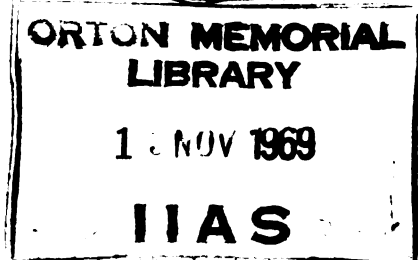


EFFECTO DE LA FERTILIZACION EN EL CRECIMIENTO INICIAL

DEL *Anthocephalus cadamba* Mig.

Tesis de Grado de *Magister Scientiae*

Salomé Valdivia Valdivia



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ciencias Forestales
Turrialba, Costa Rica
Octubre, 1969

EFFECTO DE FERTILIZACION EN EL CRECIMIENTO INICIAL DEL
ANTHOCEPHALUS CADAMBA MIQ.

Tesis

Sometida al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

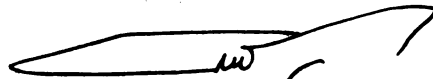
en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:


Herster Barres, Ph. D.

Consejero


Gilberto Páez, Ph. D.

Comité


Kenton Miller, Ph. D.

Comité


Hans W. Fassbender, Dr. Cienc. Agr.

Comité

Octubre, 1969

A la memoria de mi padre

A mi mamá

A mis hermanas

A mis hermanos

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades:

A los señores profesores: Dr. Herster Barres, Consejero Principal, Gilberto Páez, Ph. D., Hans Fassbender Dr. y Kenton Miller Ph.D., miembros del Comité Consejero, por su constante asesoramiento y orientación en el desarrollo de este trabajo.

Al Director General del Servicio Forestal, Caza y Tierras del Perú Ing. Eduardo Izquierdo, igualmente al Director de Recursos Forestales y Vida Silvestre Ing. Luis Cueto A. ✓

Al personal técnico y auxiliar del Departamento de Dasonomía, por sus enseñanzas y ayuda.

A la Agencia Internacional de Desarrollo y al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, por haber auspiciado sus estudios en este Instituto.

A la señorita Alba Iris Calderón por el eficiente trabajo en la dactilografía de esta tesis.

A sus compañeros de estudio, compatriotas y amigos que encontró en el IICA, y cuyo constante estímulo moral le ayudó a finalizar el presente trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Tiabaya (Arequipa), Perú.

Sus estudios universitarios los realizó en la Universidad Agraria de "La Molina", graduándose de ingeniero agrónomo en 1956.

A partir de 1957 trabajó como encargado de las prácticas agropecuarias del Ministerio de Educación (Cuzco), de 1961-1962 como jefe de prácticas del Instituto Agropecuario de Tumbes, de 1963 a 1965 Asistente Administrativo de la Misión Económica de los E.E.U.U para el Sur del Perú.

Empezó a trabajar en el Servicio Forestal en abril de 1965, desempeñando los cargos de Asistente del Programa de Reforestación y Extensión, Jefe de la Región Forestal del Cuzco, Piura, y actualmente desempeña el cargo de Sub-director de Forestal Caza y Tierras en la Zona Agraria II de Lambayeque.

Ingresó a la Escuela para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., en Turrialba, Costa Rica, como estudiante del Departamento de Ciencias Forestales en setiembre de 1967, y finalizó sus estudios de post-grado en Octubre de 1969.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades y descripción de la especie	3
2.2. Fertilización forestal	6
2.2.1. Fertilización con Latifoliadas	8
2.3. Usos	12
3. MATERIALES Y METODOS	13
3.1. Localización	13
3.1.1. Puente Cajón	13
3.1.2. Florencia Norte	15
3.1.3. El Recreo	16
3.1.4. Atirro	17
3.2. Muestreo de los suelos de cada lugar	18
3.2.1. Análisis de Laboratorio	19
3.3. Material experimental	23
3.3.1. Tratamientos	23
3.4. Diseño experimental	24
3.5. Recolección de datos	25
3.6. Análisis de la información	28
4. RESULTADOS	
4.1. Efecto de localidad	30
4.2. Efecto de tratamiento	32
4.3. Efecto de tratamiento por localidad	36
4.4. Tasa de crecimiento de los árboles en función del tiempo	41
4.5. Análisis de costos de fertilización	45
5. DISCUSION	47
6. CONCLUSIONES	54

	<u>Página</u>
7. RESUMEN	55
8. SUMMARY	57
9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	59
APENDICE	63

LISTA DE CUADROS

Cuadro no.	<u>Página</u>
1. Circunferencia media en cm para dos plantaciones en Sibuga y Sandakan	5
2. Efecto de algunas combinaciones de fertilización y deshierbo en crecimiento <u>Eucalyptus saligna</u> y <u>Pinus caribaea</u> var. hondurensis	8
3. Respuesta a fertilizantes de dos especies forestales en dos localidades diferentes	10
4. Crecimiento de nueve especies forestales en 38 localidades del valle de Tennessee fertilizado con 337,1 Kg de N o NP (área basal en m ² /árbol	11
5. Resultado del análisis químico del suelo	21
6. Resultado del análisis químico del sub-suelo	22
7. Aplicación fraccionada del fertilizante	24
8. Datos de precipitación registrados en cada localidad en 1969.	26
9. Análisis de variancia del efecto de tratamiento, medidos en altura, diámetro de tallo, copa y número de hojas	29
10. Respuesta de las variables en promedios por efecto de localidad	32
11. Respuesta de las variables en promedios por efecto de los tratamientos	33
12. Prueba de Duncan sobre el promedio de altura de plantas	36
13. Efecto de localidad x tratamiento (Prueba de Duncan)	39
14. Respuesta diferencial promedio por efecto de localidad y tratamiento	40
15. Respuesta diferencial de altura de plantas en promedios por efecto de tratamiento x localidad dentro del tiempo	42
16. Incrementos adicionales por efecto de los tratamiento	45
17. Costos en US\$ por metro de incremento de altura para los primeros seis meses de edad	46
18. Incremento adicional en %/tratamiento	63
19. Costo total en US\$ de la fertilización del experimento con fertilizante 20-20-0	63

LISTA DE FIGURAS

Figura no.	<u>Página</u>
1. Croquis con la ubicación de las 4 localidades del experimento	14
2. Variaciones de la precipitación registrados en cada localidad en 1969	27
3. Respuesta de las plantas de todos los niveles de fertilización/localidad combinados a los efectos de la localidad ...	31
3a. Altura de plantas	31
4. Diámetro de tallo.....	31
5. Diámetro de copa	31
6. Número de hojas	31
7. Respuesta en altura de árboles por efecto de las dosis de fertilizante	34
8. Respuesta en diámetro de tallo por efecto de las dosis de fertilizante	34
9. Respuesta en diámetro de copa por efecto de las dosis de fertilizante	35
10. Respuesta en número de hojas por efecto de los niveles de fertilizante	35
11. Ritmo de crecimiento de los árboles en altura por efecto de localidad	43
12. Respuesta del crecimiento en altura de plantas por efecto de niveles de fertilización	44
13. Diseño de campo en Atirro	
14. Diseño de campo en Puent Cajón	
15. Diseño de campo en Florencia Norte	
16. Diseño de campo El Recreo	

I. INTRODUCCION

El crecimiento de la población en los trópicos y los escasos incentivos de industrialización obligan a la mayoría de sus habitantes dirigir su actividad al sector agrícola como único medio de vida.

Sin embargo, los métodos de explotación empleados son deficientes y en consecuencia la productividad es baja. Para aumentar la producción tienen que aumentarse las áreas de cultivo, mediante la tala de los bosques, de los que aprovechan solamente las especies de valor comercial, lo que va en detrimento de las áreas naturales de producción de madera.

La gran variedad de especies hace difícil la industrialización racional de los bosques naturales por las características variables de anatomía, dimensiones de fibra, propiedades mecánicas y de secado, preservación y encolado, de las maderas extraídas.

Los equipos de industrialización de la madera y sus derivados están diseñados para usar materia prima uniforme, que en forma cada vez más costosa proporcionan los bosques naturales, debido a las dificultades de extracción que se presentan por las distancias cada vez mayores y principalmente por el costo de accesibilidad que resulta en muchos casos anti-económico su aprovechamiento.

Por otra parte, el aumento de la demanda en los países desarrollados, hace que el consumo de paneles de partículas, fibras, enchapados, vigas laminadas, pulpa para papel, cartones, y mueblería en general, esté aumentando con mayor rapidez que el de madera aserrada.

Por consiguiente, para proporcionar económicamente estas cantidades adicionales, se tiene que recurrir a las plantaciones forestales para obtener una materia prima de forma y tamaño uniforme y con propiedades homogé-

neas.

Hasta hace muy poco tiempo las plantaciones estaban limitadas por el crecimiento lento en cultivo de la gran mayoría de las especies nativas, que ofrecían muy pocas ventajas económicas.

Actualmente se están llevando a cabo trabajos de investigación en cultivos intensivos de árboles forestales con la aplicación de fertilizantes.

En la zona tropical húmeda de Costa Rica, los primeros resultados de una serie de experimentos con diferentes especies, especialmente latifolias de crecimiento rápido, han dado resultados alentadores (25). Sumado a esto en un estudio de Anthocephalus cadamba y Cordia alliodora (40) se obtuvieron indicaciones de mejor crecimiento con una fórmula conteniendo cantidades iguales de N y P; este último estudio se considera suficientemente bueno para permitir crecimientos adecuados.

Los objetivos del presente estudio son:

1. Determinar el efecto de la localidad sobre el crecimiento de A. cadamba.
2. Determinar el efecto de cuatro dosis de un fertilizante de fórmula N y P sobre el crecimiento de A. cadamba.
3. Obtener el costo aproximado de la operación de fertilización.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades y descripción de la especie

El género Anthocephalus, pertenece a la familia Rubiaceae; fue descrito en 1834 por Richard (22).

Dentro de este género se encuentra Anthocephalus cadamba Miq., más conocido comúnmente por el nombre vulgar Kadam. Son sinónimos de esta especie: Anthocephalus mosindaefolius, Anthocephalus chinensis Walp. y Anthocephalus indicus Rich. (2,22,32,33).

Se le encuentra en Nepal, Bengal, Assam, Ceylan, Vietnan, Burma, Indonesia, Australia, Nueva Guinea, Filipinas, Sarawak y la Península de Malaya (1,3,8,16,17,32,42,45).

Grijpma (21) indica que los lugares donde ocurre esta especie poseen una precipitación media anual que varía de 150 a 5000 y más mm; la temperatura máxima 37,7°C y la mínima 3,3°C. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta 1000 m; creciendo a lo largo de los ríos en suelos pantanosos y en áreas que periódicamente son inundables, en suelos secos o húmedos, como también en las proximidades del mar; soporta relativamente los suelos salinos, de bosque primario, secundario y de teca (17).

Es un árbol de tronco recto, cilíndrico generalmente deciduo que alcanza hasta 30 m de altura, y 1 m de diámetro (3,7,18,42).

La corteza es suave y gris en los árboles jóvenes, transformándose más oscura y con fisuras longitudinales cuando adulto, ramas horizontales y copa amplia (3,18,32,42).

Hojas simples, opuestas de 20 a 50 cm de largo, 11 a 25 cm de ancho, color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, de forma obovada a oblonga, base obtusa a redondeada, ápice agudo a acuminado, borde entero,

de 15 a 20 pares de nervaduras prominentes en las; pecíolos robustos cilíndricos de 4 a 5 cm de largo, ligeramente aplanados en la base, lanceolados o cónicos; estípulas grandes (2,3,18). Inflorescencia en cabezuela, que pende de un pedúnculo con un par de hojuelas pegadas en la base.

Flores bisexuales, amarillo blanquecinas; cáliz tubular más o menos recto; corola tubular infundibuliforme; los estambres están insertados en la garganta; estilo filiforme; estigma fusiforme, ovario con dos celdas en la parte baja y cuatro en la parte superior. Semillas diminutas de 0,65 a 0,45 mm; se estima que el número de semillas por kilogramo es de 17 a 26 millones (2,3,7,18).

González (15) en un ensayo que realizó en Turrialba, encontró que las semillas germinan más rápido y uniformemente en la sombra, suelo arenoso, con riego por ascenso capilar en 12 a 30 días; en estas condiciones obtuvo 4000 plantitas por gramo de semilla. La mejor edad para hacer el repique era a las cuatro semanas después de la siembra.

La especie es considerada como no exigente en suelo; sin embargo, se han obtenido los mejores resultados en suelos arcillosos de buena fertilidad, y con buen drenaje (18).

Es una especie de rápido crecimiento, hasta los 6 u 8 años, con 2 a 3 m por año de altura y un incremento medio anual de 1,3 a 7,6 cm por año (18,33). Fox (14) muestra los crecimientos de dos plantaciones en Malaya (Cuadro 1).

Cuadro 1. Circunferencia media en centímetros para dos plantaciones en Sibuga y Sandakan. Datos de Fox (14).

Arboles - edad	P L A N T A C I O N E S					
	1953			1961		
	8	10	11,3	4	5	6
Promedio de circunferencia para todos los árboles	43,9	52,3	56,6	40,1	49,8	59,7
Los 20 mejores	80,3	86,8	93,2	60,2	73,9	83,3
Los 15 mejores	82,8	89,9	96,7	63,2	77,9	86,4
Los 10 mejores	87,1	95,2	102,8	65,0	79,2	90,4
Los 5 mejores	96,2	105,1	113,0	68,8	86,1	95,0

Pitt (39) señala que la FAO y otros doce países hicieron en 1966 una selección de especies para cubrir demandas futuras; escogieron 140, dentro de las que estaban creciendo en plantaciones, y de las de nivel de en sayo; las clasificaron en prometedoras, probables y posibles, y consideraron al A. cadamba dentro de este último grupo.

El hecho de ser una especie de rápido crecimiento constituye un buen estímulo para realizar inversiones en el establecimiento de plantaciones en los trópicos que hasta hace muy poco se veían limitados por el costo al to de limpieza de las malezas, especialmente en su primera edad (2,19).

Lugo (28) encontró que la velocidad de metabolismo del A. cadamba ex presada en fotosíntesis neta era de 0,2 gramos de carbono por metro cuadrado de área foliar y por hora, y 0,02 gramos de carbono/m²/hora para Sloanea berteriana. Bajo altas intensidades de luz el A. cadamba mantenía una alta cantidad de fotosíntesis. Creciendo en áreas abiertas donde la intensi

dad de luz era grande, las plantitas crecieron más rápido posiblemente debido a su alto grado de fotosíntesis. Sloanea berteriana creció a la sombra del dosel y su crecimiento fue bajo; se supone que se deba al bajo nivel fotosintético.

Stephens (44) en Turrialba estudió la asimilación clorofiliana de las hojas de A. cadamba en el laboratorio. Observó que el máximo de fijación del CO₂ era 9,5 mg/dm²/hora, el cual resulta de 30 a 80 % mayor comparado con tres especies de la zona; además encontró que las hojas contenían en su cara superior una densidad de 41 estomas por mm², con un diámetro de 11 micras; en la cara inferior la densidad era 525 por mm² y el diámetro 18 micras; mientras que en 12 especies nativas, ellas contenían entre 50 y 500 estomas por mm².

