

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSTGRADO

Biblioteca Central
ORTON - IICA
17 DIC 1997
Turrialba, Costa Rica

CORRELACION JUVENIL - MADURO EN GMELINA
(*Gmelina arborea* Roxb.)

POR

ROBERTO ABEL HERASME MONTAS



Turrialba, Costa Rica
1997

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
CATIE

Biblioteca Comemorativa
ORTON - IICA - CATIE

DE 17 DIC 1997

RECIBIDO

Turrialba - Costa Rica

PROGRAMA DE EDUCACION
ESCUELA DE POSTGRADO
CATIE

CORRELACIONES JUVENIL MADURO EN *Gmelina Arborea* ROXB

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Postgrado, Programa de Educación en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar por el grado de

Magister Scientiae

Por


ROBERTO ABEL HERASME MONTAS

Turrialba, Costa Rica
1997


Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

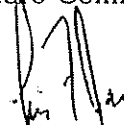
FIRMANTES:




Francisco Mesén
Profesor Consejero




Rodolfo Salazar
Miembro Comité Asesor



Luis Fernando Jara
Miembro Comité Asesor



Juan A. Aguirre
Jefe, Area de Postgrado



Markku Kanninen
Director, Programa de Enseñanza



Roberto Abel Herasme Montas
Candidato

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso.

A Consuelo Montas, mi madre por su dedicación, amor y entrega a nuestra familia.

A Pedro Herasme, mi padre

A mis hermanos y sobrinos, todos ustedes son parte de esta superación.

A mi esposa Xochilt, con profundo amor, respeto y admiración y a mi hijo Roberto Carlos.

A mi país, República Dominicana

AGRADECIMIENTO

Al proyecto de semillas forestales (PROSEFOR/DANIDA), por financiar mis estudios de maestría.

Al CATIE, eternamente agradecido.

FRANCISCO MESEN, Ph.D por ser mas que un profesor consejero en estos dos años.

RODOLFO SALAZAR, Ph.D y FERNADO JARA, M.Sc. por su amistad y oportunos consejos.

A todos los profesores de esta institución.

A ALBERTO SANCHEZ y YONI RODRIGUEZ, a ustedes dos con sentimiento de amistad y agradecimiento.

A mis amigos de RD, para aquellos que verdaderamente sienten ser parte de este esfuerzo, a todos ustedes con sinceridad.

A las autoridades presentes y pasadas de la D.G.F por su apoyo en estos dos años.

Al personal del Banco de Semillas, especialmente a Don Salas, Alfonso, Mario y a mi eterno amigo Luis, a todos gracias por su amistad y apoyo.

A mis compañeros de promoción especialmente a YOLANDA NUÑEZ, ADRIANA ORTIN, EDWIN SOLORZANO y JUAN JOVEL, nunca podré olvidar los momentos difíciles y alegres que pasamos en estos dos años.

A DIEGO DELGADO, M.Sc. y EDDY SALAZAR gracias por ser un verdadero amigo en estos dos años.

A JHONNY PEREZ, por su valiosa colaboración en el proceso de análisis estadístico.

A todos el personal del área de Postgrado y al personal de la Biblioteca.

A DON PURO y DOÑA LUISA...

CONTENIDO

	<u>Pg</u>
RESUMEN	xi
SUMMARY	xii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
III. HIPOTESIS	3
IV. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
4.1 Edad de selección	3
4.2 Limitaciones de las correlaciones juvenil - maduro	4
4.3 Relación entre las diferentes variables y las edades de selección	5
4.4 Características generales de la <i>Gmelina arborea</i> ROXB.	6
V. MATERIALES Y METODOS	8
5.1 Descripción del ensayo de <i>Gmelina arborea</i> (ROXB.) plantado en 1991-1993	8
5.2 Sitios experimentales del ensayo de <i>Gmelina arborea</i> (ROXB.) plantado en 1991-1993	9
5.3 Diseños experimentales del ensayo de <i>Gmelina arborea</i> (ROXB.) plantado en 1991-1993	9
5.4 Manejo y mediciones	9
5.5 Resultados del ensayo	10
5.6 Localización del ensayo experimental de progenies de <i>Gmelina arborea</i> (ROXB.) en su fase juvenil	10
5.7 Descripción del diseño experimental	11
5.8 Mediciones	12
5.9 Modelo y análisis estadístico	12
VI. RESULTADOS	16
6.1 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 7 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años	21
6.2 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 10 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años	25
6.3 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años	30
6.4 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 7 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 años	35
6.5 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 10 semanas y las variables a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 años	35

