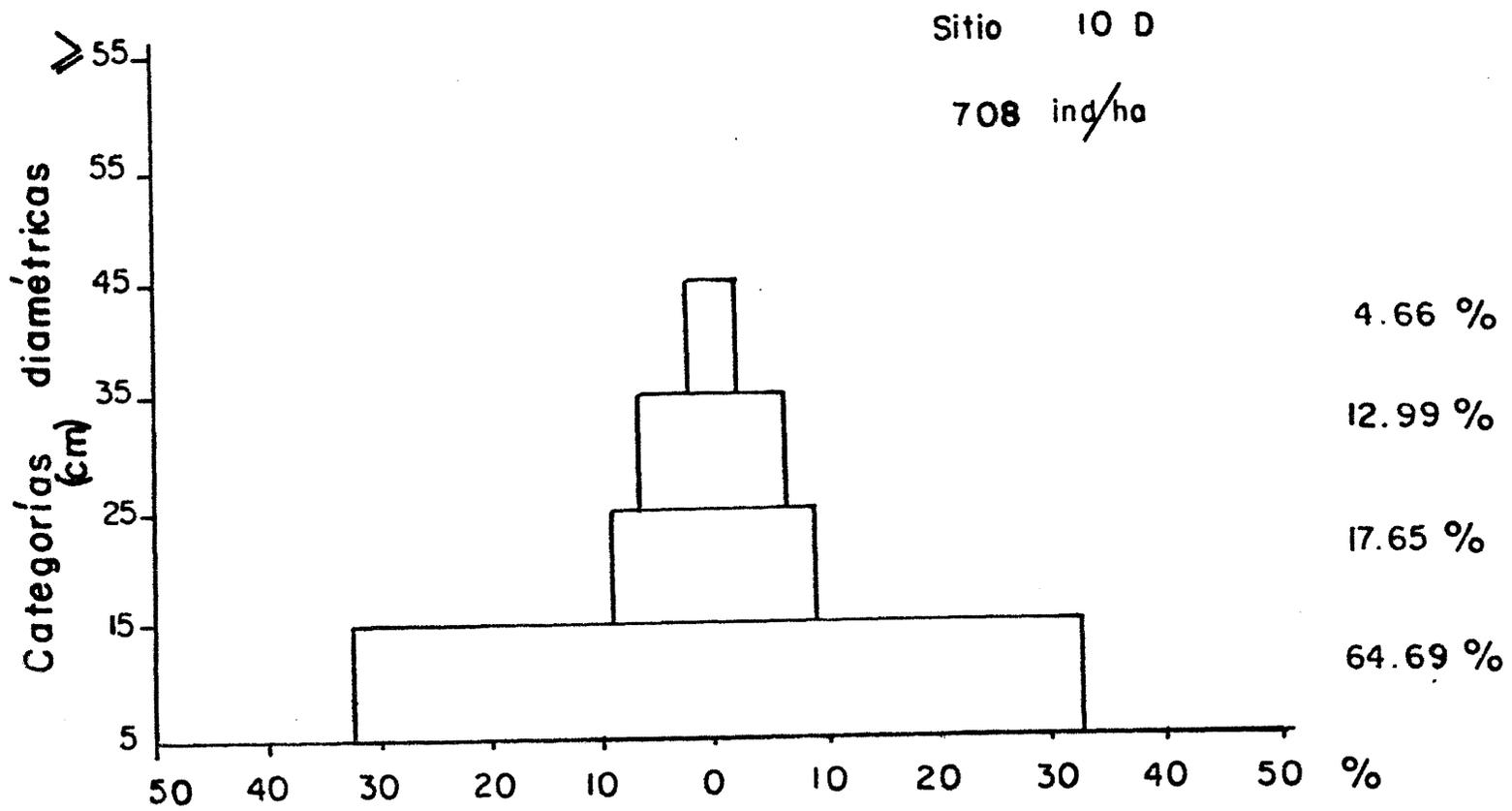
1,192 ind/ha

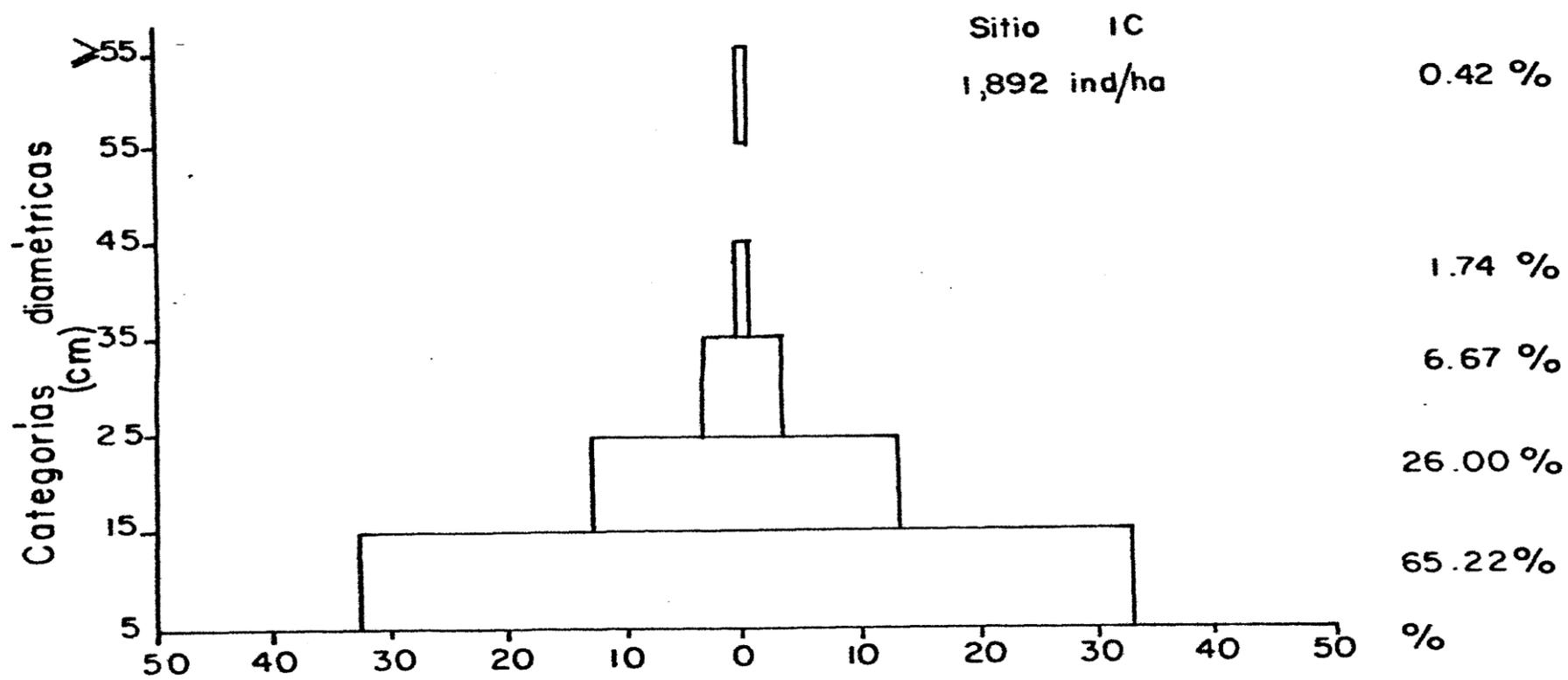
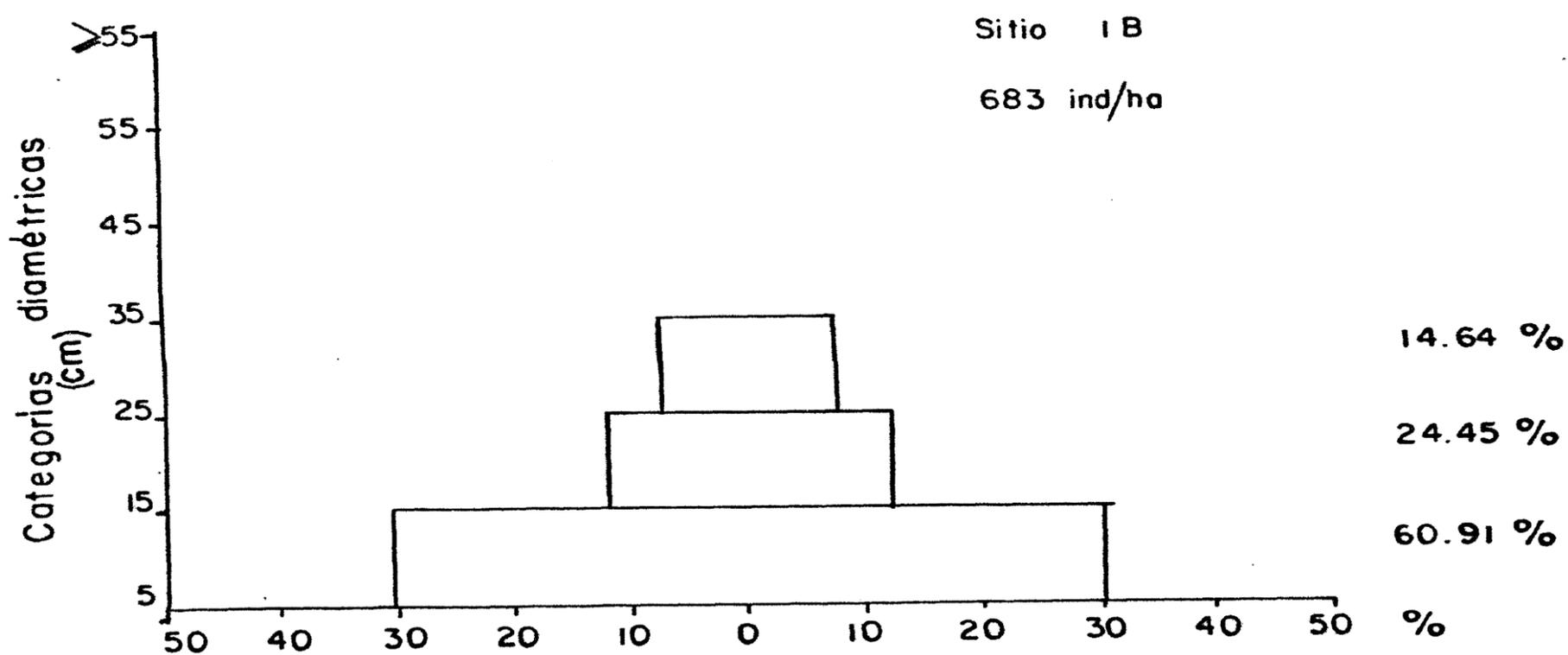
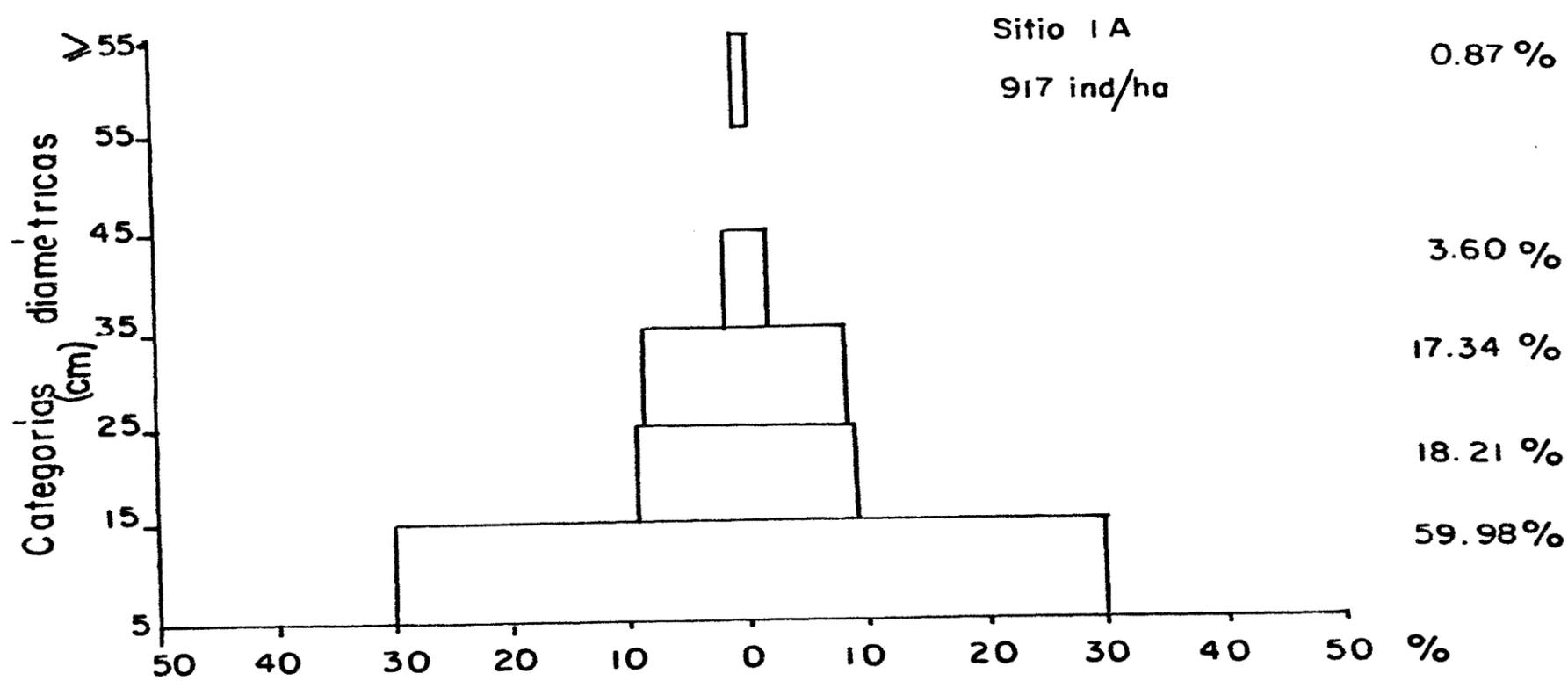