La madera de Anthocephalus cadamba posee un peso específico de 0,39, color blanco amarillento, de grano recto, radios finos, pocos poros (3, 22).

Abdurachin (1) estudió la durabilidad natural, secamiento y preservación de la madera; con Polybor, ácido bórico, logró controlar la mancha azul de la madera.

2.2. Fertilización forestal

Metro (35) indica que el crecimiento de los árboles forestales, como el de las plantas de período vegetativo corto, dependen generalmente de los elementos nutritivos que disponen. Maki (31) considera la temperatura, humedad y la fertilidad, tres factores esenciales del ambiente y del hábitat que determinan el crecimiento de los árboles en los bosques. Los regímenes de temperatura y humedad de un ambiente forestal tienen que aceptarse en gran parte en el grado y cantidad en que los proporciona la natu

raleza. En cambio, los niveles de los nutrientes pueden modificarse, y llevarse muy cerca del nivel óptimo añadiendo a la tierra productos químicos de tipo apropiado y en cantidad suficiente (31).

Evidentemente, en muchas plantaciones los árboles no disponen de una cantidad suficiente de uno o más de los elementos minerales esenciales, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) o micronutrientes (B, Cu, Zn, Fe, Mn, Mb, Cl), y es sólo mediante la aplicación de fertilizante que se puede corregir tal anomalía (35).

El ritmo de crecimiento que se deriva de la fertilización consiste no sólo en el aumento del volumen total de madera producida, sino también en que se reduce el costo de extracción, porque se puede obtener un volumen mayor de madera en una superficie dada.

Richards y Berige, citados por Metro (35), señalan que la relación costo/beneficio de la fertilización de una plantación de Pinus taeda en Queensland, fue 1,33/ha, mientras que en otra plantación sin fertilizar esta relación fue 1,03, atribuyéndose esta diferencia al efecto de la fertilización.

La fertilización de los árboles podría tener un papel importante en los trópicos, donde la vegetación crece rápidamente, reduciendo costosas operaciones de deshierbo, lo que dependería de investigaciones para probarlo definitivamente.

Debido a las grandes diferencias de latitud, longitud, suelos, clima, vegetación y crecimiento de las especies, sería inapropiado aplicar directamente los resultados de la fertilización de las zonas templadas a las zonas tropicales. Además, cabe señalar también que la gran mayoría de trabajos realizados hasta ahora tendieron hacia la investigación con confi-

feras, siendo muy escasos con latifoliadas.

2.2.1. Fertilización con latifoliadas

Brasil Sobrinho (4) encontró una respuesta significativa a la fertilización de plantas de Eucalyptus saligna Smith en suelos de sabana, para lo cual empleó distintos modos de localización del abono: fertilización en el fondo del hueco antes de hacer la plantación, sobre la superficie del suelo en una línea de 30 cm de la planta, a los 60 días después de la plantación. Los resultados, a los 120 días de plantación, mostraron que el menos eficaz fue el abonado en la superficie 60 días después de la plantación; los demás métodos no mostraron grandes diferencias.

Loaiza (25) en Turrialba, estudió el efecto de un abonamiento de fórmula (14-14-14), Pinus caribaea y Eucalyptus saligna, combinado con tres métodos de limpieza de malas hierbas: machete y dos herbicidas; los resultados se encuentran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Efecto de algunas combinaciones de fertilización y deshierbo en el crecimiento de Pinus y Eucalyptus. Datos de Loaiza (25)

TRATAMIENTOS	Incrementos relativos respecto al testigo	
	Altura cm	Diámetro mm
Limpieza machete + fertilizantes	68	84
Aminotriazole + fertilizante	115	185
Gramoxone + fertilizante	100	177
Gramoxone sin fertilizante	61	123
Aminotriazole sin fertilizante	44	101

Guimaraes y otros (19) realizaron en Brasil trabajos de fertilización sobre plantas de Eucalyptus saligna Sm. en vivero, a base de estiércol, N, P, K y sus combinaciones. El análisis de los datos mostró una mayor influencia sobre el crecimiento de los plantones, el estiércol combinado con N y P; en cuanto al K no dió respuesta destacada. Recomienda en la confección de macetas la adición de 0,236 gr de N y 0,625 gr de P_2O_5 por maceta; el K se puede aplicar más tarde para darle consistencia a los tejidos de las plantas.

La aplicación de fertilizantes en el momento de efectuar las plantaciones de Eucalyptus grandis y Eucalyptus saligna aceleró el ciclo de corte de madera para minas en 14 a 16 meses (11).

Mc Alpine (30) hizo aplicaciones de diamonio fosfato sobre plantaciones de Liriodendrum tulipifera en dosis de 280,9; 561,8; 842,7 y 1.123,6 Kgr/ha, el análisis de los datos dió una respuesta significativa a todos los tratamientos; los que recibieron 842,7 y 1.123,6 Kgr/ha tuvieron una mejor respuesta sin llegar a ser significativa.

Raigosa (40) estudió en Turrialba el efecto de la fertilización con 18 tratamientos de N, P, K, sus combinaciones y dos niveles de N y P, en el crecimiento inicial de plantaciones de Anthocephalus cadamba y Cordia alliodora, en dos sitios: un suelo de bosque y el otro en suelo agotado por el exceso de cultivo. Los tratamientos fueron cero, 0,862 y 1,724 Kg de elemento por planta en el fondo del hueco; luego la misma dosis cada dos meses.

Los resultados, después de 6 meses, se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 3. Respuesta a fertilizantes de dos especies forestales en dos sitios diferentes. Datos de Raigosa (40)

Sitios	Especies: <u>Anthocephalus cadamba</u>			<u>Cordia alliodora</u>		
	El mejor tratam.	Signif.	% incr.	El mejor tratam.	Signif.	% incr.
<u>1. Altura</u>						
Florencia N.	$N_3P_3K_0$	T	23	$N_0P_3K_0$	5%	74
Puente Cajón	$N_3P_3K_0$	5%	71	$N_0P_6K_3$	5%	45
<u>2. Diámetro</u>						
Florencia N.	$N_3P_3K_0$	T	22	$N_0P_3K_0$	T	27
Puente Cajón	$N_3P_3K_0$	5%	64	$N_3P_6K_3$	5%	65

El diámetro de copa en Florencia Norte en A. cadamba a los 6 meses, sobrepasó el 100% de cobertura de dosel (2 m) en 7 de los 18 tratamientos, en cambio en Cordia alliodora el diámetro se encontraba entre 25 y 67 cm, o sea que cubría el 12,5% y 33,5% del área.

En Puente Cajón el diámetro de copa en A. cadamba variaba de 88 a 163 cm, o sea 44% a 81,5%; en C. alliodora el diámetro fluctuaba de 19 a 54 cm, cubriendo un área de 9,5% a 27%.

El número de ramas en A. cadamba en Florencia Norte y Puente Cajón fue más numerosa para el tratamiento $N_3P_3K_0$; en cambio para la especie C. alliodora respondió mejor con $N_3P_3K_0$ en Florencia Norte y con $N_3P_1K_3$ en Puente Cajón.

Jones (23) realizó ensayos de fertilización con especies de latifoliadas, aplicando los siguientes tratamientos: testigo, 337,1 Kgr/ha de N, más 73Kgr/ha de P, repetido en 5 localidades del Valle del Tennessee; algunos

de estos resultados se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 4. Crecimiento de nueve especies forestales en 38 sitios del valle del Tennessee, fertilizado con 337,1 Kgr/ha de N o NP (área basal en metros cuadrados por árbol) Datos de Jones (23)

Especies	Testigo							
	No. ár- boles	Crec. área basal	No. ár- boles	Crec. área basal	% in- cremen to	No.ár- boles	Crec. área basal	% in- cremen to
<u>Quercus rubra</u> <u>F. fagaceae</u>	118	0,0019	85	0,0052	163	73	0,0039	100
<u>Quercus alba</u>	310	0,0056	260	0,0077	36	321	0,0064	13
<u>Quercus prinus</u>	78	0,0021	76	0,0055	61	53	0,0057	70
<u>Quercus falcata</u>	45	0,0049	68	0,0061	25	55	0,0099	102
<u>Liriodendron</u> <u>tulifera</u> <u>F. magnoliaceae</u>	139	0,0056	173	0,0083	48	136	0,0095	69
<u>Prunus serotina</u> <u>F. rosaceae</u>	8	0,0019	6	0,0029	52	2	0,0033	71
<u>Género Carya</u> <u>F. juglandaceae</u>	149	0,0016	174	0,0060	261	215	0,0045	172
<u>Magnolia acumina- ta</u> <u>F. magnoliaceae</u>	13	0,0014	30	0,0028	107	20	0,0042	207
Familia Cornus	86	0,0010	107	0,0014	36	70	0,0027	173

2.3. Usos

Guha (18) indica que la especie da buenos rendimientos de pulpa, de fácil blanqueamiento por el proceso sulfato, propiedades satisfactorias de resistencia; recomienda usarla en mezcla (36,37,46); longitud de fibra 1,21 mm y un diámetro de 0,028 mm .

Se le usa para madera machimbrado, playwood, construcción de cajas, en industria de lápices, madera terciada, palillos de fósforos, bobinas (3,8,9,24,41).

Es ornamental por la sombra que produce; las hojas y los frutos son aceptados por el ganado en la dieta (33,34).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

El presente trabajo se llevó a cabo dentro del área que ocupa el Cantón de Turrialba, Costa Rica. Toda esta zona se encuentra dentro de la formación "bosque pre-montano muy húmedo", según la clasificación ecológica de Holdridge (21).

Para el presente estudio se escogieron cuatro sitios, teniendo en cuenta las zonas probables para futuras plantaciones. Dos de los sitios están en terrenos propiedad del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, y los otros dos, dentro de un radio de 12 Km del referido Instituto, en terrenos de dos finqueros locales.

Los sitios ubicados en la Figura 1 están localizados con aproximación de 10" de la hoja 3445 I S.W. del Instituto Geográfico de Costa Rica, y tienen las siguientes características:

3.1.1. Puente

Se encuentra a 590 m.s.n.m., latitud 9°52'55"N, longitud 83°39'00" ; es plano, mal drenado; pendiente 4%.

El sitio fue inicialmente un bosque secundario; talado y cultivado de caña de azúcar durante 17 años, hasta que los rendimientos fueron deficientes y lo abandonaron dos años antes del actual experimento.

La vegetación dominante la forman las siguientes especies arbustivas y gramíneas y sus familias: Mimosa (Mimosaceae), Crotalaria sagittalis (Papilionaceae), Ipomea sp. (Convolvulaceae), Solanum sp. (Solanaceae), Saccharum officinarum (Graminae).

Según Hardy (20), estos suelos corresponden a la serie La Margot, fran

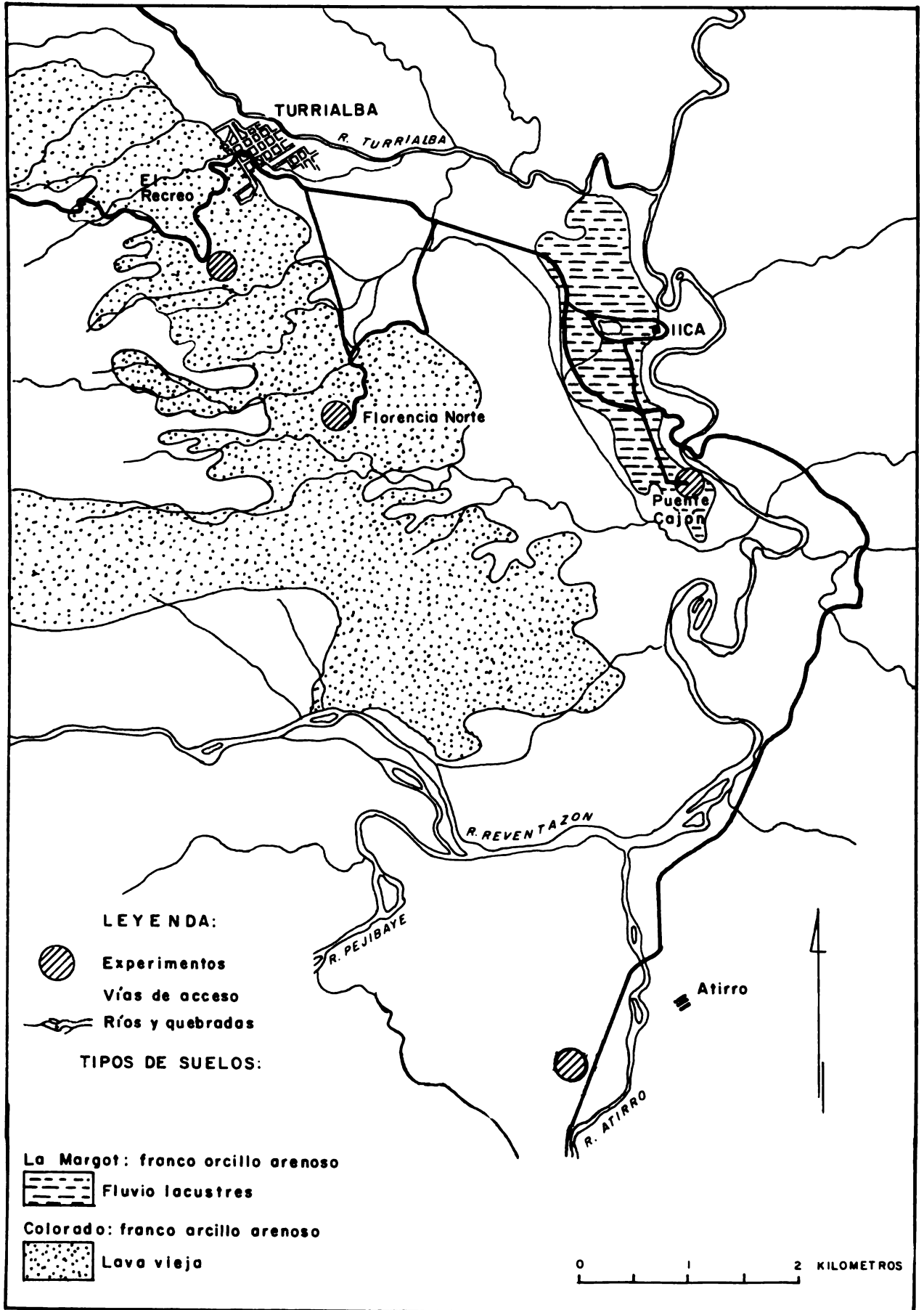


FIG. I.- CROQUIS CON LA UBICACION DE LAS 4 LOCALIDADES DEL EXPERIMENTO.

co arcilloso arenoso, fase coluvial (15), imperfectamente drenados, con una pendiente de 4%. La descripción del perfil se hizo con la colaboración del Dr. Knox*, siguiendo las normas del manual de levantamiento de suelos del U.S.D.A., se observan las siguientes características:

Horizonte A_1 : 0, m-0,22m - presenta una textura franco arcillosa, estructura en bloques sub-angulares fina, débil, de consistencia friable, plástico adherente, contiene abundantes raíces; el color en húmedo es pardo gris oscuro (10YR 6/2), límite abrupto y plano.