6.6	Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 años	37
6.7	Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 7 semanas y los promedios de las variables evaluadas en los sitios 1 y 2 a los 4 años	39
6.8	Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 10 semanas y los promedios de las variables evaluadas en los sitios 1 y 2 a los 4 años	42
6.9	Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 15 semanas y promedios de las variables evaluadas en sitios 1 y 2 a los 4 años	45
6.10	Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años	48
6.11	Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 años	66
6.12	Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 16 semanas y los promedios de las variables evaluadas en los sitios 1 y 2 a los 4 años	66
6.13	Correlaciones efectuadas entre la variable juvenil área foliar (A.F) medidas en vivero a las 16 semanas y los promedios de las variables evaluadas en los sitios 1 y 2 a los 4 años	77
VII.	DISCUSION	79
VIII.	CONCLUSIONES	83
IX.	RECOMENDACIONES	84
X.	BIBLIOGRAFIA	85
XI.	ANEXOS	88

INDICE DE CUADROS

<u>En el texto</u>	<u>Pg</u>
Cuadro 1 Localización, altitud y latitud del ensayo maduro de <i>Gmelina arborea</i> ROXB. en 1991-1993	14
Cuadro 2 Detalles de las progenies de <i>Gmelina arborea</i> ROXB. incluidas en el ensayo a nivel de vivero	15
Cuadro 3 Valores de las variables juveniles: altura y diámetro basal en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. bajo tres niveles de fertilización en las 9 progenies evaluadas a las 7 semanas de edad	17
Cuadro 4 Valores de las variables juveniles: altura y diámetro basal en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. bajo tres niveles de fertilización en las 9 progenies evaluadas a las 10 semanas de edad	18
Cuadro 5 Valores de las variables juveniles: altura, diámetro basal, MFH, MFT, MFR, MSH, MST, MSR, RBRF, RBRS y A.F en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. bajo tres niveles de fertilización en las 9 progenies evaluadas a las 15 semanas (altura y diámetro basal) y 16 semanas de edad	20
Cuadro 6 Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 7 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. en el sitio 1 a los 4 años	21
Cuadro 7 Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 10 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. en el sitio 1 a los 4 años	26
Cuadro 8 Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. en el sitio 1 a los 4 años	30
Cuadro 9 Coeficiente de correlación entre las variables en vivero a las 10 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. en el sitio 2 a los 4 años	36
Cuadro 10 Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. en el sitio 2 a los 4 años	37
Cuadro 11 Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 7 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. y promedios del sitio 1 y 2 a los 4 años	39
Cuadro 12 Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en el vivero a las 10 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. y promedios del sitio 1 y 2 a los 4 años	42
Cuadro 13 Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en el vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. y promedios del sitio 1 y 2 a los 4 años	45

Cuadro 14	Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas en vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. en el sitio 1 a los 4 años	50
Cuadro 15	Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en la especie <i>Gmelina arborea</i> ROXB. y el promedio en los sitios 1 y 2 a los 4 años	68
Cuadro 16	Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas a nivel de vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo sitio 1 y 2 a los 4 años	77