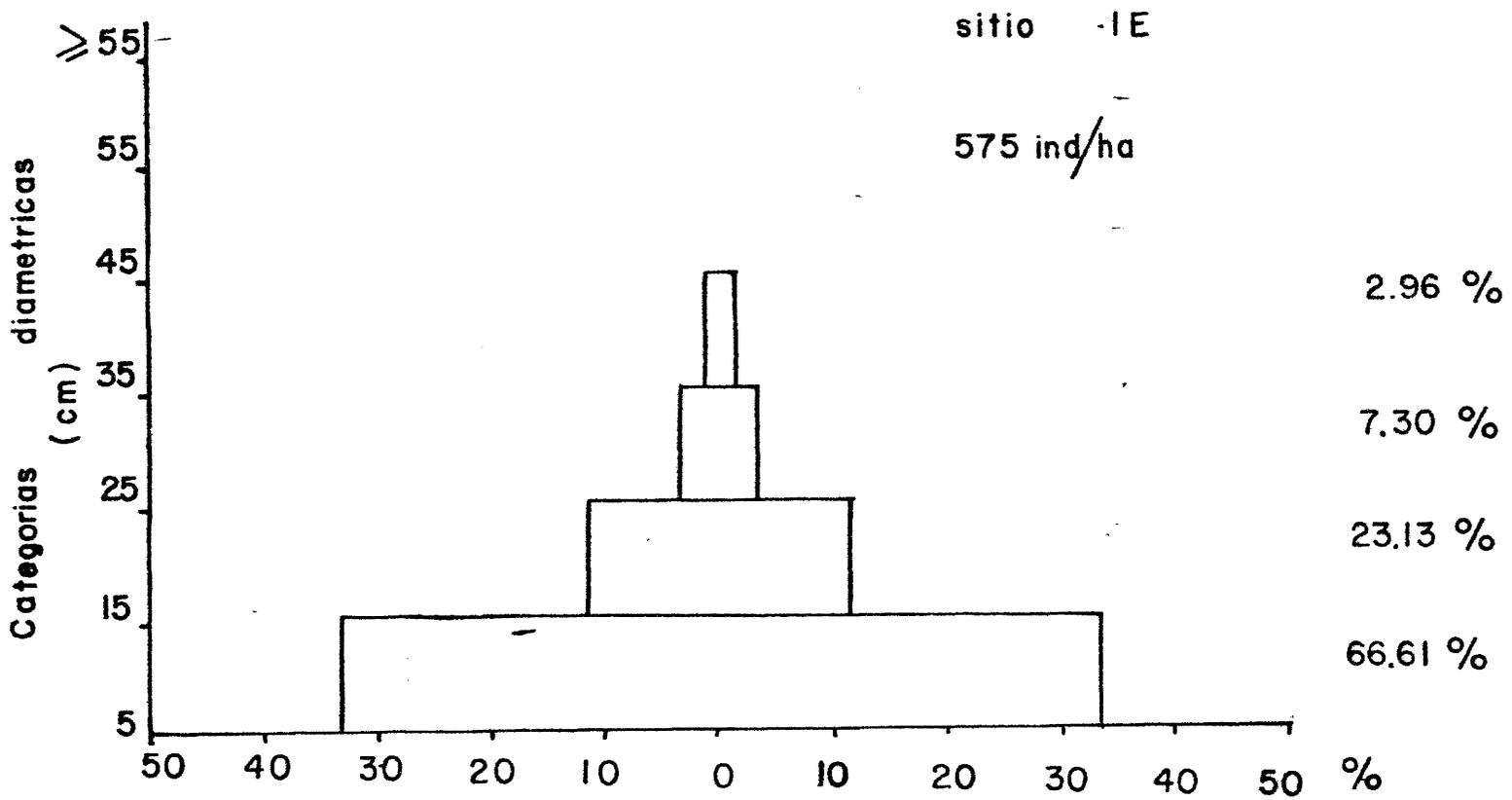
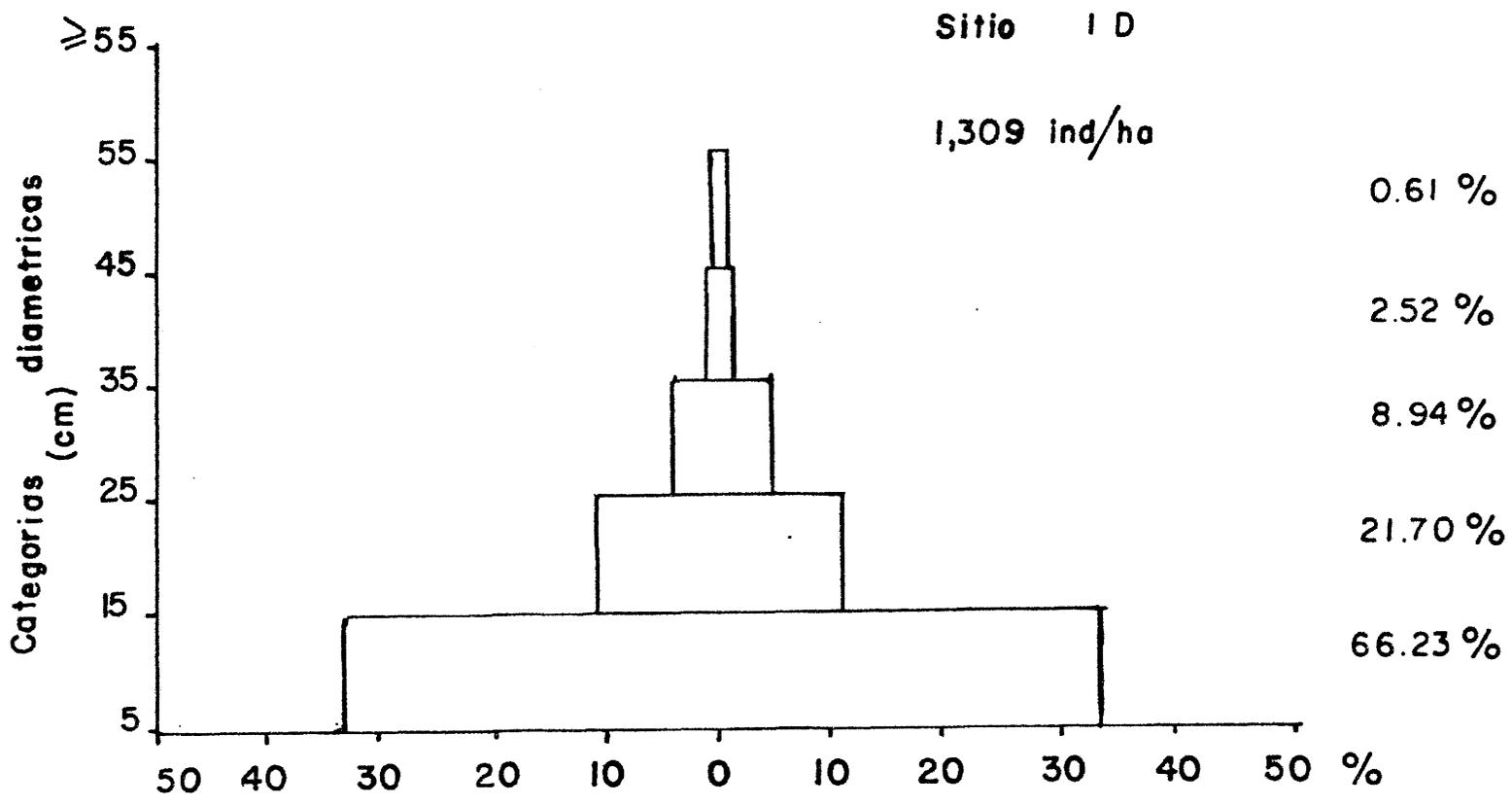
Sitio 10 C