Horizonte A_2 : 0,22-0,40m - posee textura arcillosa con estructura en bloques sub-angulares fina; consistencia débil a firme muy plástico y adherente, presencia de frecuentes raíces, el color en húmedo es gris parduzco claro (10YR 6/2); límite gradual y plano.

Horizonte B_2 : 0,40-0,65m - textura arcillosa con estructura laminar mediana; consistencia débil, a muy firme, ligeramente frágil a mayor profundidad, color gris con muchos moteados medianos bien destacados (7,5YR 4/4), en húmedo es pardo.

3.1.2. Florencia Norte

Tiene una altura sobre el nivel del mar de 670 m, latitud 9°33'5"N, longitud 83°40'40", la temperatura es aproximadamente igual al anterior.

El sitio procede de un bosque secundario que fue talado para realizar la plantación; predominan los géneros y familias Ipomea sp. (Convolvulaceae), Heliconia sp. (Musaceae), Boccoma frutensis (Papaveraceae), Guasuma

* Profesor de Clasificación de Suelos, IICA, Turrialba.

ulmifolia (Sterculiaceae), Piper sp. (Piperaceae), Acalifa sp. y Vismia sp. (Euphorbiaceae).

El suelo corresponde a la serie Colorado, franco arcilloso, lava vieja (20); bien drenado, con una pendiente de 10 a 15%, el origen probable basalto o andesita.

Las características observadas del perfil del suelo son las siguientes:

Horizonte A_1 : 0,00-0,25 m - presenta una textura arcillosa, estructura en bloques sub-angulares muy fina, y granular moderada a muy fina, consistencia friable; plástico muy adherente en húmedo; color pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo.

Horizonte A_2 : 0,25-0,55 m - tiene estructura granular muy fina, textura arcillosa, consistencia friable, fuerte y muy plástica y adherente; color pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo, límite gradual.

Horizonte B_2 : 0,55-0,75 m - textura arcillosa con estructura en bloques sub-angulares fina y muy fina, granular moderada a muy fina, consistencia friable muy plástico y muy adhesivo, color pardo (7,5YR 3/3) en húmedo.

3.1.3. El Recreo

Está situada a 790 m.s.n.m., latitud 9°53'50"N, longitud 83°41'20" ; bien drenado, topografía desigual; se dividió en tres estratos: el de la parte alta de 10% de pendiente, que parece ser un resto de una superficie mucho más amplia; el estrato intermedio de ladera lisa con pendiente de 25 a 35%; parece superficie de incisión, y finalmente el estrato bajo, irregular de 5 a 10% de pendiente que se forma del depósito del derrumbe de los

estratos anteriores.

Fue un terreno de cultivo por mucho tiempo, y luego se usó para pastos, fase en la que lleva varios años como potrero, razón ésta para considerarlo en agotamiento.

El suelo corresponde a la serie Colorado arcilloso arenoso, de lava vieja (20). La descripción del perfil del suelo es como sigue:

Horizonte A_1 : 0,00-0,35 m - posee una textura arcillo limosa, estructura en bloques sub-angulares de media a muy fina, consistencia friable, plástico muy adherente; presencia de raíces; límite claro y ondulado color pardo oscuro (7,5YR 3/4) en húmedo.

Horizonte A_2 : 0,35-0,65 m - presenta una textura arcillo limosa y estructura en bloques sub-angulares, granular muy fina a moderada, color pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo.

Horizonte B_2 : 0,65-0,92 m - textura arcillosa, estructura en bloques sub-angulares de muy fina a moderada; consistencia friable, plástica y muy adherente con muy pocas raíces; color pardo (7,5YR 4/4) en húmedo.

3.1.4. Atirro

Se encuentra a 660 m.s.n.m., latitud 9°49'55"N; longitud 83°39'30". La localidad procede de un bosque secundario; la vegetación dominante la forman las siguientes especies: Melinis minutiflora (Graminae), Spondias mombin (Anacardiaceae), Heliconia sp. (Musaceae), Cordia alliodora (Borraginosae), Miconia sp. (Melastomataceae), Ocotea sp. (Lauraceae), Piper sp. (Piperaceae).

El suelo es bien drenado en la mayor parte y moderadamente bien drenado la otra parte; la pendiente va desde 10-30% en la mayor parte. El ori-

gen es de rocas sedimentarias.

Las características del perfil del suelo son las siguientes:

Horizonte A_1 : 0,00-0,22 m - posee una textura arcillo limosa, la estructura en bloques sub-angulares de muy fina a moderada; consistencia friable en húmedo, muy adherente y plástico; color pardo rojizo oscuro (5YR 3/4) en húmedo.

Horizonte A_2 : 0,22-0,40 m - tiene textura arcillo limosa; estructura en bloques sub-angulares de gruesa a muy fina; consistencia de débil a firme muy plástico, adherente y friable; color pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo.

Horizonte B_1 : 0,40-1,00 m - presenta una textura arcillosa; estructura en bloques sub-angulares de fina a moderada; consistencia débil a firme, muy plástico y adherente; color rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo.

Horizonte B_2 : 1,00-1,60 m - textura arcillosa; estructura en bloques sub-angulares firmes; consistencia muy plástico y adherente, contiene 10% de fragmentos de rocas sedimentarias.

3.2. Muestreo de los suelos de cada lugar

La toma de muestra de suelo y subsuelo se basó en el procedimiento de dividir el campo en estratos, teniendo como base la topografía del terreno, el aspecto de la vegetación y principalmente de las plantas, materia de los tratamientos. Se dividieron en dos estratos los lugares de Puente Cajón, Atirro y Florencia Norte. De cada estrato se tomó una muestra de suelo hasta 0,25 m, compuesta de doce submuestras, las cuales se mezclaron en un depósito de plástico a fin de conseguir homogenizar lo mejor posible las submuestras; el mismo procedimiento se siguió para la obtención de la

muestra compuesta del subsuelo.

El Recreo, que fue el lugar más heterogéneo, se dividió en tres estratos, de cada uno de los cuales se tomaron 8 submuestras, tanto para suelo como para subsuelo.

3.2.1. Análisis de laboratorio

Determinación del pH

Se determinó en agua (1:1) y en Ca Cl_2 0,01 (1:2,5) de acuerdo a las técnicas descritas por Greweling y Peech, utilizando un potenciómetro Bechman Zeromatic con electrodo de vidrio.

Materia Orgánica (M.O.)

Se hizo por el método de Walkley-Black, modificado por Saiz del Río y Boernemisza, para éste objeto se trabajó con dicromato de potasio y ácido sulfúrico y se valoró con sulfato de amonio y hierro.

Nitrógeno total

Se hizo el método semi-micro Kjeldhal modificado por R. Díaz Romeu, a un gramo de suelo se agregó 1,8 gr. de la mezcla catalizadora (100 gr. de K_2SO_4 , 10 gr de Cu SO_4 y 1 ml de ácido sulfúrico concentrado, se deja en reposo durante 24 horas, luego se pone en digestión por 2 horas, se deja enfriar, se agrega 30 ml de agua destilada y 12 a 15 ml de Na OH 1:1, se destila durante 10 minutos recogiendo el destilado en 20 ml de H_3BO_3 al 2% y finalmente se titula con H_2SO_4 0,02 N.

Fósforo asimilable

Por el método Bray y Kurtz modificado, extrayendo con ácido clorhídrico 0,025N y fluoruro de amonio 0,03 N, se determinó el fósforo por el método del azul cloromolibdico (32).

Cationes cambiables

Método modificado del original de Bower et al. Se colocaron en un tubo de centrifuga de 50 ml de capacidad cinco gramos de suelo, se le agre-garon 33 ml de acetato de amonio pH y se dejó reposar durante la noche. Se agitó por 10 minutos se centrifugó por cinco minutos y se hizo decantar el supernadante en un volumétrico de 100 ml.

Se repitió la operación dos veces variando el tiempo de agitación a cinco minutos y agregando cada vez 33 ml de acetato de amonio. Se llevó a volumen de 100 ml, denominándose esta solución "Solución A", que es en la que se determinan las bases cambiables (K, Ca, Mg), por espec-trofotometría de absorción atómica, en un espectrofotómetro "Perkin El-mer" modelo 303 (32).

Los resultados de los análisis de las muestras se presentan en los cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Resultado del análisis químico del suelo

Localidades	Sub- parcelas	1:1 H ₂ O	2:1 Cl ₂ Ca	% M.O.	% N	C/N	ppm P	M.e.q./100 gr suelo		
								K	Ca	Mg
Florencia Norte	1	4,4	4,2	9,3	0,35	15,4	2,00	0,461	1,230	0,238
	2	4,6	4,3	10,0	0,37	15,3	3,50	0,478	1,400	0,247
El Recreo	1	4,7	4,2	9,0	0,27	18,8	0,50	0,233	0,490	0,091
	2	4,9	4,3	10,0	0,30	19,1	0,50	0,344	0,313	0,063
	3	4,7	4,3	10,0	0,32	17,9	0,30	0,577	0,755	0,271
Puente Cajón	1	5,5	5,0	8,0	0,26	17,8	0,85	0,536	7,150	0,986
	2	5,4	4,8	8,0	0,23	19,5	1,50	0,379	6,570	1,151
Atirro	1	4,9	4,2	8,5	0,30	16,3	0,30	0,560	2,010	0,411
	2	4,9	4,4	9,0	0,31	16,8	1,00	0,630	5,390	1,521

Cuadro 6. Resultado del análisis químico del sub-suelo

Localidades	Sub- parcelas	1:1		2:1	Cl ₂ Ca	M.O.	%	N	C/N	ppm	M.e.g./100 gr suelo		
		H ₂ O									K	Ca	Mg
Florencia Norte	1	4,4		4,2		7,4	0,29	14,8	0,70	0,163	0,539	0,080	
	2	4,7		4,4		7,4	0,25	16,7	1,30	0,204	0,676	0,088	
El Recreo	1	5,5		4,6		7,1	0,22	18,9	0,20	0,163	0,431	0,053	
	2	5,0		4,4		8,0	0,24	18,8	0,20	0,192	0,265	0,035	
	3	5,1		4,5		8,0	0,16	27,4	0,20	0,385	0,519	0,107	
Puente Cajón	1	5,3		4,5		6,4	0,60	6,1	Trazas	0,257	3,820	1,069	
	2	5,4		5,1		6,2	0,57	6,3	2,90	0,251	5,880	1,628	
Atirro	1	5,1		4,2		6,4	0,47	7,8	Trazas	0,245	0,343	0,115	
	2	5,1		4,3		7,0	0,85	4,7	Trazas	0,245	2,110	1,348	

3.3. Material experimental

Las plantas de Anthocephalus cadamba germinaron y crecieron en el vivero del Programa de Diversificación Agrícola de Turrialba, con semillas procedentes de Puerto Rico, trasplantadas en macetas de latón.

Por dificultades de coordinación entre el crecimiento de las plantas y la ejecución de la plantación, las plantas en el vivero crecieron demasiado; por lo que se aplicó la técnica de cortar las plantas a 4 centímetros y se dejaron luego que rebrotaran hasta 8 cm, al tiempo de plantarse.

3.3.1. Tratamientos

Teniendo en cuenta que los elementos nutritivos limitantes de la zona son el nitrógeno y el fósforo (13) se hizo el estudio para evaluar el crecimiento de los árboles mediante la aplicación de las siguientes dosis de fertilizante, usadas como tratamientos:

1. Testigo (sin fertilizar)
2. 0,115 Kg/árbol/6 meses del fertilizante 20-20-0 (equivalente a 0,023 Kg de N y 0,023 Kg de P/árbol, en 6 meses)
3. 0,230 Kg/árbol/6 meses del fertilizante 20-20-0 (equivalente a 0,046 Kg de N y 0,046 Kg de P/árbol en 6 meses)
4. 0,345 Kg/árbol/6 meses del fertilizante 20-20-0 (equivalente a 0,069 Kg de N y 0,069 Kg de P/árbol en 6 meses)

La edición de las cuatro dosis de fertilizante 20-20-0 a los árboles se hizo en forma fraccionada como lo indica el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Aplicación fraccionada del fertilizante

Epocas de aplicación	Fertilizante 20-20-0 en Kg/árbol en 6 meses			
	Testigo	0,115	0,230	0,345
A la hora de plantar	-	0,010	0,020	0,030
A 30 días	-	0,015	0,030	0,045
A 60 días	-	0,040	0,080	0,120
A 150 días	-	0,050	0,100	0,150

La aplicación del fertilizante se hizo en el fondo del hueco a la hora de plantar; las demás aplicaciones se hicieron en la superficie del terreno, alrededor de la planta, en un radio de 0,30 m .

El equivalente de las dosis de fertilizante empleados en el presente experimento en Kg/ha, se hizo considerando un distanciamiento entre árboles de 2,5 x 2,5 m, o sea, 1,600 árboles/ha, como sigue:

<u>Tratamientos</u>	<u>Kg de 20-20-0/ha</u>	<u>Kg de N/ha</u>	<u>Kg de P/ha</u>
1	-o-	-o-	-o-
2	184,0	36,8	36,0
3	368,0	73,6	73,6
4	552,0	110,4	110,4

3.4. Diseño Experimental

El diseño del experimento utilizado fue el del cuadrado latino, repetido en tres localidades y en el cuarto, por las irregularidades del terreno, se hizo una distribución en bloques al azar.

Cada localidad contenía los cuatro tratamientos repetidos cuatro ve-

ces cada uno; siendo el tamaño de la unidad experimental de 25 árboles.

Las plantas fueron distribuidas en las 64 parcelas (4 localidades x 4 tratamientos x 4 repeticiones dentro de localidad), al azar.

El área de terreno empleado en el experimento en cada localidad fue 10,506 m²; cada parcela ocupaba 156,25 m², las 16 parcelas 2,500 m² y el área entre las parcelas 8,006 m². En cada localidad se usaron 1,681 árboles, de los cuales 400 correspondían al experimento, cada parcela contenía 25 árboles y 1,281 árboles rodeaban a las 16 parcelas. En total, se emplearon en el experimento en las cuatro localidades 1,600 árboles y en las fajas de separación de las parcelas 5,124 árboles. La parcela era de forma cuadrada, los blocks estaban dispuestos en sentido perpendicular a la dirección de la pendiente del terreno.

3.5. Recolección de datos

Las plantaciones se llevaron a cabo en las siguientes fechas: 28, 29, 30 y 31 de enero, en las localidades de El Recreo, Puente Cajón, Florencia Norte y Atirro, respectivamente. La recolección de la información consistió en altura de plantas al cm completado para lo cual se usó una regla graduada en centímetros; el diámetro de tallo, a 0,20 m de la superficie del terreno, con un calibrador con vernier de 0,1 mm de aproximación; el diámetro de copa con una regla graduada en cm, y el número de hojas. Dichos datos se tomaron en las siguientes fechas:

- 1a. a los 15 días después de la plantación - 14 de febrero
- 2a. a los 90 días después de la plantación - 30 de abril
- 3a. a los 150 días después de la plantación - 30 de junio
- 4a. a los 180 días después de la plantación - 30 de julio

respectivamente; esta última toma de datos nos sirvieron para hacer la evaluación de los efectos de los tratamientos.

De enero a principios de mayo se presentó una sequía, de modo que tuvo que ayudarse a los árboles con riego. Sin embargo, en algunas localidades se tuvo que hacer replantes.

En cada localidad se colocó un recipiente en forma de cilindro de latón, pintado de color negro, con un diámetro de 0,15 m, donde se recogió la precipitación mensual y se le comparó con el promedio de las mínimas en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Datos de precipitación registrados en cada localidad en 1969

Meses	Precipitación en mm				I I C A
	Puente Cajón	El Recreo	Atirro	Florencia Norte	Promedio de las mínimas en 25 años
Enero	53,4	53,8	65,1	59,3	116,2
Febrero	71,7	44,7	50,9	31,2	56,9
Marzo	3,5	37,3	47,2	12,3	51,9
Abril	41,1	63,1	76,8	54,7	63,3
Mayo	132,4	166,0	199,1	150,1	167,7
Junio	198,6	176,6	273,7	194,2	225,5
Julio	167,7	146,5	176,6	171,3	187,4
Total	668,4	628,0	889,4	673,1	868,9
Promedio	95,4	89,7	127,0	96,1	124,1

Estos datos se han presentado graficamente en la Figura 2.

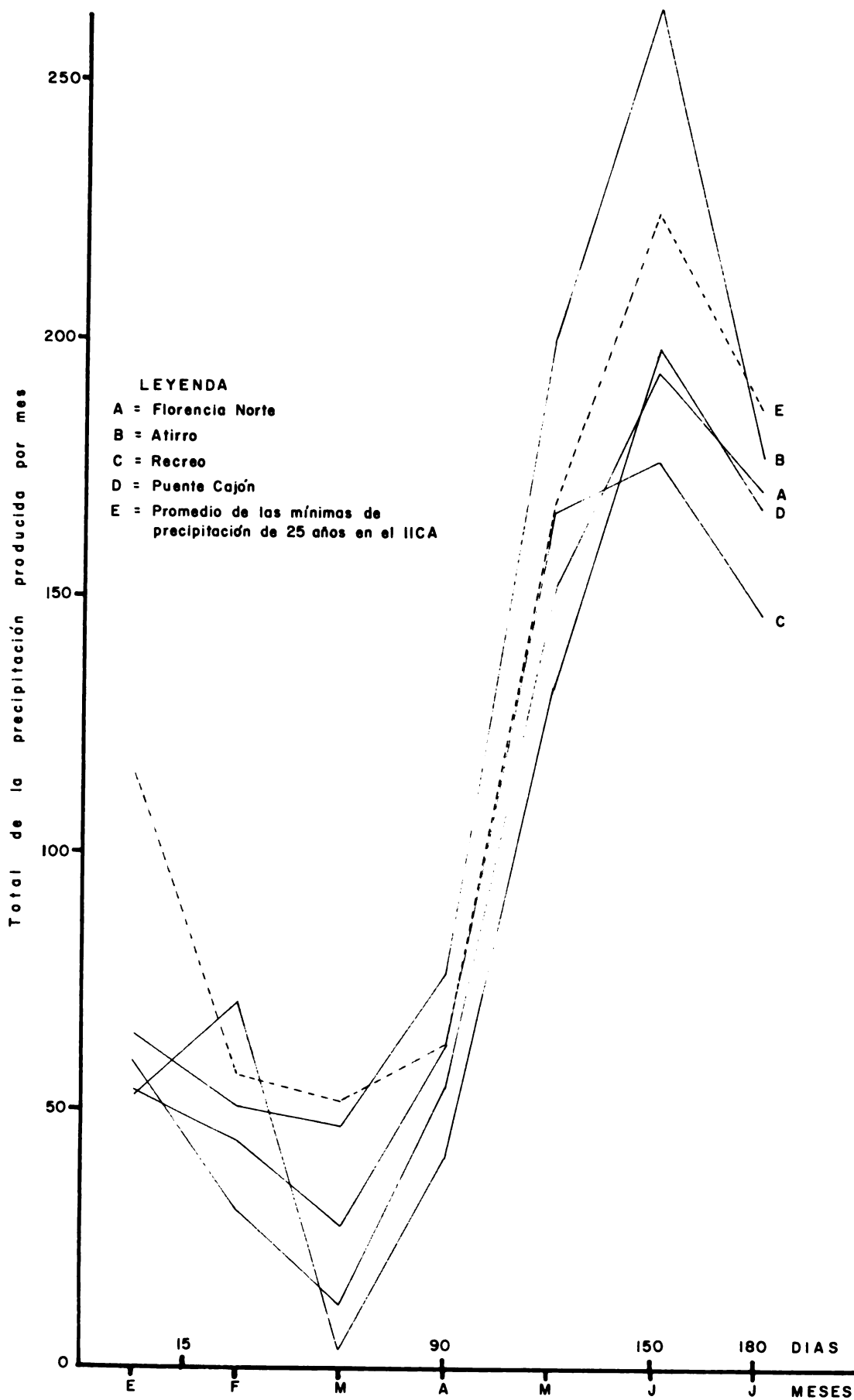


Fig. 2 Variaciones de la precipitación por localidades en 1969

3.6. Análisis de la información

El análisis estadístico se basó principalmente sobre la última medición. Para detectar la influencia de las diferentes fuentes de variación en localidad, tratamientos, etc., se llevó a cabo un análisis de variancia de acuerdo al siguiente Modelo Matemático:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j(i) + \omega_k + (\alpha\omega)_{ik} + E_{ijk}$$

y_{ijk} = Variable de respuesta (altura de plantas, diámetro de tallo, de copa y el número de hojas)

μ = Media general

α_i = Efecto de localidad

$\beta_j(i)$ = Efecto de repetición dentro de localidad

ω_k = Efecto de tratamiento

$(\alpha\omega)_{ik}$ = Efecto de interacción localidad por tratamiento

E_{ijk} = Componente aleatorio (error)

4. RESULTADOS

La evaluación de los resultados experimentales se llevó a cabo en base a cuatro variables de respuesta, que son: altura de las plantas, diámetro de la copa y del tallo, y el número de hojas.

Los efectos de tratamientos, localidades e interacción tratamiento x localidad, fueron detectados por medio de un análisis funcional de la variancia, cuyos resultados constan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de variancia del efecto de tratamiento, medidos en altura, diámetro de tallo, copa y número de hojas.

Fuente de Variación	G.L.	C M			
		Altura	Diámetro tallo	Diámetro copa	Número de hojas
Localidades	3	0,8186**	4,7407**	1,2854**	3542**
Repetic/localidad	12	0,0924*	0,5087*	0,0999**	290,8**
TRATAMIENTOS	3	0,5016**	2,0430**	0,1761**	1502,0**
Efecto lineal	1	1,3402**	5,3251**	0,4914**	3673,0**
Efecto cuadrático	1	0,1048	0,4556	0,0162	390,0
Desviación	1	0,0596	0,3484	0,0208	446,0
Loc. x Tratamiento	9	0,0810*	0,3541*	0,0745*	465,2**
Error	36	0,0363	0,1915	0,0299	106,0
TOTAL	63				

* Significativo al (P<0,05)

** Significativo al (P<0,01)

4.1. Efecto de localidad

Del Cuadro 9 se desprende que las plantas respondieron diferencialmente a los efectos de localidad para todas las variables analizadas.

De la observación general del crecimiento medio, (Cuadro 10) de los árboles, se puede dividir la respuesta al efecto de localidad en dos grupos: Atirro y Florencia Norte, las que mejor respondieron y Puente Cajón y El Recreo que ofrecieron condiciones menores que se reflejaron en un menor desarrollo de los árboles.

La comparación entre localidades a través de las variables de respuesta (Cuadro 10) muestra que los árboles respondieron diferencialmente en altura a los efectos de localidad, siendo el crecimiento muy similar en las localidades de Puente Cajón y El Recreo. Por otro lado se observa que Atirro y Florencia Norte presentaron un crecimiento marcadamente mejor que el observado en El Recreo y Puente Cajón. A juzgar por el diámetro de tallo, las localidades de Atirro y Florencia Norte respondieron mejor, siendo Atirro ligeramente superior a Florencia Norte; en cambio El Recreo dió la menor respuesta, estando un poco por encima de esta última localidad de Puente Cajón. El comportamiento del diámetro de copa en las cuatro localidades fue análoga al del tallo, con la diferencia que Florencia Norte estuvo por encima de Atirro; las otras dos localidades son similares, pero siempre El Recreo es el de más baja respuesta. Como un complemento a las medidas anteriores se describe el efecto de las localidades sobre el número de hojas, donde se observa que Atirro y Florencia Norte tuvieron un comportamiento mejor; Puente Cajón produjo el menor número de hojas, mientras que El Recreo tuvo una respuesta intermedia.

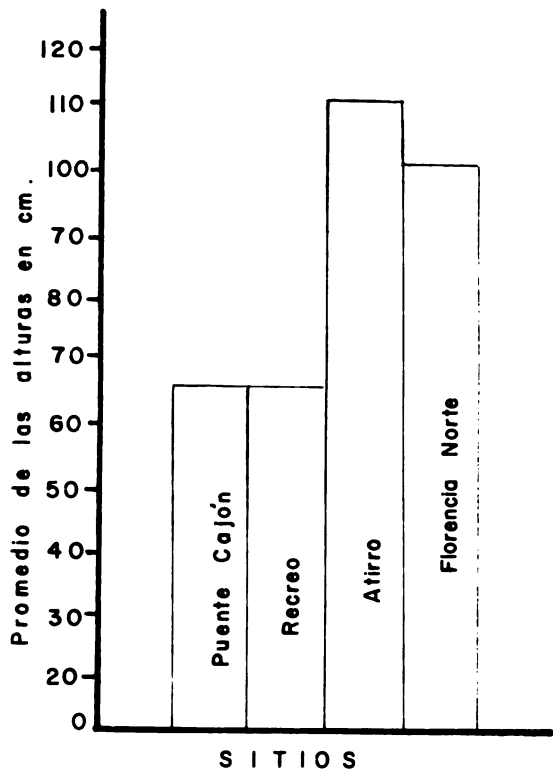


Fig. 3 Altura de plantas

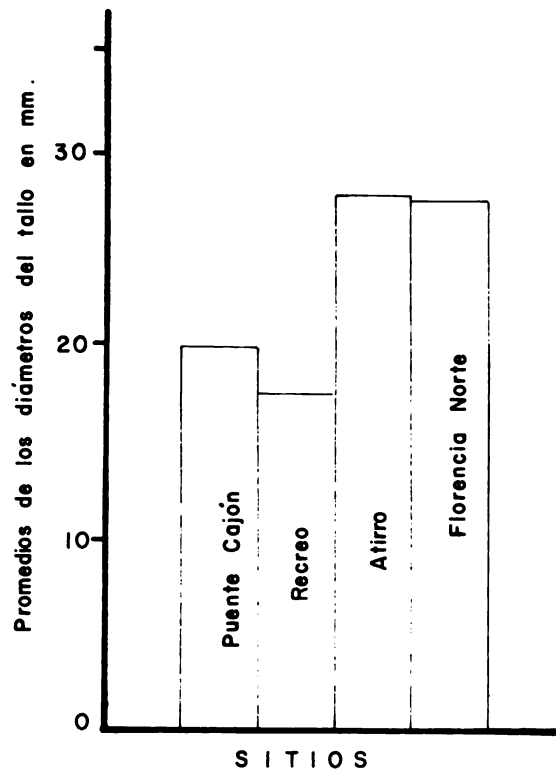


Fig. 4 Diámetro de tallo

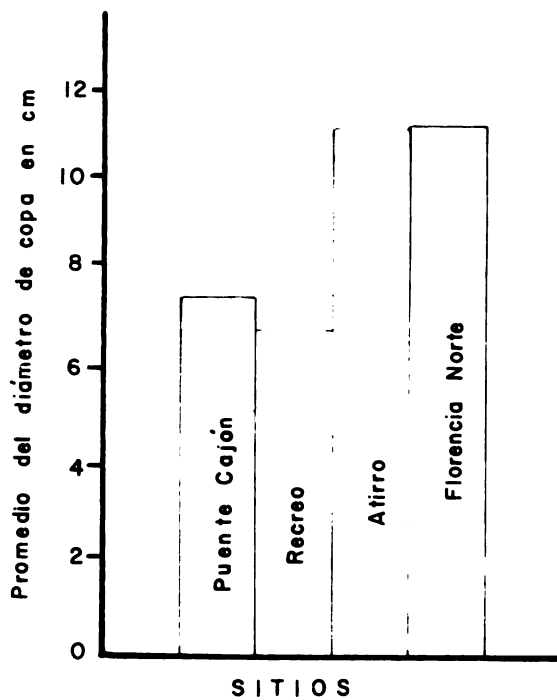


Fig. 5 Diámetro de copa

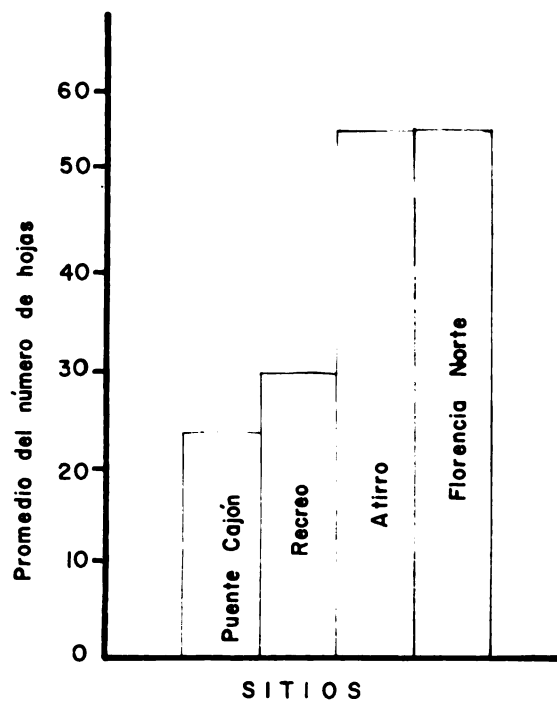


Fig. 6 Número de hojas

Nota: Respuesta de las plantas de todos los niveles de fertilización/sitio combinados a los efectos de sitio

Cuadro 10. Respuesta de las variables en promedios por efecto de localidad

Localidades	Altura en cm	D i á m e t r o		Número de hojas
		tallo mm	copa m	
Puente Cajón	0,67	20,0	0,75	24
El Recreo	0,67	17,7	0,68	30
Atirro	1,11	27,9	1,10	55
Florencia Norte	1,00	27,8	1,12	55

4.2. Efecto de tratamiento

La comparación de tratamientos, o sea los efectos de niveles de fertilización, incluyendo además el testigo, nos indica que las diferencias entre los efectos de tratamiento son altamente significativas ($P < 0,01$), para altura de plantas, diámetro de tallo, copa y número de hojas.