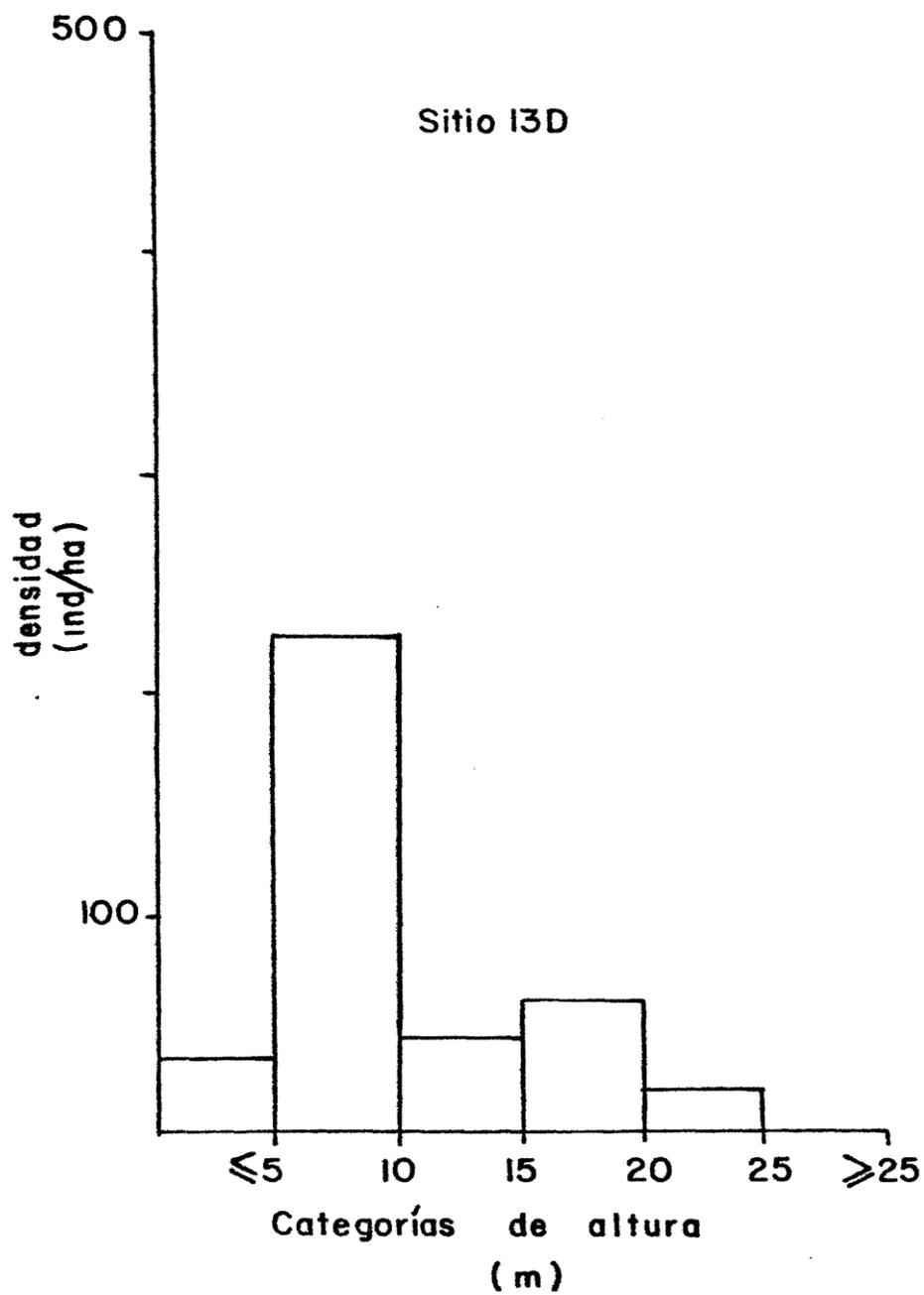
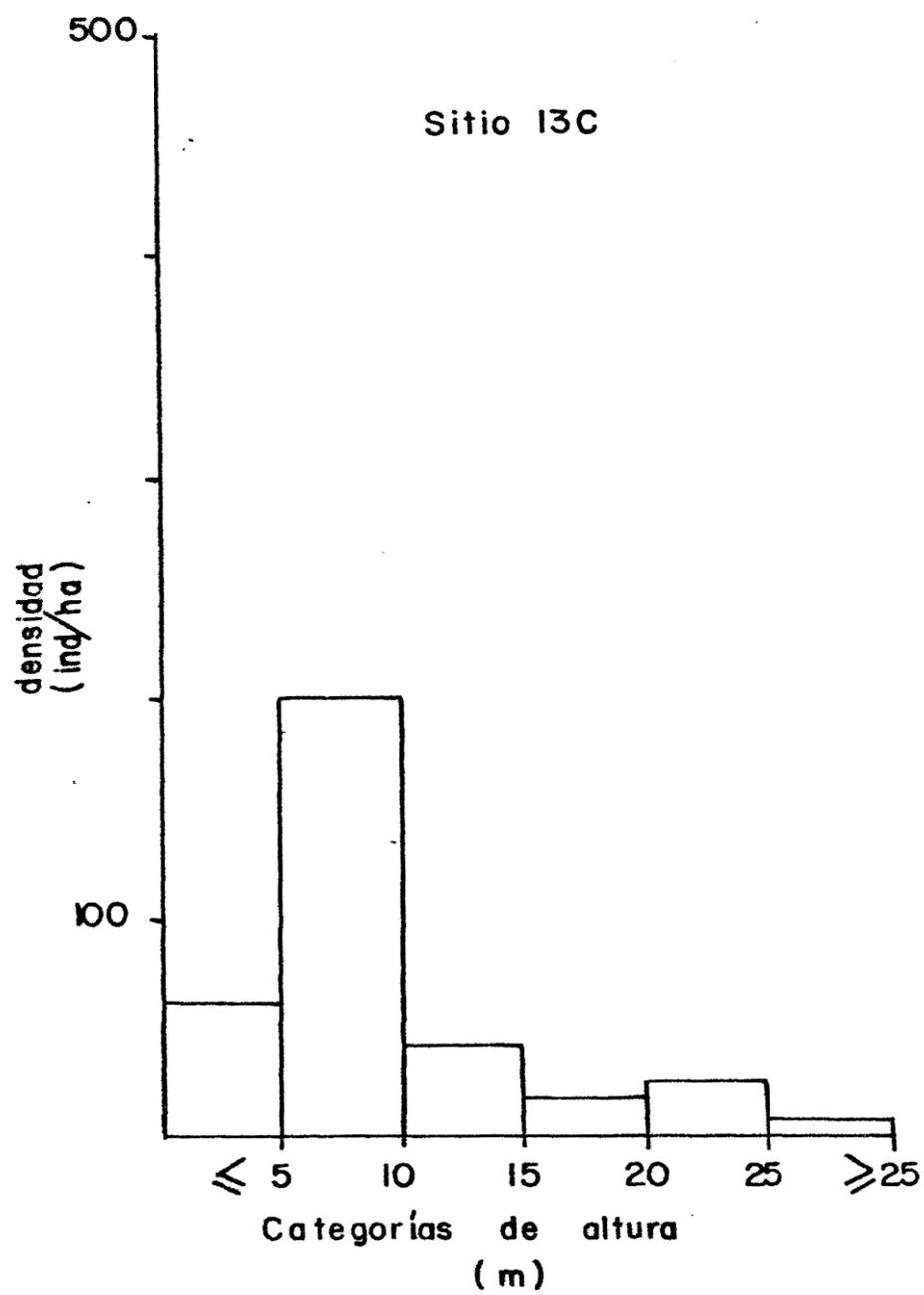
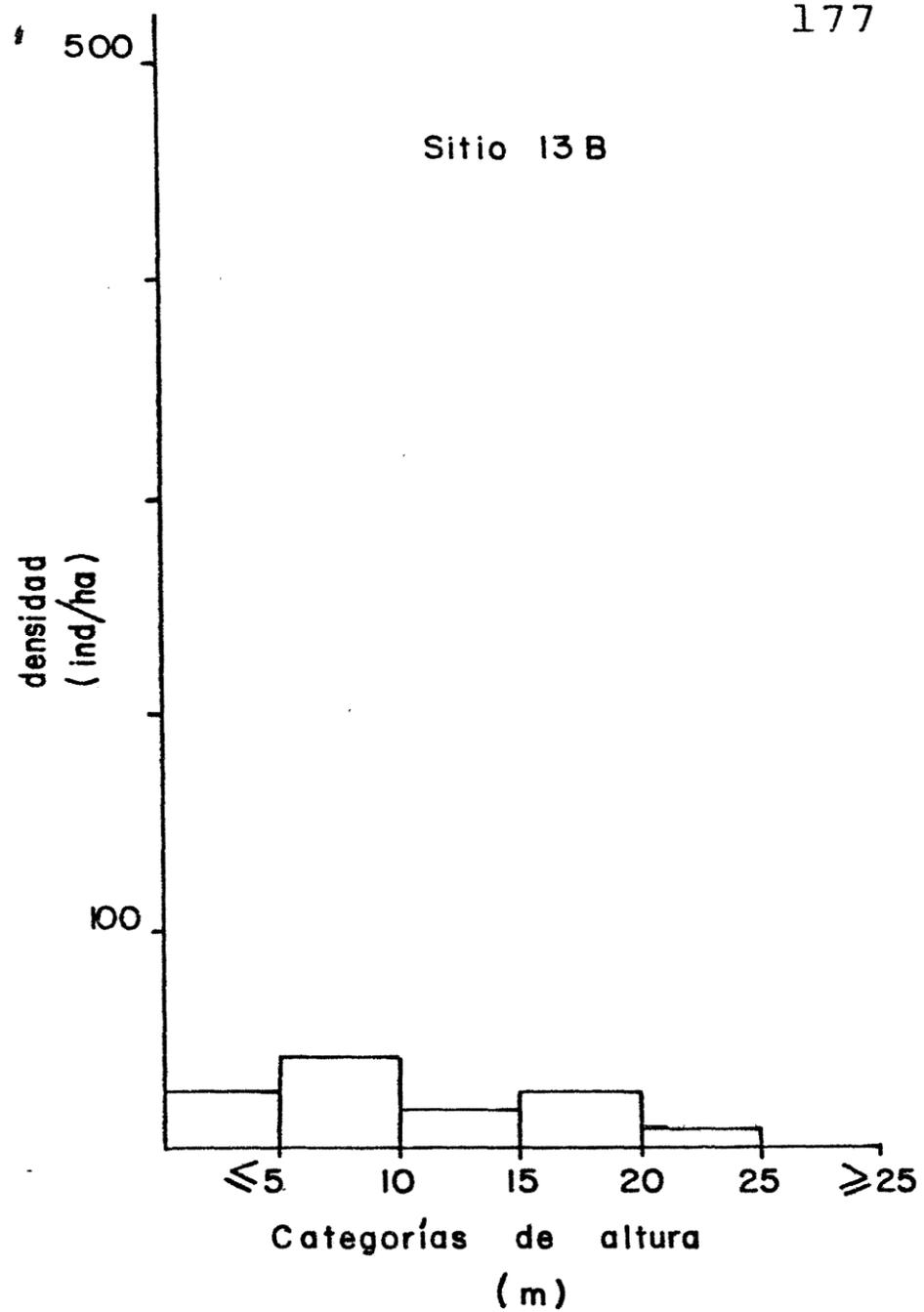
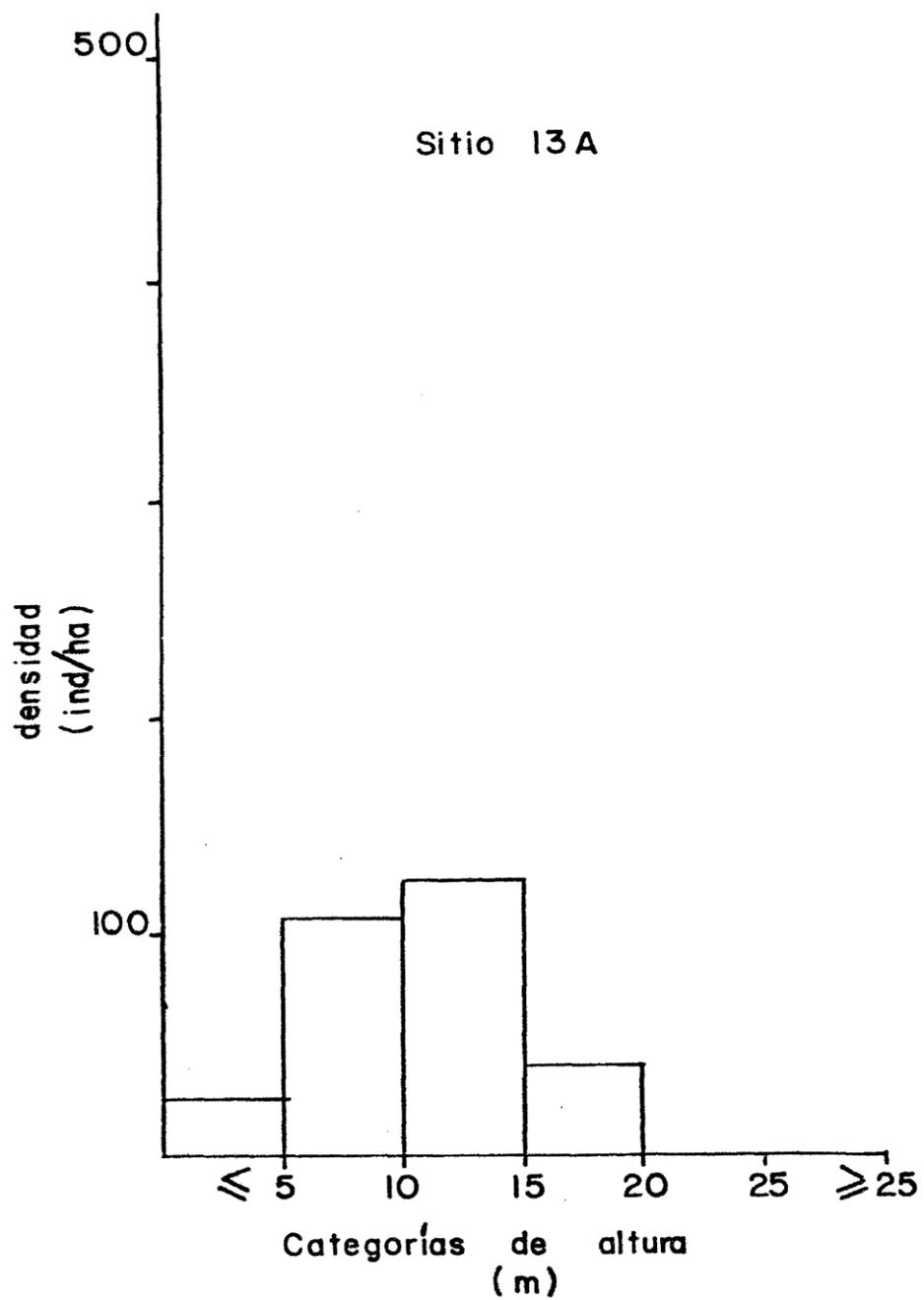
400 ind/ha