Esto sugiere una partición ortogonal de la suma de cuadrados de los tratamientos para determinar las tendencias de las respuestas.

Los resultados del Cuadro 9 nos indican que sólo el efecto lineal fue de importancia ($P < 0,01$), tanto para altura de plantas, diámetro de tallo y copa y para el número de hojas.

Las ecuaciones de respuestas lineales para cada una de las variables consideradas se presentan en las Figuras 7-10.

El hecho de que sólo tengamos respuesta significativa al efecto lineal nos está indicando que todavía no se ha llegado al tope superior de nivel de fertilizante para producir declinación de la respuesta; como lo

muestran las Figuras 7-10 respectivamente.

El ritmo de crecimiento en altura es de 0,26 m por cada kilo de fertilizante aplicado, sin que la curva muestre ninguna declinación para las dosis más elevadas. El crecimiento diametral del tallo ocurre en la tasa de 0,51 mm por cada kilogramo de fertilizante aplicado. La circunferencia de la copa responde a una velocidad de 0,16 m/kg de fertilizante y finalmente el número de hojas aumentó a un ritmo de 135,2 por cada kilogramo de fertilizante aplicado.

Cuadro 11. Respuesta de las variables en promedios por efecto de los tratamientos

Tratamientos	Altura m	D i á m e t r o		Hojas
		Tallo mm	Copa m	
0,00	0,61	19,0	0,77	26,5
0,115	0,88	23,7	0,92	42,2
0,230	0,93	24,3	0,96	42,2
0,345	1,03	26,4	1,04	48,7

Del presente cuadro observamos que los niveles de fertilizante empleados fueron superiores comparativamente con relación al testigo; mientras que las dosis de 0,115, 0,23 y 0,345 kg/árbol hasta los seis meses, sus diferencias de altura de plantas, son relativamente pequeñas, posiblemente debido al período tan corto (6 meses) de tiempo que no ha permitido una mayor diferenciación, como se puede apreciar en la Fig. 12.

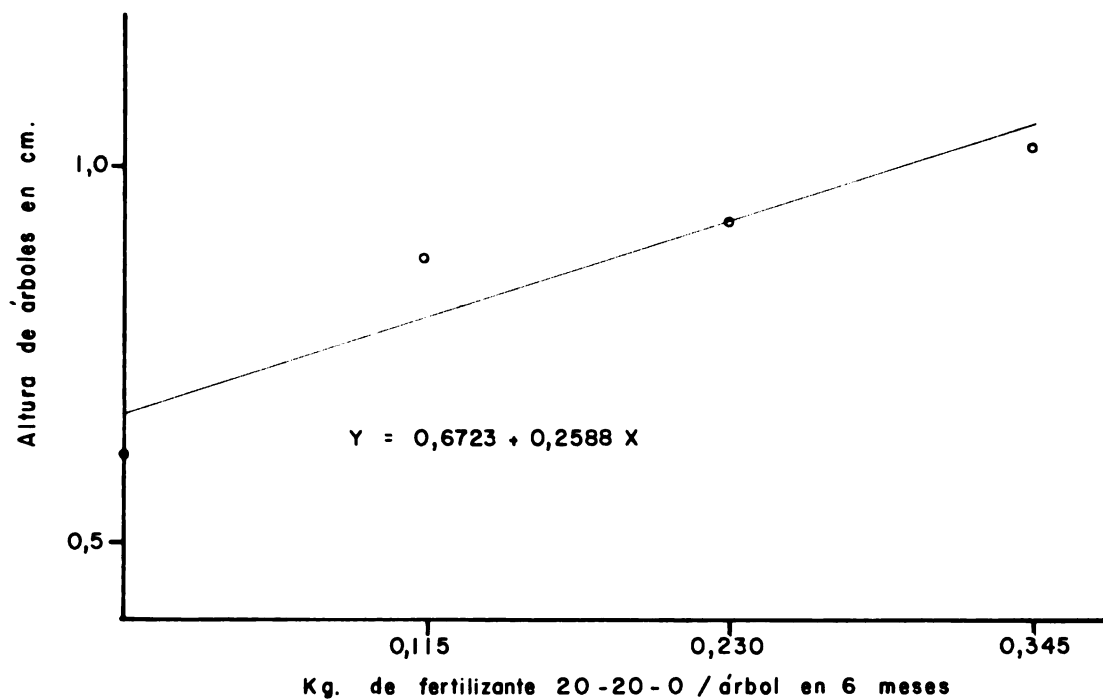


Fig. 7.- Respuesta en altura de árboles por efecto de las dosis de fertilizante

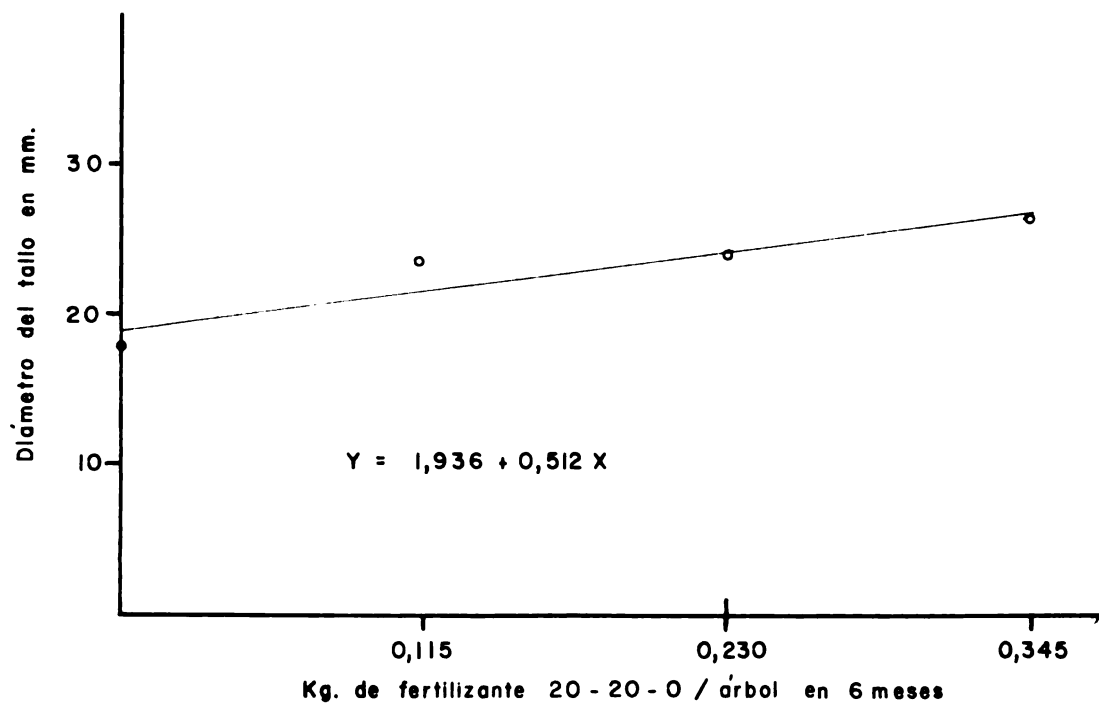


Fig. 8.- Respuesta en diámetro de tallo por efecto de las dosis de fertilizante

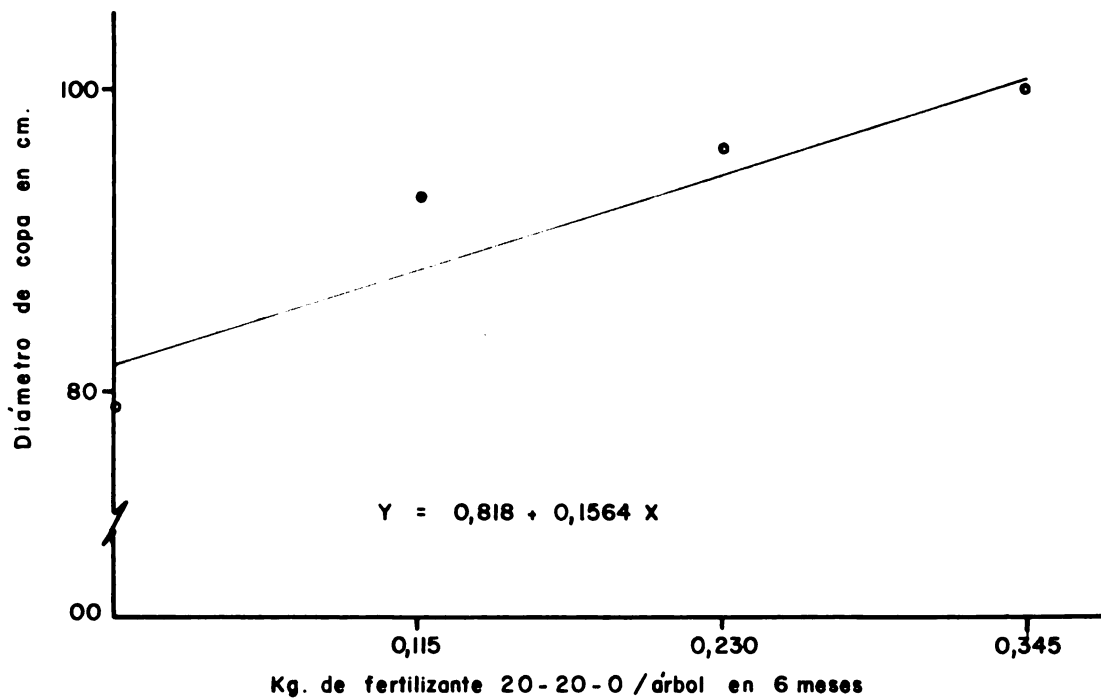


Fig. 9.- Respuesta en diámetro de copa por efecto de las dosis de fertilizante

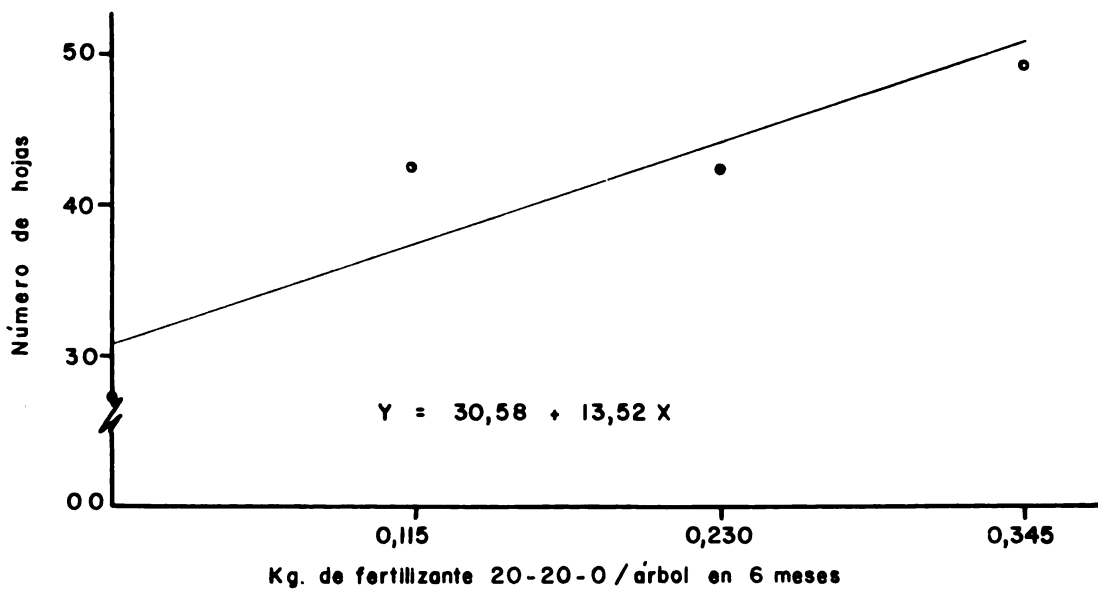


Fig.10.- Respuesta en número de hojas por efecto de los niveles de fertilizante

4.3. Efecto de tratamiento por localidad

El análisis de variancia indica que el efecto de localidad y tratamiento muestra significancia estadística detectable.

Para detectar entre cual o cuales combinaciones de tratamiento dentro de localidad existen diferencias, se analizaron los efectos utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan para tal fin.

Cuadro 12. Prueba de Duncan sobre los promedios de altura de plantas

Localidades	T r a t a m i e n t o s			
	0,00	0,115	0,230	0,345
	P r o m e d i o s			
Puente Cajón	0,37	0,71	<u>0,76</u>	0,85
El Recreo	0,51	<u>0,58</u>	<u>0,70</u>	0,70
Atirro	0,61	<u>1,25</u>	<u>1,27</u>	1,32
Florencia Norte	0,97	0,98	1,00	<u>1,06</u>

De la comparación de promedios de los niveles de fertilización empleados como tratamiento en Puente Cajón, se deriva que no existen diferencias de consideración entre la aplicación de 0,115 y 0,230 Kg de fertilizante 20-20-0 por árbol, y su respuesta en altura de las plantas, como tampoco las hay entre la adición de 0,230 y 0,345 Kg de fertilizante por árbol. En cambio, la comparación de los efectos de las dosis 0,115 y 0,345 Kg por

planta hasta los seis meses con significativos ($P < 0,01$).

Los promedios de altura de plantas obtenidos en El Recreo, por efecto de los tratamientos no muestran diferencias significativas, cuando comparamos el testigo con el nivel 0,115 Kg, ni entre esta última dosis y 0,230 Kg de fertilizante. Las diferencias se muestran significativas ($P < 0,01$) cuando comparamos los efectos de los niveles del testigo con 0,230 y con el nivel 0,345 Kg de fertilizante.

De la observación comparativa de los promedios de altura de plantas por efecto de los tratamientos en Atirro, se deriva que las diferencias encontradas son pequeñas ($P < 0,05$), la aplicación de 0,115 con 0,230; 0,230 contra 0,345 y 0,115 con 0,345. Por el contrario, todos los niveles de fertilización son altamente significativos comparados con el testigo.

En Florencia Norte no obstante de tener diferencias de altura de plantas por efecto de los niveles de fertilización empleados como tratamientos, no fueron estadísticamente significativos ($P < 0,05$).

Para determinar el efecto combinado de localidad y tratamiento, Cuadro 13, se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan. Esta prueba revela que el testigo (sin fertilizante) mantuvo respuestas diferenciales en altura de las plantas ($P < 0,01$), siendo la localidad de Florencia Norte mejor que las otras; en cambio la localidad de El Recreo, a pesar de tener diferencias en altura de plantas con los crecimientos de las localidades de Atirro y Puente Cajón, estas diferencias no llegan a ser significativas, hasta los seis meses de edad de las plantas.