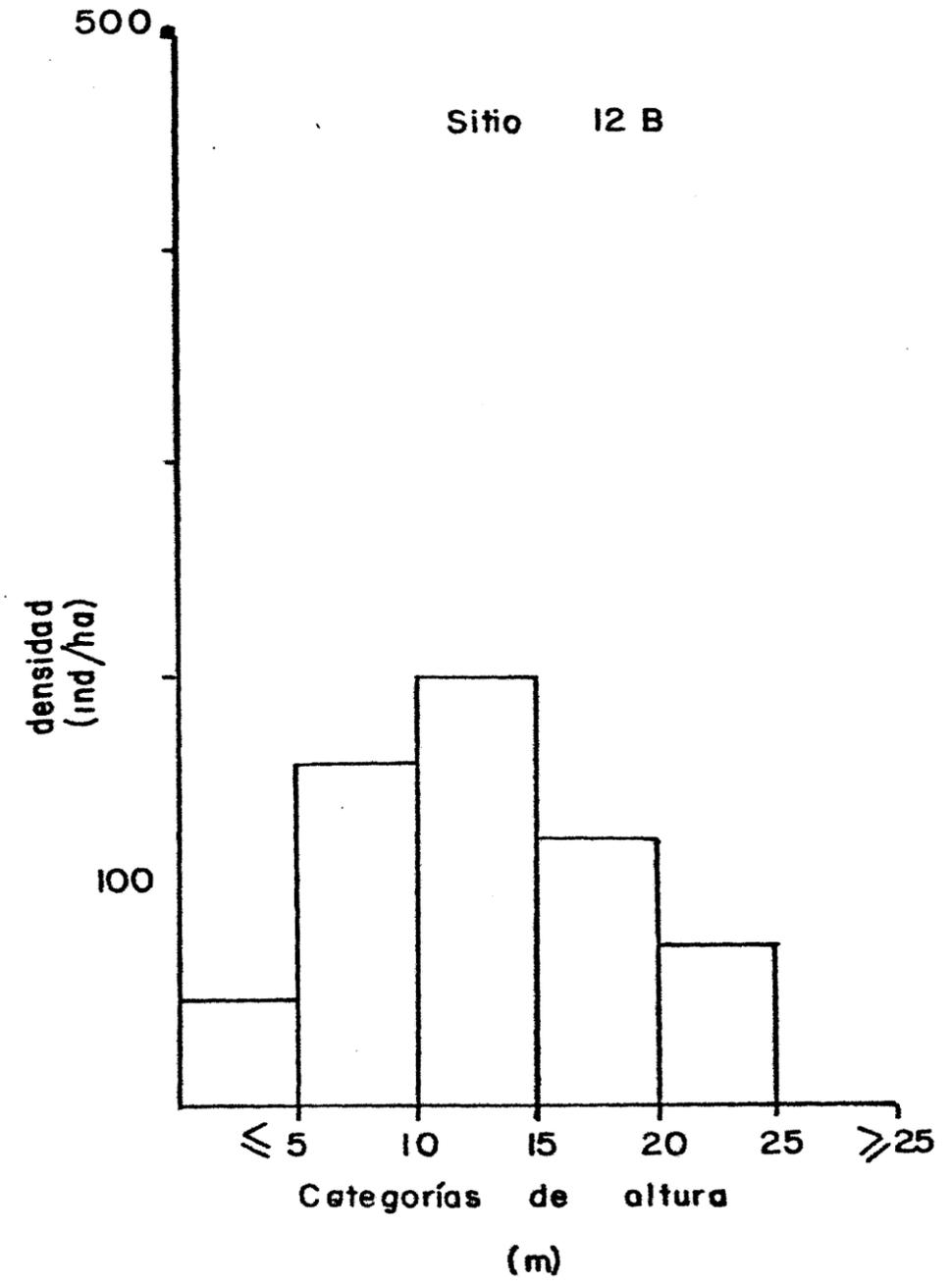
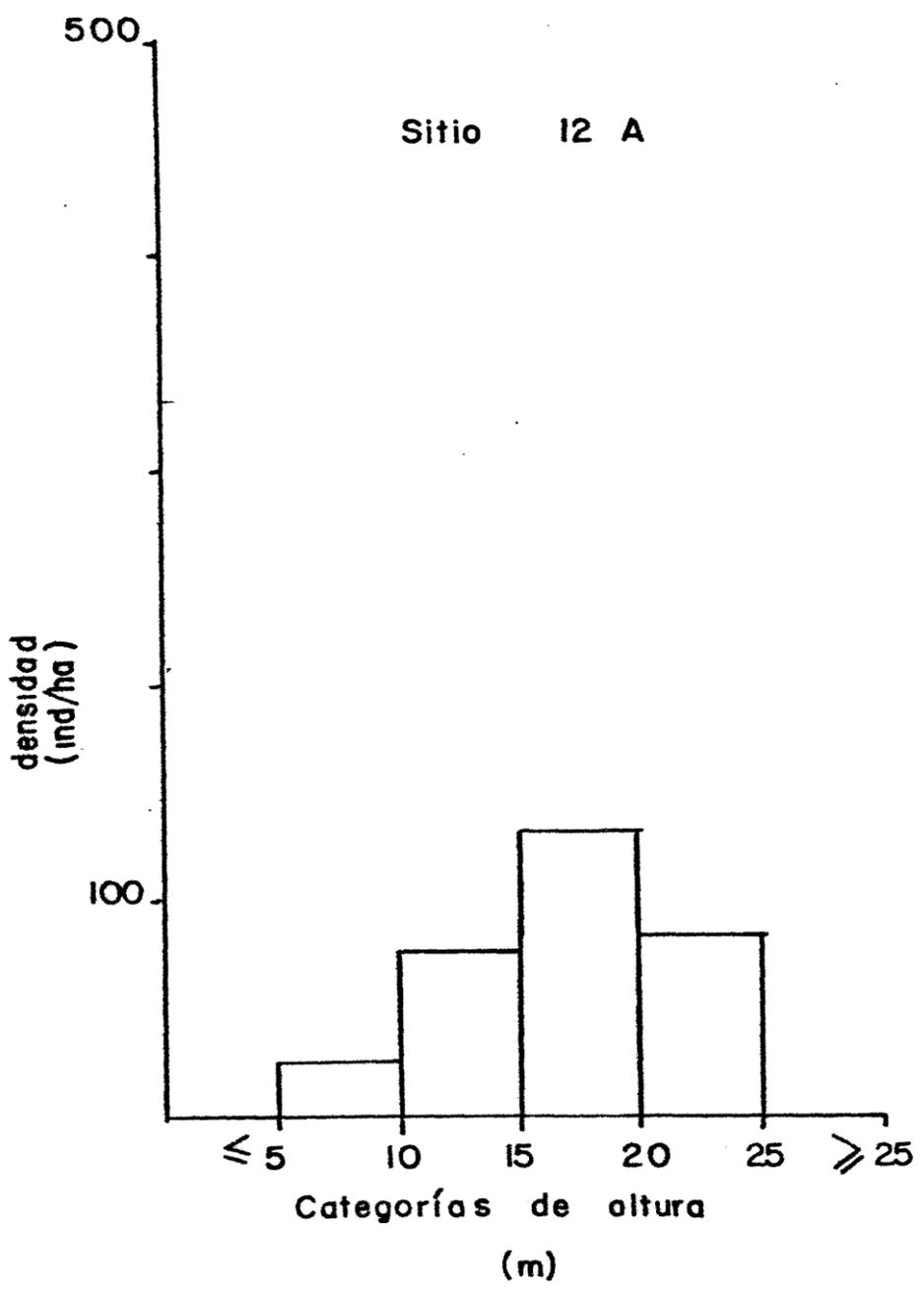
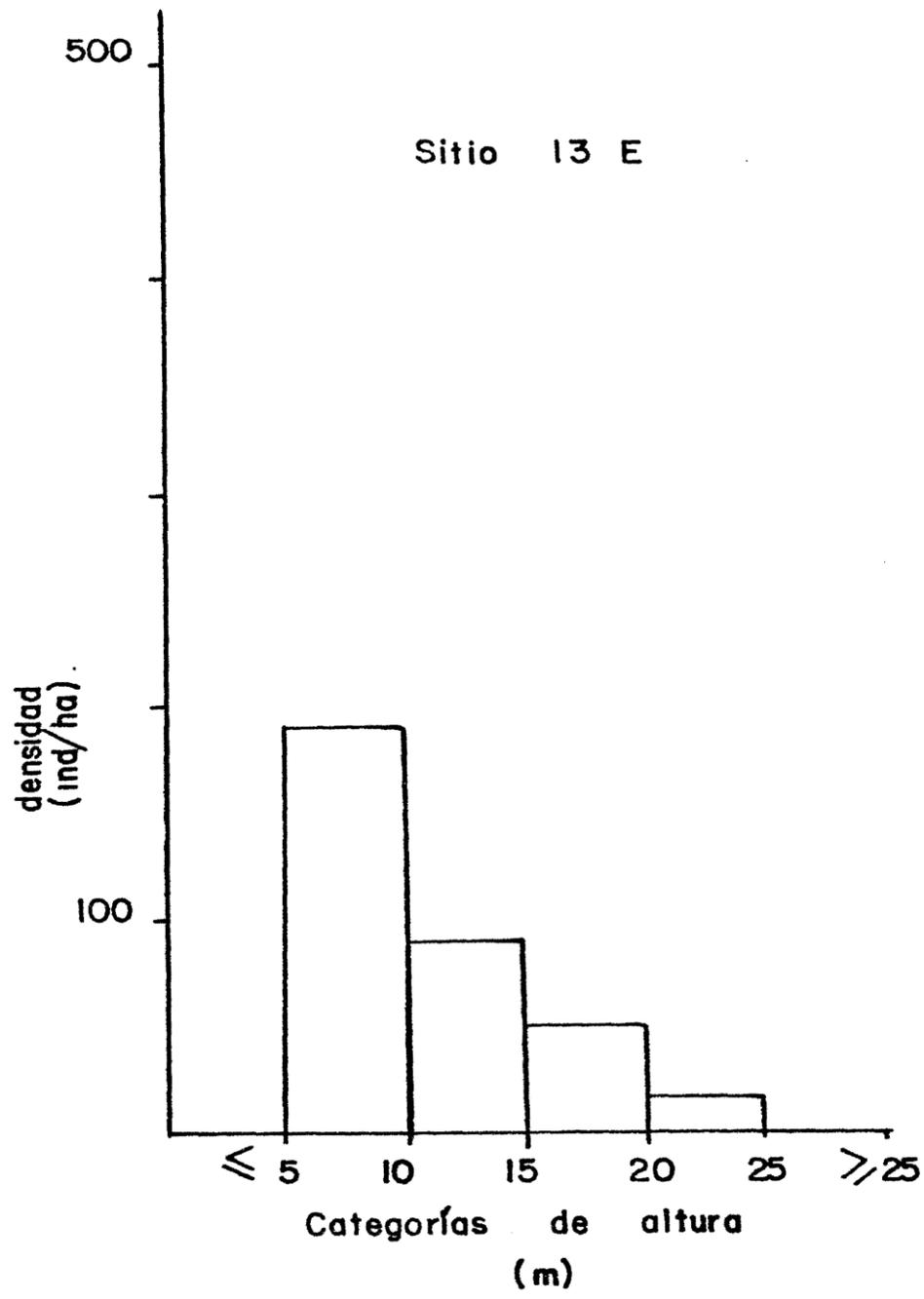