Los tratamientos 0,115 y 0,230 Kg de fertilizante por árbol, hasta los seis meses, mostraron respuestas muy similares a la prueba en los

cuatro localidades.

Las respuestas diferenciales en altura de plantas, solamente no fueron significativas para las localidades de Puente Cajón y El Recreo; mientras que para las otras localidades sus respuestas fueron altamente significativas ($P < 0,01$) para ambos tratamientos.

El tratamiento 0,345 Kg de fertilizante por árbol nos indica que sus respuestas diferenciales son altamente significativas ($P < 0,01$) en las localidades de Puente Cajón con Florencia Norte y Atirro, siendo este último el mejor. Lo que no sucede cuando comparamos Puente Cajón con el Recreo, y este último con Florencia Norte, que aunque tienen respuestas diferenciales en el crecimiento, éstas no llegan a ser significativas.

Cuadro 13. Efecto de localidad x tratamiento (Prueba de Duncan)

Tratamientos	L o c a l i d a d e s			
	Puente Cajón, El Recreo, Atirro, Florencia Norte			
	Promedios de altura de plantas			
0,00	0,37	0,51	0,61	0,97
0,115	0,71	0,58	1,25	0,98
0,230	0,76	0,70	1,27	1,00
0,345	0,85	0,90	1,32	1,06

Nota: Los promedios unidos por la misma línea no tienen diferencia significativa.

Las diferencias entre los promedios de las variables (Cuadro 14): diámetro de tallo, las localidades de Atirro y Puente Cajón mostraron muy pequeñas variaciones de la respuesta con respecto a niveles de fertilización empleados, sin tomar en cuenta sus testigos. Mientras que El Recreo demostró un efecto creciente de la respuesta a los niveles de fertilizante aplicado, en Florencia Norte, sólo aparece esta diferencia en el nivel mayor comparativamente con los demás niveles de abono usado. Las variables diámetro de copa y número de hojas respondieron en forma similares a la anterior variable.

Cuadro 14. Respuesta diferencial promedio por efecto de localidad y tratamiento

Variables	Kg de fertilizante: 20-20-0/árbol en 6 meses			
	Testigo	0,115	0,230	0,345
<u>Altura de plantas en m</u>				
Puente Cajón	0,37	0,71	0,76	0,85
El Recreo	0,51	0,58	0,70	0,90
Atirro	0,61	1,25	1,27	1,32
Florencia Norte	0,97	0,98	1,00	1,06
<u>Diámetro de tallo en mm</u>				
Puente Cajón	17,6	20,6	20,9	21,4
El Recreo	14,6	15,8	17,6	22,7
Atirro	17,6	30,9	31,7	31,5
Florencia Norte	26,7	27,6	27,1	30,0
<u>Diámetro de copa en m</u>				
Puente Cajón	0,6	0,75	0,77	0,88
El Recreo	0,62	0,58	0,66	0,89
Atirro	0,77	1,31	1,31	1,01
Florencia Norte	1,14	1,09	1,12	1,14
<u>Diámetro de hojas</u>				
Puente Cajón	14	27	27	29
El Recreo	21	23	26	52
Atirro	65	71	63	55
Florencia Norte	45	54	70	52

4.4. Tasa de crecimiento de los árboles en función del tiempo

El crecimiento durante los primeros 90 días fué muy lento (0,08 m) debido posiblemente al período crítico de la planta en su nuevo habitat y que fue agravado por la fuerte sequía de este período de tiempo (Cuadro 15).

Los árboles no pudieron extender sus raíces por la contracción que sufrió el terreno, causada por la evaporación del agua por ascenso capilar; y aunque la textura arcillosa permite el almacenamiento de gran cantidad de agua, la retención del agua por las partículas no ha permitido ser absorbida por la planta.

Las lluvias comenzaron a partir de los 90 días y se ve en la Fig.11 que los árboles crecían a mayor ritmo, debido posiblemente a las modificaciones de la estructura del suelo, formación de partículas más pequeñas que permitieron el paso de las raíces. La mayor área radial implica mayor poder de asimilación de los nutrimentos.

Las diferencias del ritmo de crecimiento entre localidades nos indica quizás como causa las diferentes precipitaciones que recibió cada localidad.

El efecto de la fertilización sobre el ritmo del crecimiento se manifiesta por las respuestas diferenciales de los fertilizados respecto de los testigos, en cada una de las veces en que se tomaron los datos Fig. 12.

Las diferencias entre fertilizados aparecen recién a los 180 días, quizás sea necesario ese tiempo para manifestar las diferencias, o también los efectos de la sequía influyeron en que no se manifestaran con anterioridad.

Cuadro 15. Respuesta diferencial de altura de plantas en promedios por efecto de tratamiento x localidad dentro del tiempo

Tratamientos	Localidad	D í a s			
		15	90	150	180
0,00	Puente Cajón	0,11	0,15	0,27	0,37
	El Recreo	0,12	0,15	0,37	0,51
	Atirro	0,14	0,18	0,42	0,61
	Florencia Norte	0,11	0,19	0,60	0,97
0,115	Puente Cajón	0,14	0,21	0,47	0,71
	El Recreo	0,12	0,17	0,42	0,58
	Atirro	0,14	0,30	0,92	1,25
	Florencia Norte	0,12	0,22	0,69	0,98
0,230	Puente Cajón	0,13	0,18	0,47	0,76
	El Recreo	0,11	0,17	0,49	0,70
	Atirro	0,13	0,28	0,95	1,27
	Florencia Norte	0,11	0,20	0,64	1,00
0,345	Puente Cajón	0,12	0,17	0,50	0,85
	El Recreo	0,10	0,17	0,63	0,90
	Atirro	0,14	0,30	0,88	1,32

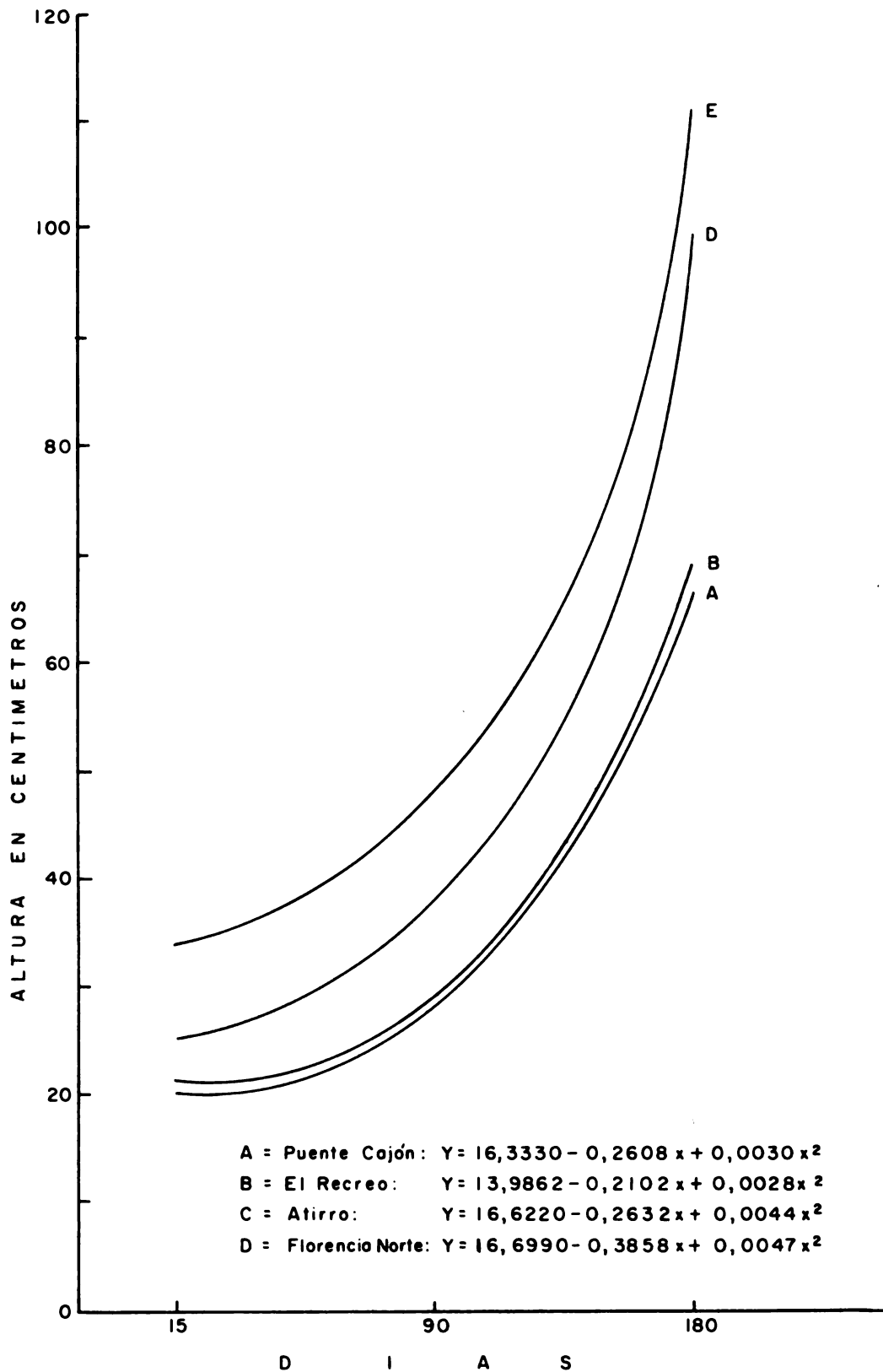


FIG. II.- RITMO DE CRECIMIENTO DE LOS ARBOLES EN ALTURA POR EFECTO DE LOCALIDAD.-

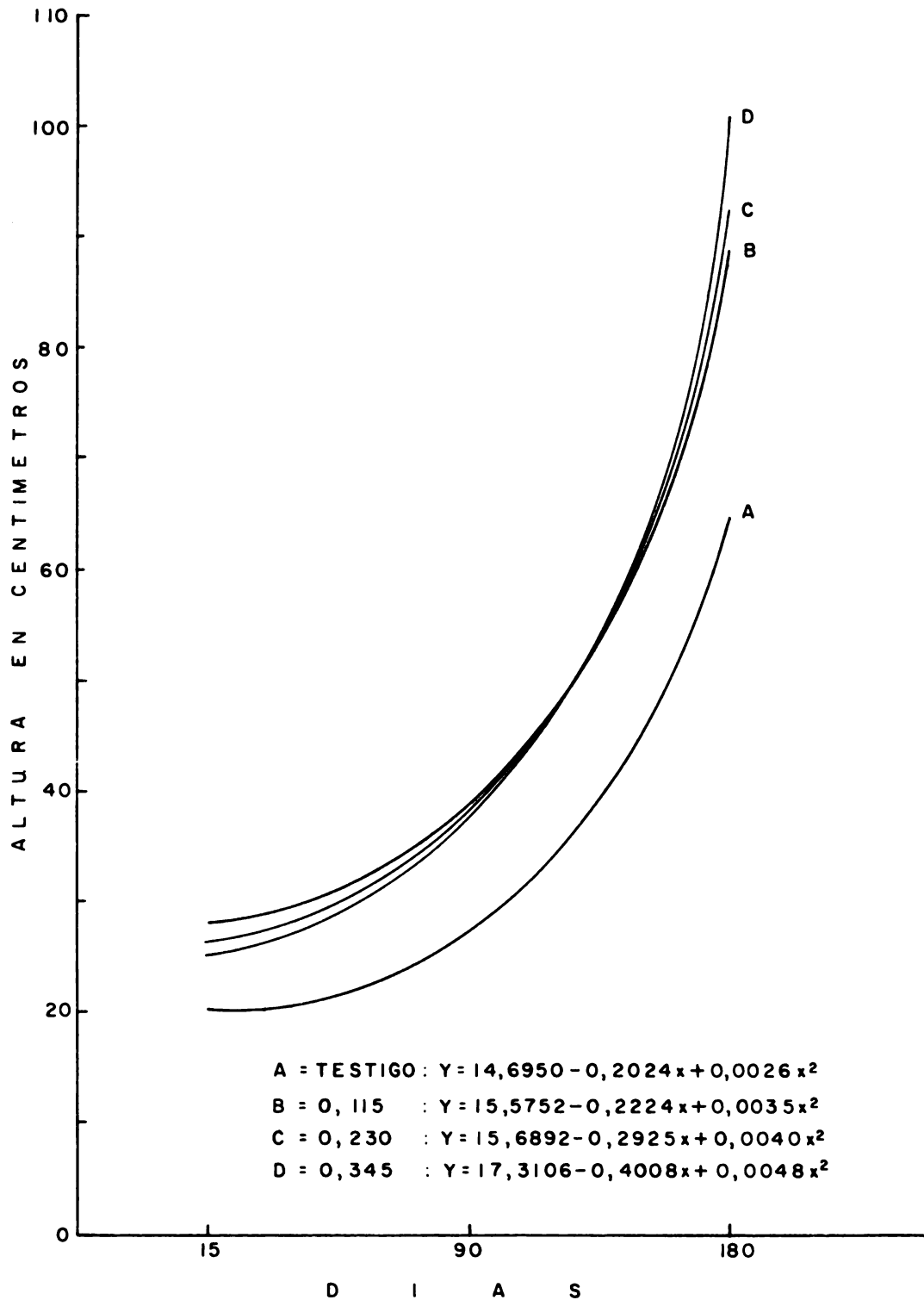


FIG. 12.- RESPUESTA DEL CRECIMIENTO EN ALTURA DE PLANTAS POR EFECTO DE LOS NIVELES DE FERTILIZACION.-

4.5. Análisis de costos de fertilización

En esta sección se presenta sólo el costo de fertilización, porque los otros tipos de gravámenes, como compra de plántones, transporte trazado, hoyos, plantación y cuidados, se tienen que hacer necesariamente para plantaciones fertilizadas y no fertilizadas.

El cálculo de costos se hizo sobre las condiciones imperantes en el mercado de Turrialba:

Costo de fertilizante 20-20-0: US\$ 5.22/quintal (46 Kg)

Mano de obra US\$ 0,18/hora; y el costo estimado para el transporte, como se ve en el Cuadro 19 del apéndice.

Los gastos de fertilización por metro de altura de planta para cada uno de los niveles de fertilización, aparecen en el Cuadro 17.

Los costo en \$ por metro adicional sobre el testigo presentados como promedios derivados de los tres tratamientos de fertilización son:

Florencia Norte 1,80, El Recreo 0,25, Puente Cajón 0,10 y Atirro 0,06, respectivamente.