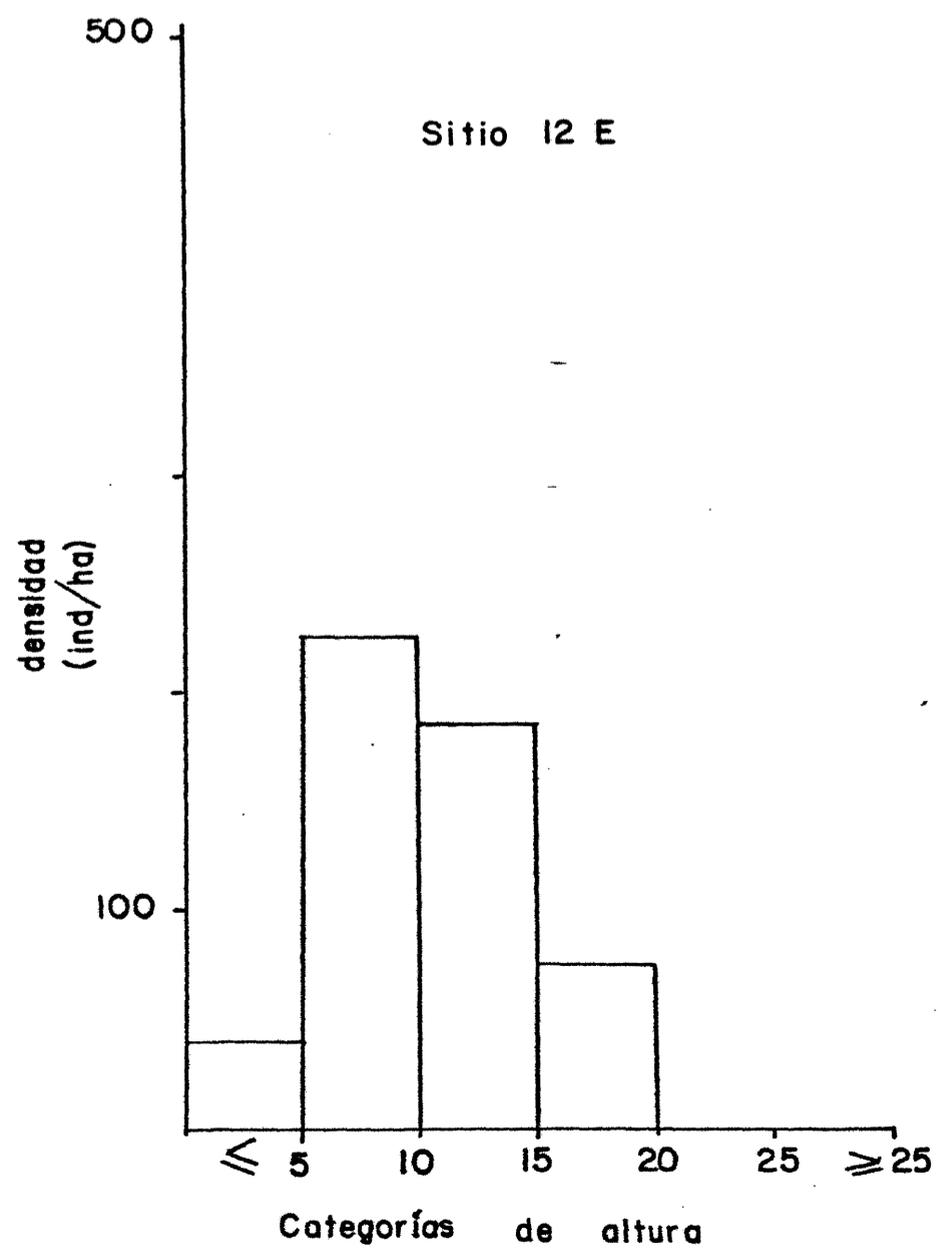
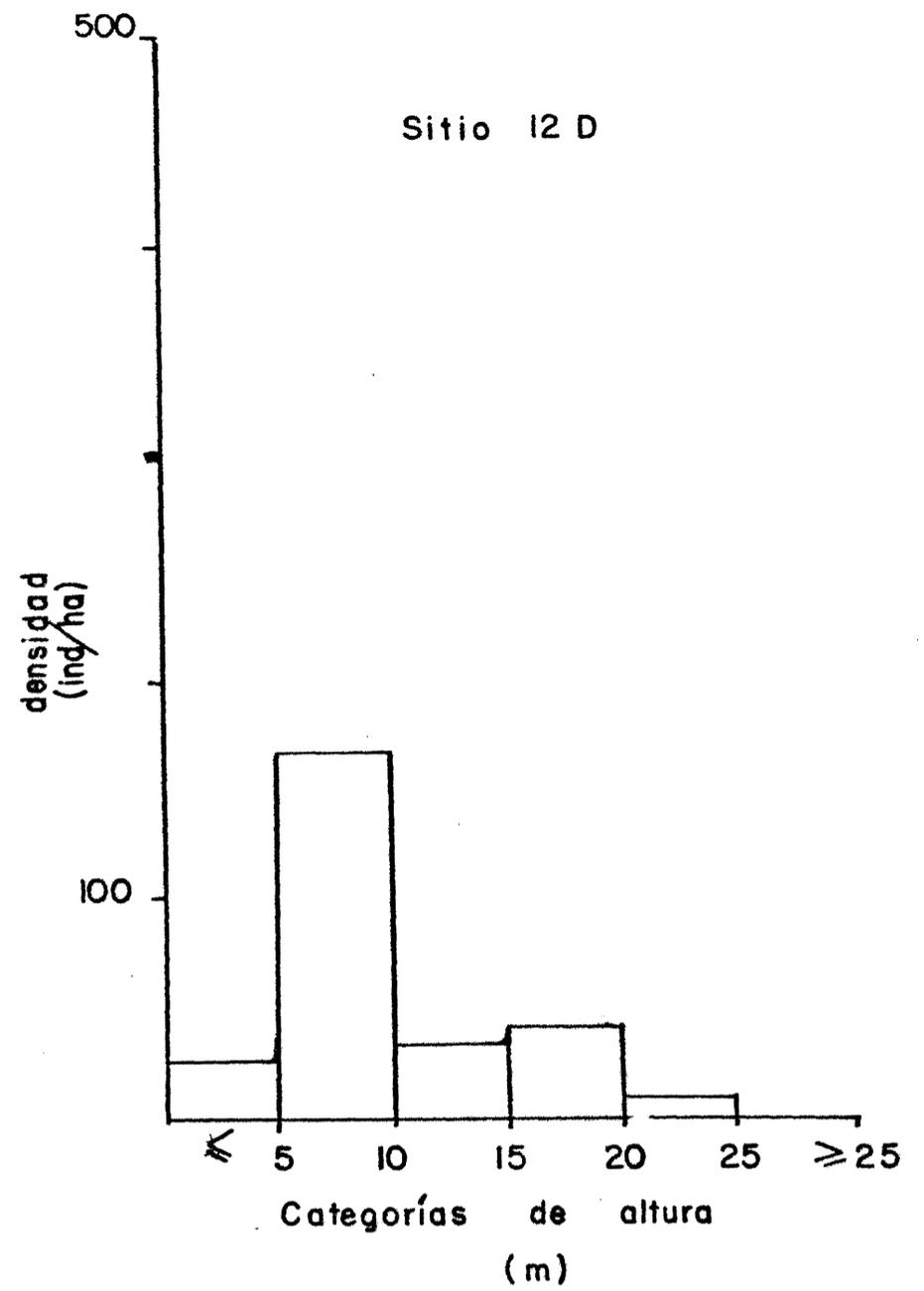
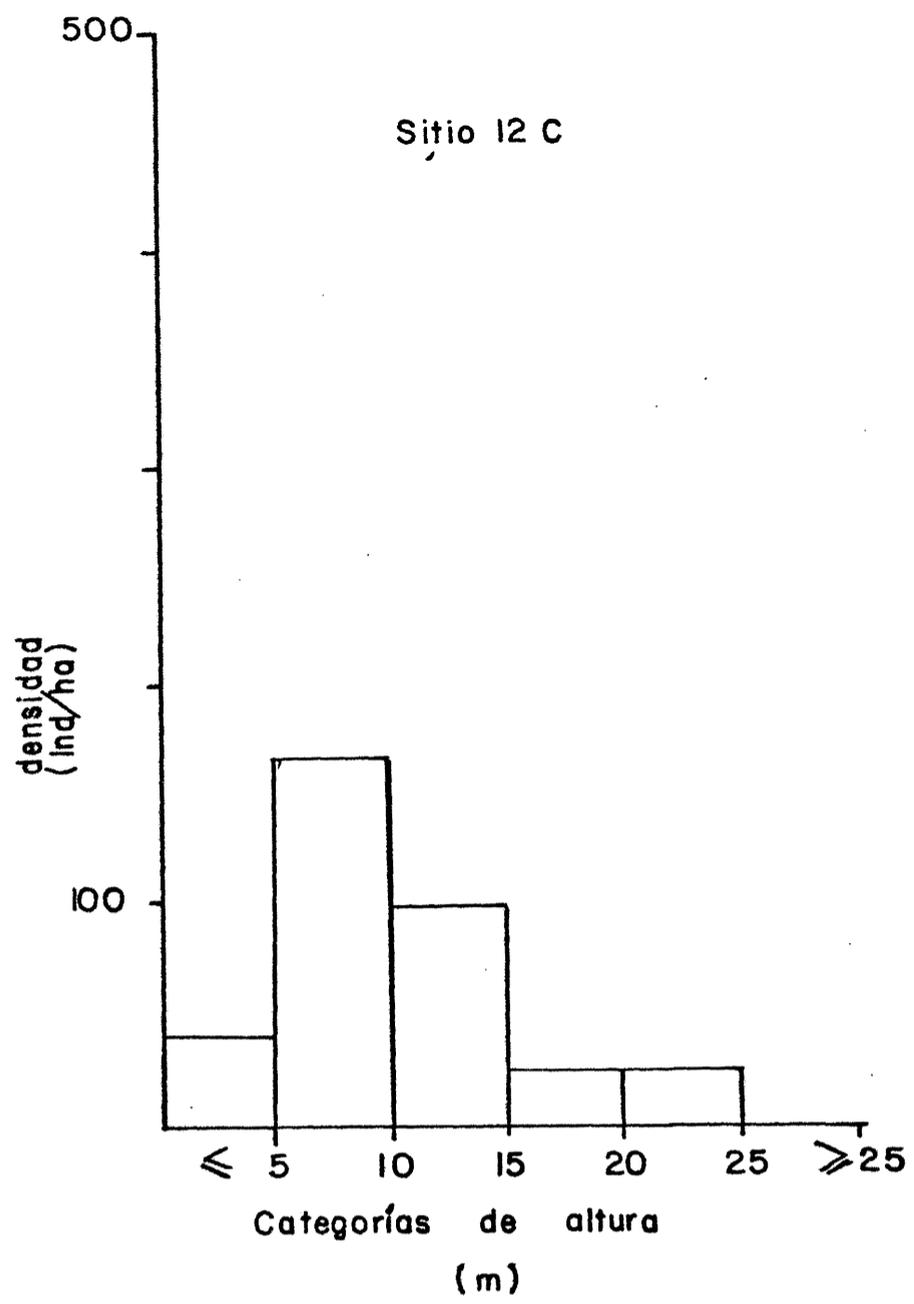


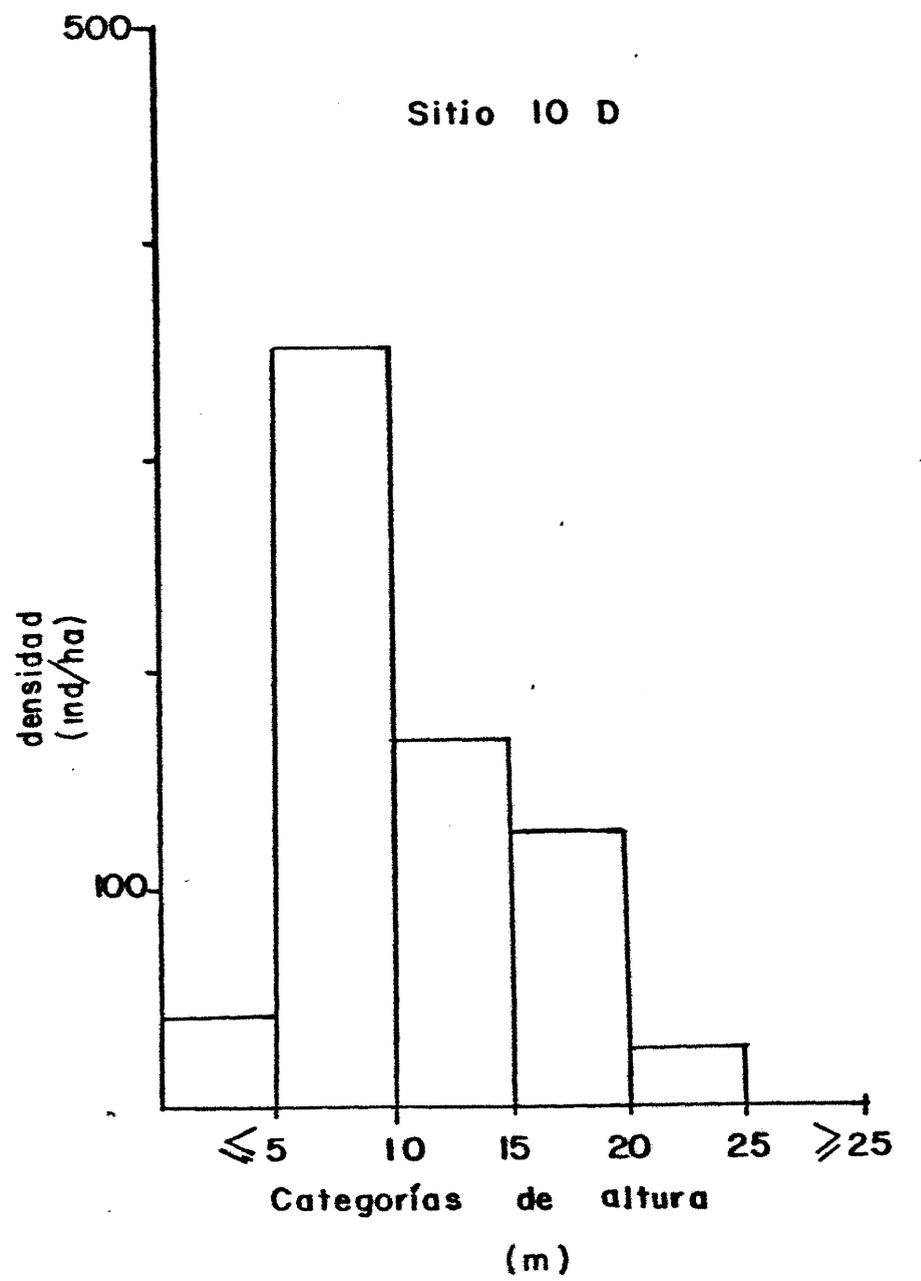
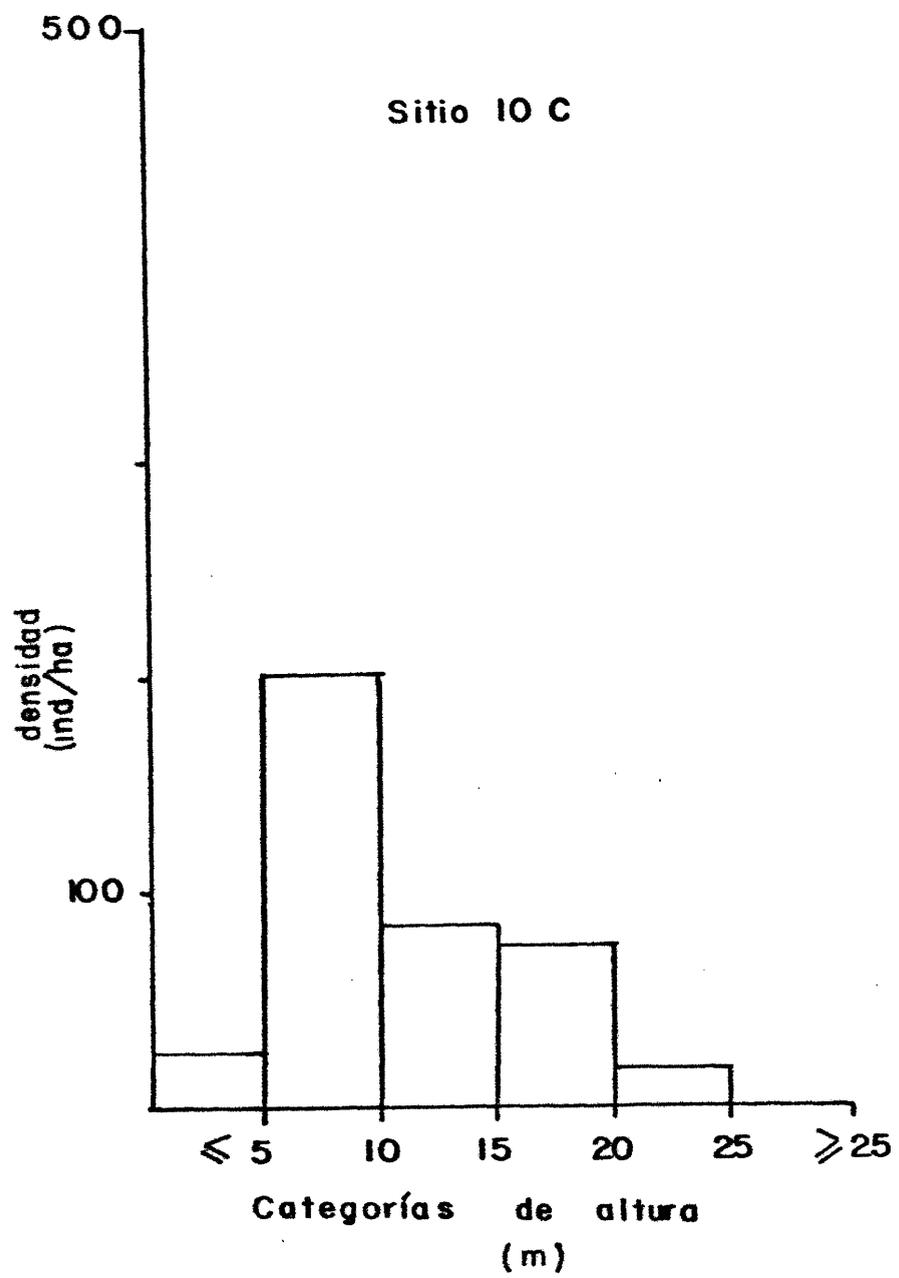
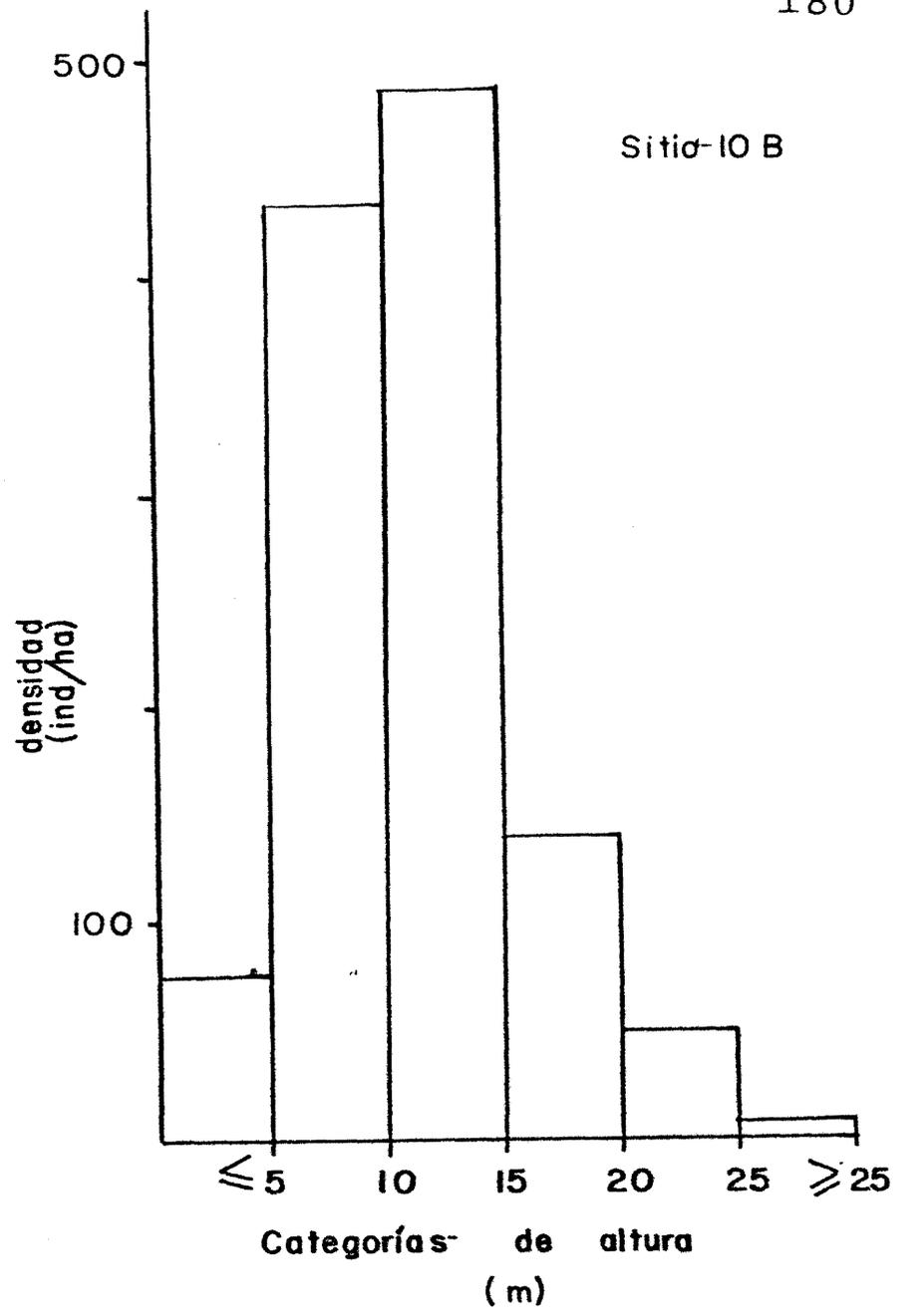
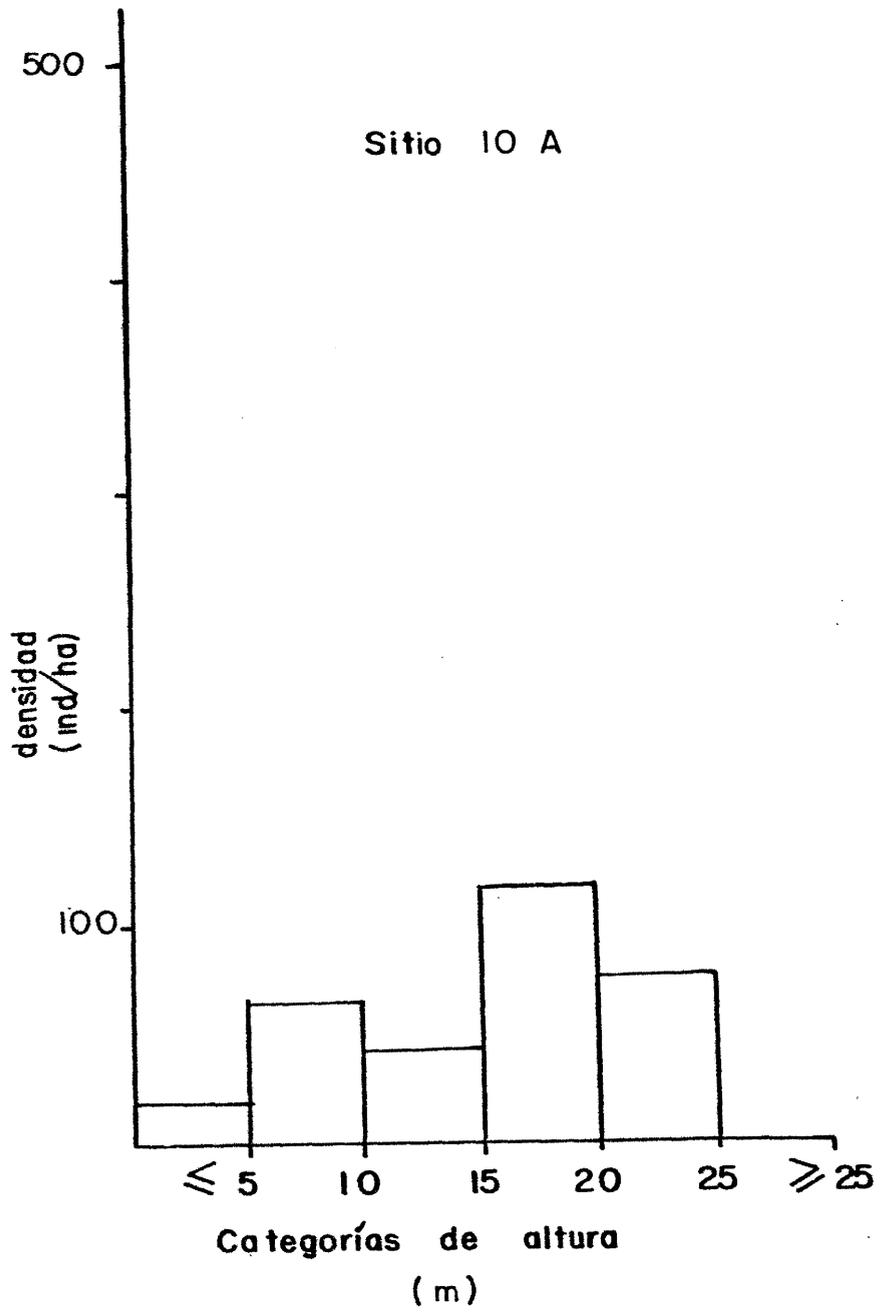