Cuadro 16. Incrementos adicionales por efecto de los tratamientos

a) Altura de plantas en cm

Localidades	Kg de fertilizante 20-20-0/árbol en 6 meses		
	0,115	0,230	0,345
Puente Cajón	34	39	48
El Recreo	7	19	39
Atirro	64	66	71
Florencia Norte	1	3	9

b) Diámetro del tallo en mm

Localidades	Kg de fertilizante 20-20-0/árbol en 6 meses		
	0,115	0,230	0,345
Puente Cajón	30	33	38
El Recreo	12	30	121
Atirro	133	141	139
Florencia Norte	11	4	33

Cuadro 17. Costo en US\$ por metro de incremento adicional en altura para los primeros 6 meses de edad

Kgs de fertilizante 20-20-0	Puente Cajón	El Recreo	Atirro	Florencia N.
0,115	0,06	0,32	0,03	2,31
0,230	0,12	0,25	0,07	2,31
0,345	0,14	0,18	0,09	0,78

5. DISCUSION

Los árboles de Anthocephalus cadamba mostraron respuestas diferenciales como reacción a la localidad, debido probablemente a las diferencias de precipitación y nivel de fertilidad de los suelos de cada localidad.

El crecimiento de los árboles presentó un alto grado de asociación con la precipitación ($R^2 = 0,98$), concordando con los resultados que obtuvo Loján (27), quien estudió el crecimiento de 23 especies, todas menores de un año, en la zona de Turrialba.

El crecimiento se vió seriamente limitado por una sequía que duró de febrero a abril del año experimental, siendo los totales de precipitación de estos tres meses inferior al promedio de las mínimas precipitaciones de 25 años, registradas por la estación meteorológica del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas en Turrialba (Costa Rica).

Además, la primera mitad del período de tiempo que estamos evaluando (febrero-julio), corresponde al período de menor crecimiento de los árboles de la zona (26).

Por esta razón los resultados de este experimento tienen que ser aceptados con cautela.

Los crecimientos obtenidos con la misma especie en el experimento de Raigosa (40), en los mismos campos, fueron mejores a los encontrados en el presente trabajo, debidas posiblemente a las diferencias de precipitación anotada.

El crecimiento comparativo entre localidades (Cuadro 10) nos muestra que las variaciones en altura de planta en las localidades de Puente Cajón y El Recreo tienen iguales promedios, pero las variables diámetro de tallo, de copa y el número de hojas muestran diferencias favorables a la de

El Recreo. Las localidades de Atirro y Florencia Norte, muestran diferencias en sus promedios de altura, favoreciendo ésta a la localidad de Atirro, mientras que las variables (diámetro de tallo, copa y número de hojas), dieron respuestas muy similares.

Otro factor que probablemente afectó el crecimiento fue el nivel de fertilidad, viéndose favorecidos en este sentido las localidades de Florencia Norte y Atirro; el primero procede de un bosque secundario y el segundo de un charral que durante 25 años se dejó de cultivar.

En cambio, las localidades de Puente Cajón y El Recreo fueron agotados por el uso previo; el primero bajo cultivo intensivo de caña de azúcar y el segundo fue usado como almácigo de café en sus dos terceras partes (la parte baja del área); con la cosecha se extrajo la capa superior del suelo, reduciendo de este modo la fertilidad del lugar. Esto se descubrió después de haber puesto el experimento en aquel lugar.

Si convertimos la respuesta en altura conseguida en el presente experimento de seis meses de edad a Incremento Medio Anual (I.M.A.), encontramos que la mejor localidad, Florencia Norte, produjo un I.M.A. de 1,94 m/año, el cual está muy por debajo de lo encontrado por Fox (14) en Sibuga (Malaya) para plantaciones de la misma especie, un I.M.A. que variaba de 3 a 3,30 m/año, con una precipitación media anual de 3000 mm.

El ritmo de crecimiento entre las localidades fue muy similar hasta los 150 días (Fig. 11), a partir de aquí comienzan a mostrar diferencias de altura de plantas las localidades, debidas posiblemente a la presencia de las lluvias y quizá al corto tiempo del experimento hace que no se detecten diferencias a más temprana edad.

Los tratamientos (Cuadro 11) dieron respuestas crecientes a los ni-

veles de fertilizante aplicado para las variables altura de árboles, diámetro de tallo, de copa y el número de hojas (Figs. 7 a 10), o sea que las dosis aplicadas no fueron suficientes para producir una declinación; las respuestas positivas por efecto de los fertilizantes aplicados, son similares a las que han encontrado Loaiza (25) y Raigosa (40) dentro de la misma zona; igualmente Brasil Sobrinho (4) en Brasil con Eucalyptus Saligna, Jones (23) en Valle del Tennessee con especies latifoliadas, consiguieron resultados similares.

Hasta los 90 días las diferencias en el crecimiento bajo los tratamientos fueron muy pequeñas (Cuadro 15). Los árboles fertilizados en general fueron ligeramente mejores a los no tratados.

En pleno período lluvioso, 150 días, ya se notó (Fig. 12) el efecto del fertilizante, aunque las diferencias del crecimiento, debido a los niveles, fueron muy pequeñas.

Finalmente, a los 180 días (6 meses), se presentó una diferencia marcada entre los resultados de los tratamientos (Cuadro 15). Los árboles desarrollaron su área radical en forma progresiva, o sea que pudieron utilizar los nutrimentos en forma cada vez mayor.

Las dosis crecientes del fertilizante produjeron una respuesta de tendencia lineal, de tal modo que las dosis aplicadas del fertilizante (20-20-0) fueron muy bajas para que se ajusten a la ley de los rendimientos decrecientes.

El hecho de no haber encontrado una misma respuesta a los efectos de fertilización para las cuatro localidades de la zona, obliga a estudiar cada futura plantación en cuanto a la recomendación de fertilización. Estas diferencias entre localidades serían causadas por el contenido ori

ginal de nutrimentos en los suelos de las localidades (Cuadro 5).

En Florencia Norte, que según el análisis del suelo (Cuadro 5) posee mayores contenidos de nitrógeno y fósforo, los efectos del fertilizante produjeron las menores respuestas en altura, así como en el diámetro de los árboles. Posiblemente esta diferencia de respuesta al fertilizante en este lugar se deba a deficiencias de otros elementos, que podría ser el calcio. Por el hecho de poseer uno de los menores contenidos de este elemento en el suelo, tendrá consecuentemente mayor acidez. Así observamos que cuando se eleva la dosis de fertilizante se produce un mayor crecimiento, debido quizás a la adición de pequeñas dosis de calcio contenidas en el superfosfato triple, los cuales ayudarían a suplir las deficiencias de este elemento.

En el lugar de El Recreo se presentó una situación similar a la localidad anterior, con la diferencia que el contenido de fósforo y calcio es el más bajo comparativamente con los otros tres sitios; a medida que se eleva la dosis de fertilizante, se incrementa la altura de los árboles. El crecimiento diamétrico superó al conseguido en Puente Cajón, tal vez debido a las mejores condiciones físicas del terreno.

En cambio, las localidades de Atirro y Puente Cajón dieron las mejores respuestas en el crecimiento en altura, superando en el diámetro a Atirro, quizás debido al mal drenaje que posee Puente Cajón.

El Cuadro 5 nos indica que este último lugar presenta muy bajos contenidos de nitrógeno y fósforo, de tal modo que con adiciones de estos elementos se obtiene una buena respuesta a los efectos del fertilizante. Las más altas respuestas se obtuvieron en Atirro, cuyo suelo posee mejores características químicas y físicas, aunque el contenido de fósforo

es bajo; de tal modo que las primeras dosis de fertilizante fueron suficientes para producir una buena respuesta, mientras que niveles mayores, aunque produjeron respuestas positivas, fueron cada vez menores; estos resultados son parecidos a los que obtuvo Fassbender (12) en este mismo lugar, en estudios de fertilización con nitrógeno y fósforo sobre caña de azúcar.

La iniciación de las lluvias (segunda semana de mayo) hizo que la disponibilidad de los nutrientes adicionados fueran provechables traduciéndose en un mayor crecimiento de los abonados como se puede ver en la Fig. 12. Qureshi (38) señala que el fertilizante debe ser aplicado para su mejor aprovechamiento en el período de mayor crecimiento del árbol que en esta zona, según Loján (26), se presenta en los meses de mayor precipitación.

Estamos evaluando realmente el efecto de las tres primeras aplicaciones puesto que la última aplicación, que fue la mayor cantidad de cada uno de los niveles, se hizo un mes antes de la última toma de datos y seguramente no tuvo su efecto total en el crecimiento hasta después de los seis meses del término de estudio.

Se debe señalar que el grado de asociación entre el diámetro de copa y el de tallo fue muy bajo: $R^2 = 0,10$, esto se debe posiblemente a que debido a la sequía, los árboles no pudieron desarrollar su copa como una forma de protección contra las pérdidas de agua por evaporación; sin embargo, Dawkins (10) señala que los árboles en los trópicos tienen un alto grado de asociación entre el diámetro de copa y el tallo, en árboles grandes.

En el presente análisis sólo tenemos en cuenta los costos variables,

debido a la fertilización; en el Cuadro 17 se aprecian los costos para cada uno de los niveles de fertilización empleados en el presente trabajo, para los 6 meses considerados.

Se ha considerado los gastos del fertilizante, cotizado a precios del mercado de Turrialba, mano de obra y el transporte del fertilizante.

La localidad de Atirro produjo los más altos crecimientos adicionales (Cuadro 16), y consecuentemente los costos más bajos (Cuadro 17); le siguen en forma creciente de costos por metros de altura, Puente Cajón, El Recreo y finalmente los costos más altos los tuvimos en Florencia Norte. Sin embargo, como dice Mc Millan (29) el costo del volumen de madera adicional producido por efecto de la fertilización sería realmente más bajo de lo que se piensa, puesto que transporte, administración y otras facilidades ya existen.

De los resultados como alturas adicionales conseguidas en las localidades estudiadas, podemos deducir que en Atirro y Puente Cajón es más económico fertilizar las plantaciones con la primera dosis; mientras que en El Recreo la dosis más alta resultó ser la más económica; Florencia Norte, aunque sigue la misma tendencia del sitio anterior, convendría elevar la dosis por encima de la que empleamos en el presente experimento.

Finalmente, si estas cuatro localidades en verdad representan la zona parece que la fertilización será más rendidora en los suelos de buena estructura y fertilidad aceptable menos un elemento, el cual se puede agregar causando una inversión pequeña, y obtenerse un efecto grande.

De este experimento se pueden sacar consecuentemente las prioridades para la fertilización de plantaciones en la zona de Turrialba:

1. Suelos con estructura buena y faltan solamente un elemento (ca-

so Atirro, bajo en P).

2. Suelos de estructura mala y escasa fertilidad con miras de mejoramiento de la estructura a mediano y largo plazo (Puente Cajón y El Recreo).
3. Suelos de buena estructura y buena fertilidad donde según los datos de este experimento el rendimiento de la fertilización en los primeros 6 meses fué pequeño.

6. CONCLUSIONES

De los resultados de la presente investigación se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1. En las condiciones ambientales y de período de investigación en que se trabajó, se estableció que hay diferencias entre las condiciones de cada localidad, como respuesta del crecimiento de los árboles.
2. Entre los factores climáticos considerados, la precipitación estacional parece ser determinante del crecimiento inicial de los árboles.
3. El fertilizante ejerce un efecto positivo sobre el ritmo de crecimiento inicial, y aparentemente la planta exige una fertilización inicial para tener un buen establecimiento.
4. En las localidades procedentes de bosque y de buen drenaje, no resulta económica la fertilización.

RESUMEN

El aprovechamiento de los bosques naturales se hace cada vez más costoso por las dificultades de extracción, heterogeneidad de especies, y el poco volumen de madera comercial por hectárea que se obtiene.

El creciente aumento de la demanda de productos de la madera, está creando un buen aliciente para el cultivo de especies forestales de crecimiento rápido, especialmente en las regiones de condiciones climáticas favorables, como los trópicos. La fertilización de especies de crecimiento rápido puede ser una inversión económica si los rendimientos son suficientemente altos.

Este experimento tuvo como objetivo:

- 1) determinar el efecto de localidad sobre el crecimiento inicial de Anthocephalus cadamba Miq.;
- 2) determinar el efecto de cuatro dosis de una fórmula 20-20-0 de fertilizante en el crecimiento inicial de esta especie y
- 3) determinar el costo aproximado de la fertilización.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en cuatro localidades del Cantón de Turrialba (Costa Rica), que representan las posibles zonas de plantaciones futuras.

Se probaron cuatro niveles de fertilización con abono de fórmula 20-20-0. Los niveles de fertilizante que se emplearon fueron: 0,00, 0,115, 0,230 y 0,345 Kg/árbol hasta los 6 meses de edad de los árboles; en un diseño de bloques al azar. La adición del fertilizante se hizo en forma fraccionada: el primero a la hora de la plantación en el fondo del hueco; la evasegunda al mes, alrededor de la planta, y las otras cada dos meses. La eva

luación del efecto de los tratamientos se hizo estudiando el crecimiento de los árboles en altura, diámetro de tallo, de copa y el número de hojas, a los 6 meses de edad de los árboles. También se tomaron datos del suelo y de la lluvia.

Los resultados más importantes de la investigación indican que:

- 1) las localidades produjeron efectos diferenciales en el crecimiento de los árboles
- 2) el efecto de los fertilizantes produjeron respuestas altamente significativas para las variables analizadas y
- 3) los niveles de fertilizante que se usaron dieron una respuesta de tendencia lineal.

Los incrementos adicionales debidos a los efectos del fertilizante, traducidos a costo por metro de altura, resultaron buenos para las localidades menos fértiles, y muy favorable donde había un suelo de buena estructura, en el que faltaban solamente los elementos que se aplicaban.

SUMMARY

The harvesting and utilization of the natural tropical forest is becoming more and more difficult because of the problems of extraction, heterogeneity of species, and the low volume of commercial wood per hectare.

The increasing demand of forest products has created an attractive climate for the cultivation of tree species of rapid growth, specially in the regions of favorable climatic conditions as are much of the tropics.

If the returns are sufficiently high, the fertilization of these species could be an economic investment.

This experiment had as its objectives:

- 1) to determine the effects of the site on the initial growth of Anthocephalus cadamba,
- 2) to determine the effects of four levels of fertilization on the initial growth of this species,
- 3) to determine the approximate cost of the fertilization.

The research plots were located on four sites within the Canton of Turrialba (Costa Rica) which represented possible plantation zones in the future.

Four levels of fertilization with 20-20-0 formula were tested: 0,00, 0,115, 0,230 and 0,345 Kg/tree until 6 months of age.

A randomized block design was used. The fertilizer was divided into 3 applications, one in the planting hole, one a month later on the surface, and one at 4 months age, also on the surface of the soil.

The evaluation was made by studying height growth, growth of the diameter of the stem and crown, and the number of leaves produced at the end

of 6 months.

Soil and rainfall data was also taken.

The most important results of this study indicate that:

- 1) the rate of growth differs with sites,
- 2) that the fertilizer used produced significant effects on the variables measured,
- 3) that the effect of the fertilizers followed a lineal tendency.