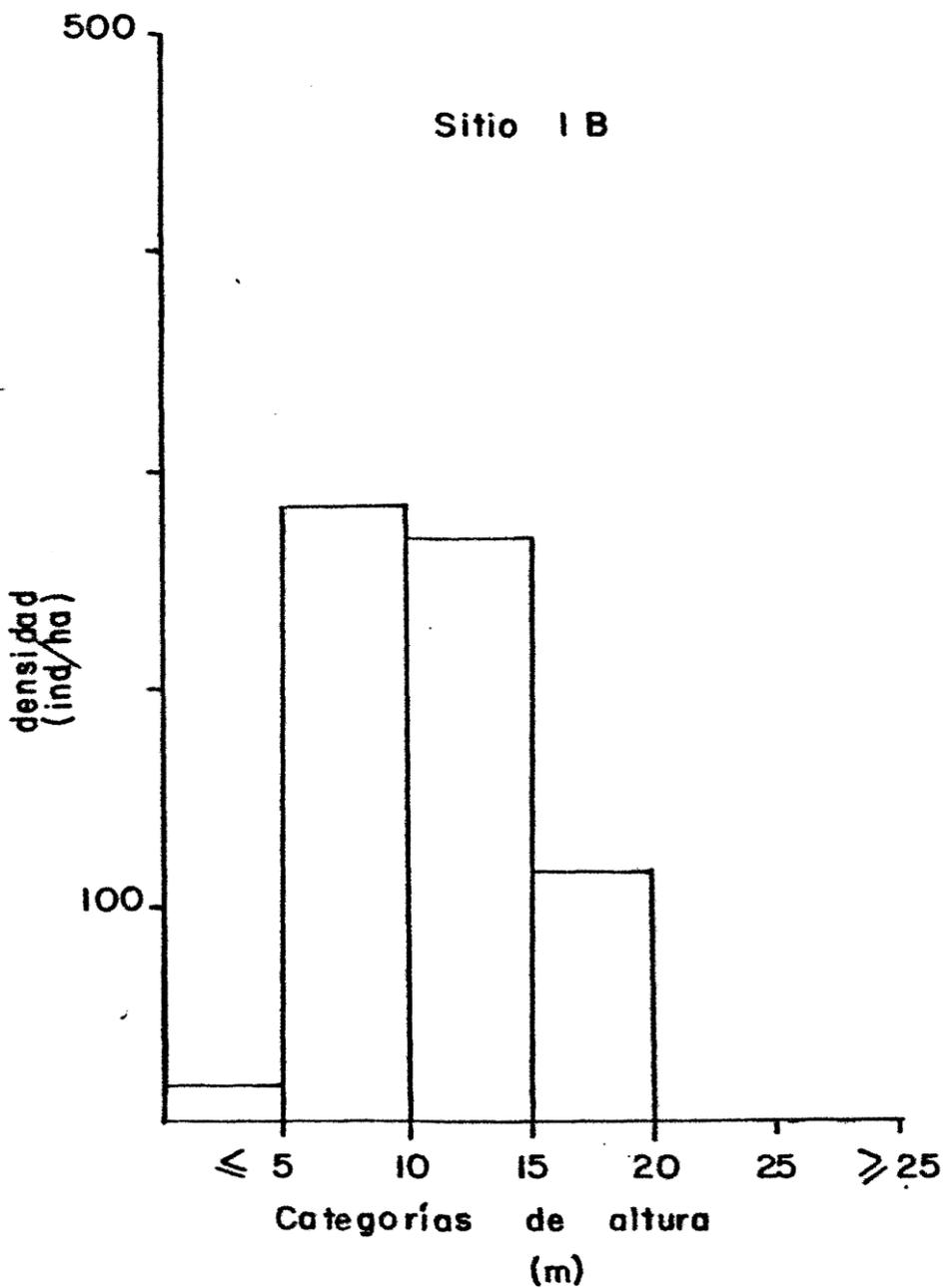
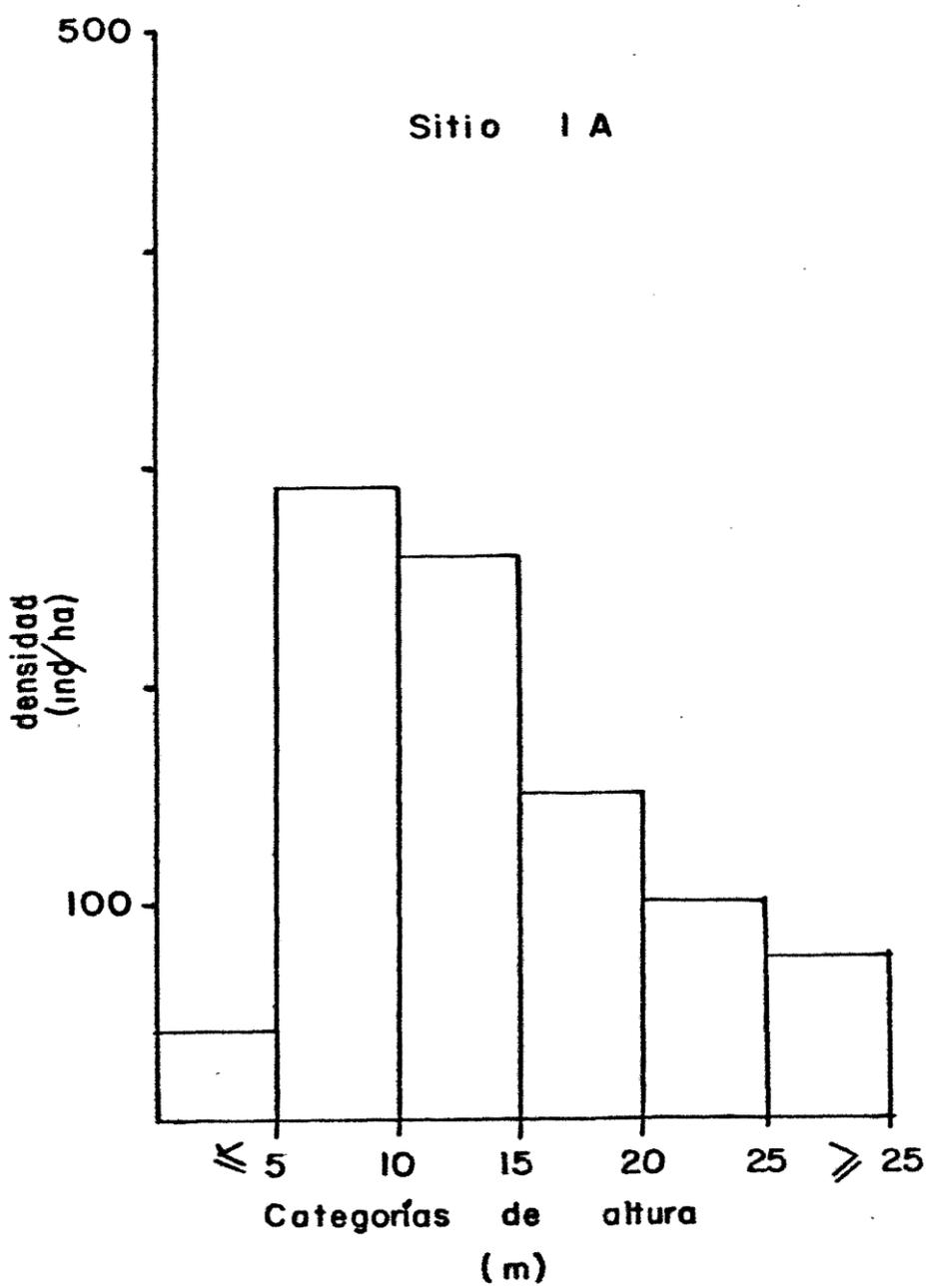
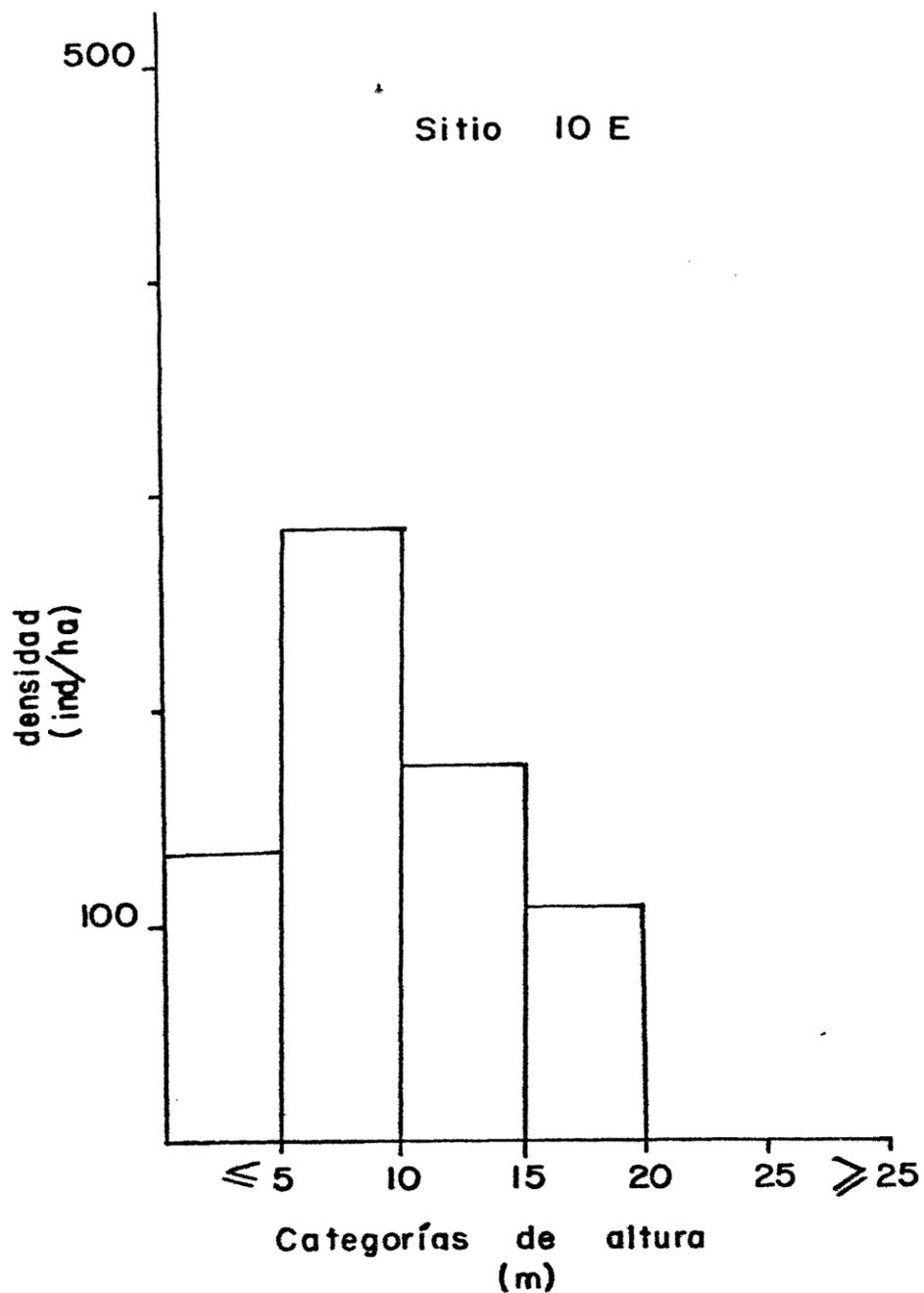


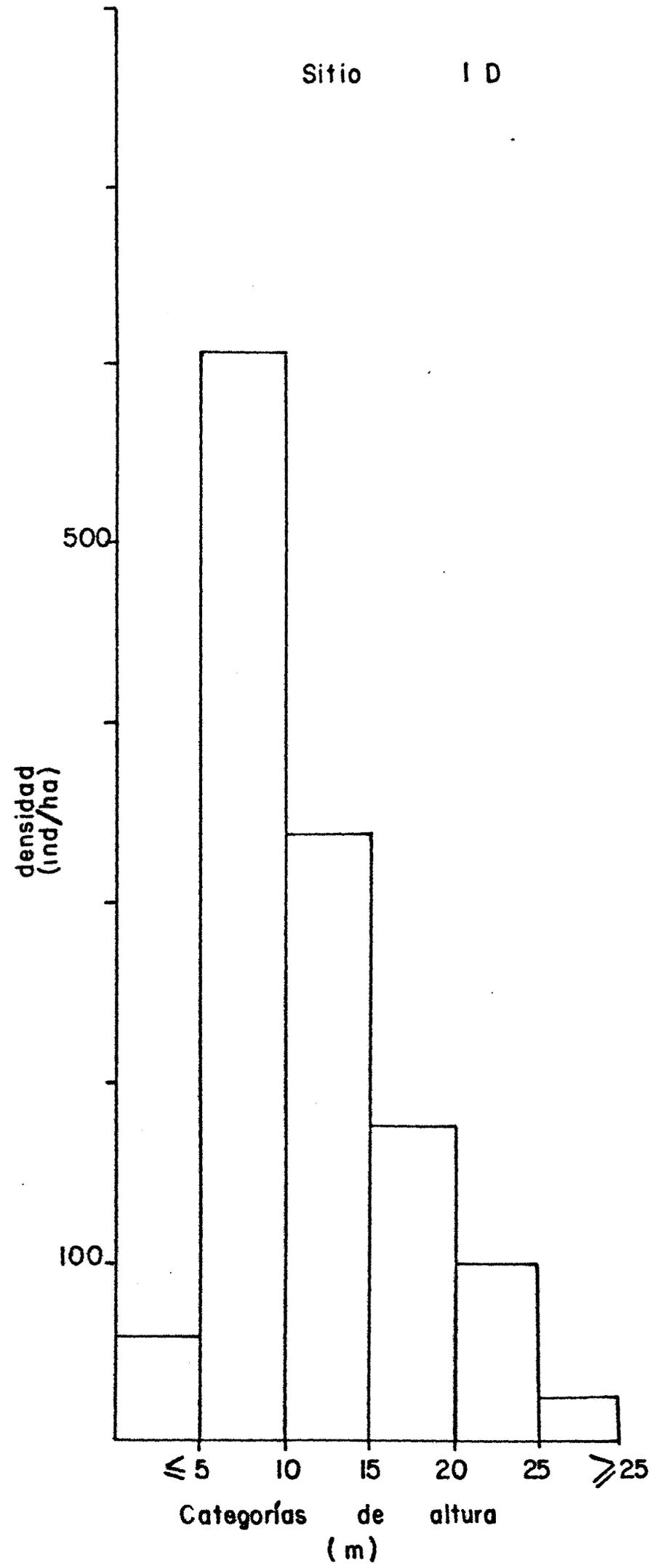
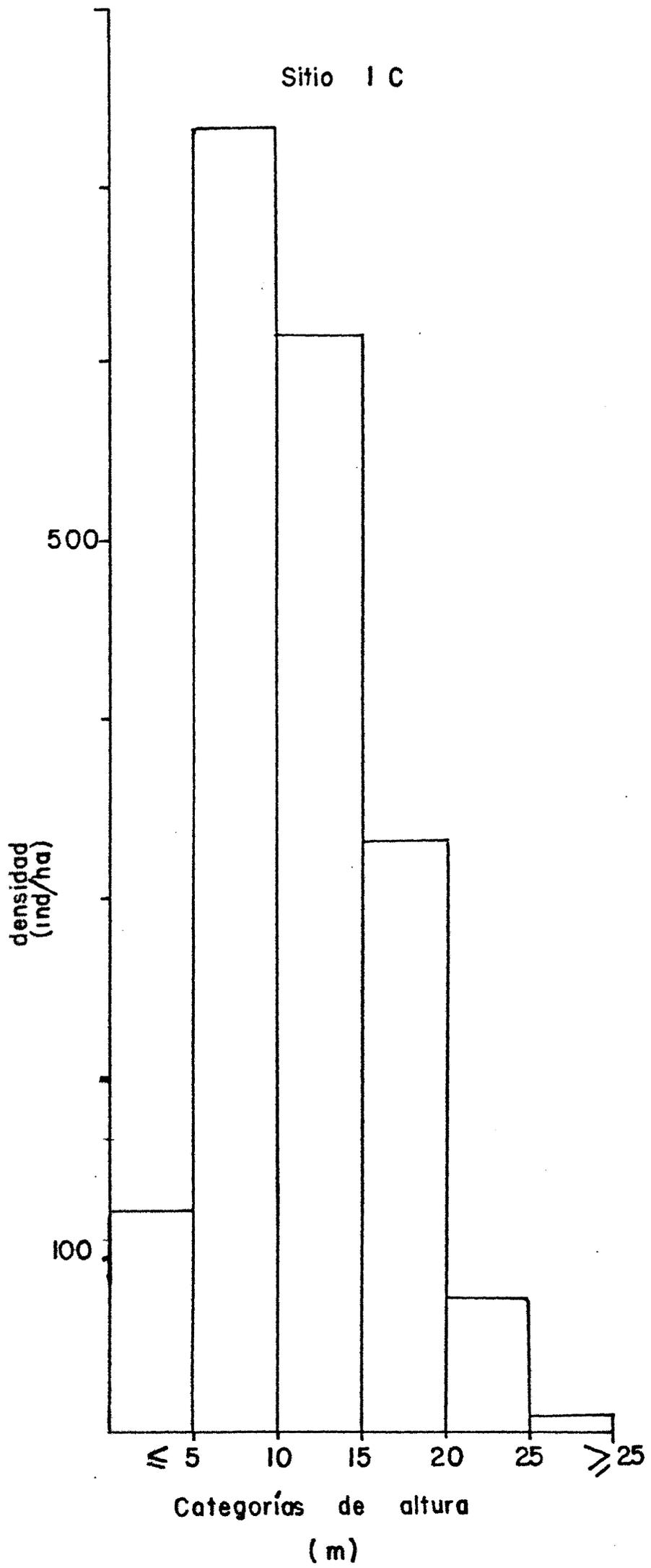