The additional increments due to the effects of the fertilizer, converted into the cost per meter of additional height produced, indicated that the best site for fertilization was a soil with a good structure which lacked only one or two elements present in the fertilizer.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. ABDURACHIM, M.R.A. Durability and seasoning of Ramin. *Gonystylus* sp. *Rimba Indonesia* 9(3):199-213. 1964.
2. BACKER, C.A. y BRINK, R.C.B. VAN DEN. *Flora de Java*. Groningen, Noordhoff, 1963. v.7, p.303.
3. BOR, N.L. *Manual of Indian forest botany*. New York, Oxford University Press, 1953. 441 p.
4. BRASIL SOBRINHO, M.O.C. DE et al. Comparación entre los distintos mo dos de localización de los abonos en la plantación de *Eucalyptus* (E. saligna, smith). *Fertilite* 18:15-20. 1963.
5. BRISCOE, C.B. Ensayos de plantación estadísticamente válidos. *Caribbean Forester* 22(3-4):64-68. 1963.
6. CALZADA BENZA, J. *Métodos estadísticos para la investigación*. 2da. ed. Lima, Perú, Sesartor, 1964. 498 p.
7. CORNER, E.J.H. *Wayside trees of Malaya*. 2nd.ed. Singapore, Malaya, Government Printing Office, 1952. v.2, 228 p.
8. DABRAL, S.N. *Silviculture of some of the little known timber of India and their uses*. *Proceedings of the Symposium on timber*, New Delhi, 1691:48-60. 1959. (Original no consultado; compendiado en *Forestry Abstracts* 25(2):206. 1964.)
9. DASS, D.K. *Properties of wood in relation to structure*. *Pakistan Journal of Forestry* 13(4):359-366. 1963.
10. DAWKINS, H.C. *Grown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees*. *Commonwealth Forestry Review* 42(4):318-333. 1963.
11. DICKS, H.M., JACKSON, D.A. y KIRK, D.R. *Fertilization of Eucalyptus grandis/saligna a preliminary report*. *South African Forestry Journal* 54:22-29. 1965. (Original no consultado; compendiado en *Forestry Abstracts* 27(3):449. 1963).
12. DONDOLI B., C. y TORRES M., A.J. *Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central*. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1954. 180 p.
13. FASSBENDER, H.W. *Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfata da en la producción de caña de azúcar en la Hacienda Atirro*. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. 15 p.
14. FOX, J.E.D. *Some data on the growth of Anthocephalus cadamba (Roxb) miq. in Sabah*. *Malayan Forester* 31(2):89-100. 1968.

15. GONZALEZ, M.C. Germinación y supervivencia al repique de Anthocephalus cadamba Miq. (Kadam). Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 95 p. (mimeografiado).
16. GRANT, J.S. Diary excerpts of a Malayan Forester at large. Malayan Forester 21(1):22-27. 1958.
17. GRIJPMAN, P. Anthocephalus cadamba, a versatile, fast growing industrial tree species for the tropics. Turrialba (Costa Rica) 17(3):321-329. 1967.
18. GUHA, S.R.D. y MUKHERJEE, V.N. Chemical pulps for writing papers from Anthocephalus indicus (Kadam) (A. cadamba). Paper Salesman 7(7)1961. 2 p. (Original no consultado; compendiado en Forestry Abstracts 27(4):789. 1966).
19. GUIMARAES, R.F., GOMES, P.F. y MALAVOLTA, E. Adubação em mudas de Eucalyptus saligna Sm. Revista Forestal Argentina 4(1):15-19. 1960.
20. HARDY, F. The soils of the I.A.I.A.S. areas. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1961. 75 p. (mimeografiado).
21. HOLDRIDGE, L.R. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science 105(2727):367-368. 1947.
22. INDEX KEWENSIS plantarum phanerogamarum nomina et synonyma omnium generum et specierum a Linnaeo usque ad annum DCCCLXXXV completens nomine. Oxford Clarendon Press, 1895. v.1, p.148.
23. JONES, C.H. y CURLIN, J.W. The role of fertilizers in improving the hardwood of the Tennessee Valley. In Symposium on Forest Fertilization, Gainesville, Alabama, April 18-21, 1967. Forest Fertilization Theory and Practice. Muscle Shoals, 1968. pp. 185-190.
24. KHAN, S.A. Pencil wood studies. Pakistan Journal of Forestry 13(4): 367-369. 1963.
25. LOAIZA, V.H. El efecto del uso de herbicidas y fertilizantes en el crecimiento inicial del Pinus caribaea Morelet var. hondurensis (Seneclaus) Barret et Golfari y Eucalyptus saligna Smith en plantación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. 106 p. (mimeografiado).
26. LOJAN, L. Periodicidad del clima y del crecimiento de especies forestales en Turrialba. Turrialba (Costa Rica) 17(1):71-83. 1967.

27. LOJAN, L. Tendencias del crecimiento radial de 23 especies forestales del trópico. Turrialba (Costa Rica) 18(3):275-281. 1968.
28. LUGO, A.E. Photosynthetic studies on rain forest seedling (Abstr.) Bulletin of the Ecological Society of America 46(3):93. 1965.
29. Mac MILLAN LECTURESHIP, H.R. Fertilization as a production factor in industrial forestry. Vancouver, Canada, University of British Columbia, 1967. p.28.
30. Mac ALPINE, R.G. Response of plantes yellow -poplar to diamonium phosphate fertilizer. U.S. Forest Service. Southeastern Forest Experiment Station Research Note 132 s.p. 1959.
31. MAKI, T.E. Necesidad de fertilizantes en la producción maderera. Unasylya 20(3):49-54. 1966.
32. MAZARIEGOS, F.J. Abonamiento con NPK en maíz y frijol y su efecto residual sobre la productividad y propiedades del suelo. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. 100 p.
33. MENNINGER, E.A. Flowering tree of the world for tropical and warm climates. New York, Hearthside, 1962. pp.247.
34. _____. What flowering tree is that? Florida, Southeastern, 1958. p. 143.
35. METRO, A. Silviculture. Unasylya 21(3-4):23-45. 1967.
36. NAJASAPOTRA, S. Cold soda pulping of hardwood species. Rimba Indonesia 9(4):278-283. 1964.
37. PHILLIPS, F.H. Pulping studies on New Guinea wood III Investigations on various hardwood species. Div. For. Prod. Technol. Pap. For. Aust. no. 36. 1955. pp. 22 (Original no consultado; compendiado en Forestry Abstracts 27(2):342-343. 1966).
38. QURESHI, I. y JADAV, J. Use of fertilizers and manures in forestry. Indian Forester 93(12):777-794. 1963.
39. PITT, C.J.W. Fast growing tropical trees species for plantation. Comm. For. Rev. 45(1):80-82. 1966.
40. RAIGOSA, J. E. Efecto del abonamiento sobre el crecimiento inicial de plantaciones de Anthocephalus cadamba Miq. y Cordia alliodora (Ruiz y Pav) Cham. en dos tipos de suelos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 102 p. (mimeografiado).

41. SOEDIONO, J. Measurement data from six sample plots of Anthocephalus cadamba, Rapp. Boshouwproefsta Bogor no. 72. 1955. 10 p. (Original no consultado; compendiado en Forestry Abstracts 17(3): 422. 1956).
42. STANDARD TIMBERS names of Indonesia, Malayan, N. Borneo y Sarawak. Malayan Forester 18(3):138-144. 1955.
43. STEEL, G.D. y TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw-Hill, 1960. 481 p.
44. STEPHENS, G.R. Assimilation by Kadam (Anthocephalus cadamba) in laboratory and field. Turrialba (Costa Rica) 18(1):60-63. 1968.
45. TREES AND timbers of Sarawak and Brunei Leaft. For. Dep. Sarawak nos. 9-23. 1953. (Original no consultado; compendiado en Forestry Abstracts 15(2):219. 1954).
46. WOOD CHEMISTRY, pulp and paper: pulping and papermaking properties of New Guinea timbers. Extr. from Rep. For. Prod. Aust. 1963. 64(17). 1964.

APENDICE

Cuadro 18. Incremento adicional en %/tratamiento

a) Altura de plantas

Localidades	Gramos de fertilizante 20-20-0/árbol en 6 meses		
	0,115	0,230	0,345
Puente Cajón	47,8	51,3	56,4
El Recreo	12,0	27,1	43,3
Atirro	51,2	51,9	53,7
Florencia Norte	1,0	3,0	8,5

b) Diámetro del tallo

Puente Cajón	14,5	15,7	17,6
El Recreo	7,5	17,0	53,3
Atirro	43,0	44,4	44,1
Florencia Norte	4,0	1,4	11,0

Cuadro 19. Costo total en US\$ de la fertilización del experimento con fertilizante 20-20-0

Kg de abono 20-20-0/árbol a 6 meses	C O S T O E N U S \$				
	Fertilizante	Mano de obra	Transporte	Total	Por árbol
0,115	5,22	3,46	0,86	9,54	0,023
0,230	10,44	6,92	1,72	10,98	0,047
0,345	15,66	10,38	2,58	28,62	0,071

Diseño de campo de Atirro

I	0,000	0,115	0,230	0,345
II	0,115	0,230	0,345	0,000
III	0,230	0,345	0,000	0,115
IV	0,345	0,000	0,115	0,230

Orden
de los árboles
en cada parcela
para la medición

21	22	23	24	25
20	19	18	17	16
11	12	13	14	15
10	9	8	7	6
1	2	3	4	5

Diseño de campo de Florencia Norte

21	22	23	24	25
20	19	18	17	16
11	12	13	14	15
10	9	8	7	6
1	2	3	4	5

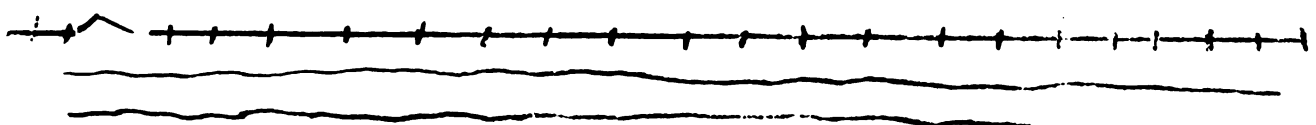
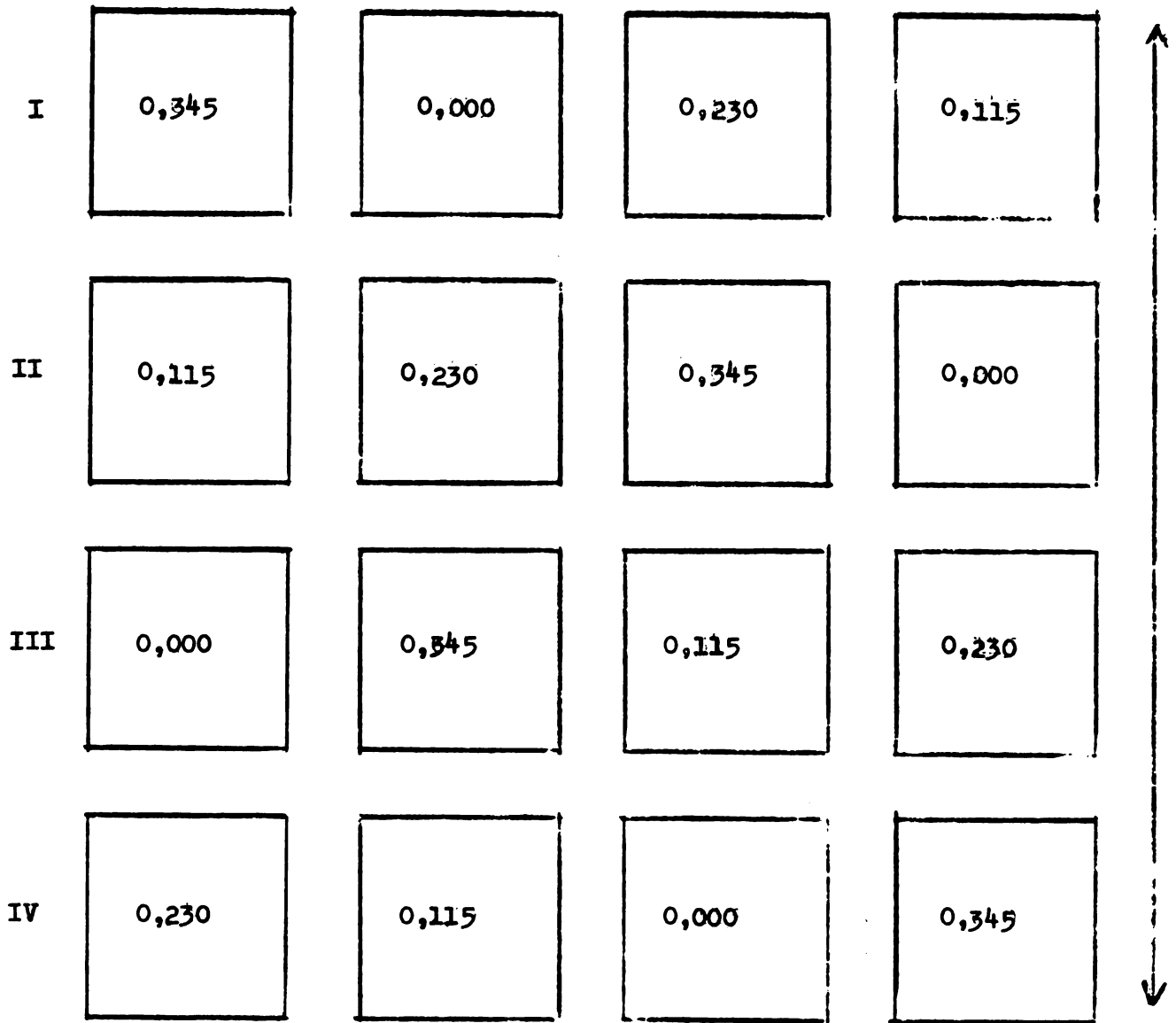
Orden
de los árboles
en cada parcela
para la medición

Block	I	Block	II	Block	III	Block	IV
0,115	0,000	0,230	0,345	0,345	0,230	0,115	0,230
0,230	0,345	0,000	0,115	0,115	0,000	0,000	0,345

camino

Ensayo de procedencias de
Pinus caribaea

Diseño de campo de El Recreo.



Orden
de los árboles
en cada parcela
para la medición

21	22	23	24	25
20	19	18	17	16
11	12	13	14	15
10	9	8	7	6
1	2	3	4	5



Fig. 17. Respuesta en el crecimiento de los árboles con la aplicación de 525 kg/ha., hasta los 9 meses, en Puente Cajón.



Fig. 18. Respuesta en el crecimiento de los árboles testigos hasta los 9 meses en Puente Cajón.



Fig. 19. Respuesta en el crecimiento de los árboles con la aplicación de 525 kg/ha. hasta los 9 meses en El Recreo.



Fig. 20. Respuesta en el crecimiento de los árboles testigos hasta los 9 meses en El Recreo.



Fig. 21. Respuesta en el crecimiento de los árboles con la aplicación de 157,5 kg/ha. hasta los 9 meses en Atirro.



Fig. 22. Una vista panorámica del experimento de fertilización sobre el crecimiento inicial del *Anthocephalus cadamba* en Atirro.