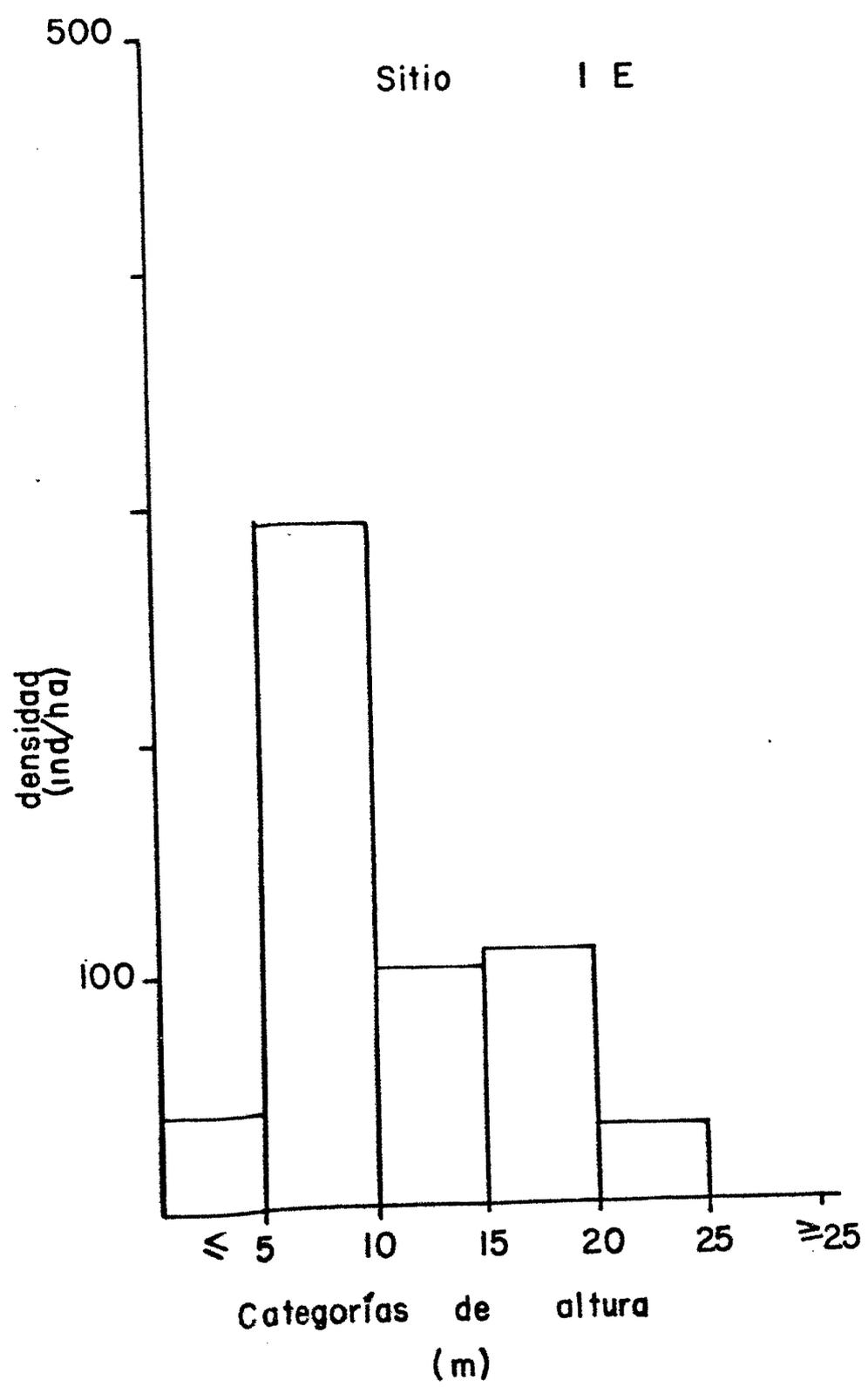












A P E N D I C E 3

Análisis de varianza

Análisis de Varianza de las regresiones edad-diámetro normal y edad-altura de las especies.

Espece *Ps fl*

relación	fuelle de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F calculada
edad-diámetro	atribuída a la regresión	1	33.643	33.643	194.528
	desviación por la regresión	113	19.543	0.173	
	Total	114	53.186		
edad-altura	atribuída a la regresión	1	12.756	12.756	104.198
	desviación por la regresión	113	13.834	0.122	
	Total	114	26.590		

Espece *Piha*

edad-diámetro	atribuída a la regresión	1	4810.222	4810.222	92.242
	desviación por la regresión	45	2346.644	52.148	
	Total	46	7156.866		
edad-altura	atribuída a la regresión	1	3.688	3.688	22.940
	desviación por la regresión	45	7.235	0.161	
	Total	46	10.923		

---

 Especie *Abve*


---

relación	fuelle de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F calculada
edad-diá- metro	atribuída a la re- gresión	1	2672.253	2672.253	59.847
	desviación por la re- gresión	23	1026.981	44.651	
	Total	24	3699.234		
edad-altu- ra	atribuída a la re- gresión	1	325.412	325.412	18.468
	desviación por la re- gresión	23	405.275	17.621	
	Total	24	730.686		

---

 Especie *Cuar*


---

edad-diá- metro	atribuída a la re- gresión	1	4435.566	4435.566	81.507
	desviación por la re- gresión	22	1197.232	54.420	
	Total	23	5632.798		
edad-altu- ra	atribuída a la re- gresión	1	516.167	516.167	86.795
	desviación por la re- gresión	22	130.833	5.947	
	Total	23	647.000		

---

 Especie *Piay*


---

relación	fuentes de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F calculada
edad-diámetro	atribuida a la regresión	1	5.464	5.464	67.658
	desviación por la regresión	14	1.131	0.081	
	Total	15	6.595		
edad-altura	atribuida a la regresión	1	262.273	262.273	32.220
	desviación por la regresión	14	113.961	8.140	
	Total	15	376.234		

Análisis de Varianza de las regresiones simples y múltiples de las comparaciones diámetro normal-altura-edad vs ICA de las especies.

---

Especie *Piha*

---

relación	fuelle de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F calculada
diámetro vs I C A	atribuida a la regresión	1	3.004	3.004	17.936
	desviación por la regresión	45	7.537	0.167	
	Total	46	10.541		

---

Especie *Cuar*

---

edad-ICA	atribuida a la regresión	1	2.525	2.525	8.507
	desviación por la regresión	22	6.531	0.297	
	Total	23	9.056		

---

Especie *Piay*

---

diámetro- I C A	atribuida a la regresión	1	1.265	1.265	8.820
	desviación por la regresión	14	2.008	0.143	
	Total	15	3.273		

---

 Especie *Ps fl*


---

relación	fuelle de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F calculada
edad-diá- metro vs I C A	regresión	2	0.488764	0.244382	25.554
	residual	112	1.07108	0.00956318	
	Total	114	1.55984		
altura-diá- metro vs I C A	regresión	2	0.213866	0.106933	8.898
	residual	112	1.34597	0.0120176	
	Total	114	1.55984		
edad-altu- ra vs I C A	regresión	2	0.410851	0.205425	20.024
	residual	112	1.14899	0.0102588	
	Total	114	1.55984		
edad-altu- ra-diámetro vs I C A	regresión	3	0.558951	0.186317	20.663
	residual	111	1.00089	0.00901702	
	Total	114	1.55984		

---

 Especie *Piha*


---

edad-diá- metro vs I C A	regresión	2	0.350902	0.175451	12.9002
	residual	44	0.598426	0.0136006	
	Total	46	0.949328		
altura-diá- metro vs I C A	regresión	2	0.147183	0.0735915	4.03671
	residual	44	0.802145	0.0182306	
	Total	46	0.949328		
edad-altu- ra-diámetro vs I C A	regresión	3	0.362382	0.120794	8.84944
	residual	43	0.586946	0.0136499	
	Total	46	0.949328		

---

 Especie *Abve*


---

relación	fuelle de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F calculada
edad-diámetro vs I C A	regresión	2	0.415998	0.207999	9.68039
	residual	22	0.472706	0.0214866	
	Total	24	0.888704		
edad-altura-diámetro vs I C A	regresión	3	0.424261	0.14142	6.39438
	residual	21	0.464443	0.0221164	
	Total	24	0.888704		

---

 Especie *Cuar*


---

edad-diámetro vs I C A	regresión	2	0.132897	0.0664486	7.86436
	residual	21	0.177436	0.00844934	
	Total	23	0.310333		
altura-diámetro vs I C A	regresión	2	0.0840863	0.0420432	3.9024
	residual	21	0.226247	0.0107737	
	Total	23	0.310333		
edad-altura-diámetro vs I C A	regresión	3	0.142025	0.0473418	5.62562
	residual	20	0.168308	0.0084154	
	Total	23	0.310333		

---

 Especie *Piay*


---

edad-diámetro vs I C A	regresión	2	0.0730583	0.0365291	7.27874
	residual	13	0.0652419	0.00501861	
	Total	15	0.1383		
edad-altura-diámetro vs I C A	regresión	3	0.0750409	0.0250136	4.74497
	residual	12	0.0632592	0.0052716	
	Total	15	0.1383		

Análisis de Varianza de las regresiones diámetro a 0.30 m-diámetro normal de las especies.

Espece	fuelle de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrados medios	F calculada
<i>Psfl</i>	atribuída a la regresión	1	25437.242	25437.242	13251.646
	desviación por la regresión	113	216.910	1.920	
	Total	114	25654.152		
<i>Piha</i>	atribuída a la regresión	1	7063.934	7063.934	3420.541
	desviación por la regresión	45	92.932	2.065	
	Total	46	7156.866		
<i>Abve</i>	atribuída a la regresión	1	9.057	9.057	1122.554
	desviación por la regresión	23	0.186	0.008	
	Total	24	9.243		
<i>Cuar</i>	atribuída a la regresión	1	5427.641	5427.641	582.031
	desviación por la regresión	22	205.158	9.325	
	Total	23	5632.799		
<i>Piay</i>	atribuída a la regresión	1	6.562	6.562	2798.781
	desviación por la regresión	14	0.033	0.002	
	Total	15	6.595		

## A P E N D I C E 4

Distribución por categorías de altura de la densidad por dosel de los renuevos de *Ps fl* y *Abve* en los conglomerados.