En anexo

Cuadro A1.	Análisis de varianza para la variable juvenil altura a las 7 semanas	89
Cuadro A2.	Análisis de varianza para la variable juvenil diámetro basal a 7 semanas	89
Cuadro A3.	Análisis de varianza para la variable juvenil altura a las 10 semanas	89
Cuadro A4.	Análisis de varianza para la variable juvenil diámetro basal a 10 semanas	90
Cuadro A5.	Análisis de varianza para la variable juvenil altura a las 15 semanas	90
Cuadro A6.	Análisis de varianza para la variable juvenil diámetro basal a 15 semanas	90
Cuadro A7.	Análisis de varianza para la variable juvenil masa fresca de la hoja (MFH) a las 16 semanas	91
Cuadro A8.	Análisis de varianza para la variable juvenil masa fresca del tallo (MFT) a las 16 semanas	91
Cuadro A9.	Análisis de varianza para la variable juvenil masa fresca de la raíz (MFR) a las 16 semanas	91.
Cuadro A10.	Análisis de varianza para la variable juvenil masa seca de la hoja (MSH) a las 16 semanas	92
Cuadro A11.	Análisis de varianza para la variable juvenil masa seca del tallo (MST) a las 16 semanas	92
Cuadro A12.	Análisis de varianza para la variable juvenil masa seca de la raíz (MSR) a las 16 semanas	92
Cuadro A13.	Análisis de varianza para la variable juvenil relación brote : raíz fresca (RBRF) a las 16 semanas	93
Cuadro A14.	Análisis de varianza para la variable juvenil relación brote : raíz seco (RBRF) a las 16 semanas	93
Cuadro A15.	Análisis de varianza para la variable juvenil área foliar (AF) a las 16 semanas.	93

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pg</u>
Fig 1. Regresiones entre altura juvenil en vivero a las 7 semanas bajo nivel de fertilización 1 y : a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	22
Fig 2. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 7 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	23
Fig 3. Regresiones entre volumen en el sitio 1 a los 4 años y: a) altura juvenil y b) diámetro basal juvenil bajo nivel de fertilización 2 en vivero a las 7 semanas	24
Fig 4. Regresión entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 0 y volumen en el sitio 1 a los 4 años.	25
Fig 5. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	28
Fig 6. Regresión entre altura juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 2 y DAP en el sitio 1 a los 4 años	29
Fig 7. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura y b) vol en el sitio 1 a los 4 años	29
Fig 8. Regresión entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 0 y DAP en el sitio 1 a los 4 años	31
Fig 9. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	32
Fig 10. Regresión entre altura juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 2 y DAP en el sitio 1 a los 4 años	33
Fig 11. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	34
Fig 12. Regresión entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 1 y DAP en el sitio 2 a los 4 años	35
Fig 13. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol en el sitio 2 a los 4 años	38
Fig 14. Regresiones entre altura juvenil en vivero a las 7 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	40
Fig 15. Regresiones entre diámetro basal juvenil a las 7 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	41
Fig 16. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	43
Fig 17. Regresión entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 2 y DAP promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	44
Fig 18. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	46
Fig 19. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) DAP y b) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	47
Fig 20. Regresiones entre masa fresca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	51
Fig 21. Regresiones entre masa fresca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años	52
Fig 22. Regresión entre masa seca de la hoja a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y DAP en el sitio 1 a los 4 años	53
Fig 23. Regresiones entre la masa seca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	54
Fig 24. Regresiones entre la masa seca de la raíz a las 16 semanas bajo el nivel de fertilización 0 y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años	55

Fig 25.	Regresiones entre la masa fresca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo el nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años	56
Fig 26.	Regresiones entre la masa fresca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo el nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años	57
Fig 27.	Regresiones entre masa fresca de la raíz a las 16 semanas bajo el nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	58
Fig 28.	Regresiones entre la masa seca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo el nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	59
Fig 29.	Regresiones entre la masa seca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo el nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años	60
Fig 30.	Regresiones entre la masa seca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo el nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	61
Fig 31.	Regresiones entre la masa fresca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años	62
Fig 32.	Regresiones entre la masa fresca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	63
Fig 33.	Regresiones entre la masa seca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	64
Fig 34.	Regresiones entre la masa seca de la raíz a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años	65
Fig 35.	Regresiones entre la masa fresca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y: a) DAP y b) Vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	69
Fig 36.	Regresiones entre la masa seca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y: a) DAP y b) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	70
Fig 37.	Regresiones entre la masa fresca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	71
Fig 38.	Regresiones entre la masa fresca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	72
Fig 39.	Regresiones entre la masa fresca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	73
Fig 40.	Regresiones entre la masa seca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	74
Fig 41.	Regresiones entre la masa seca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	75
Fig 42.	Regresiones entre la masa fresca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 2 Y: a) altura madura, b) DAP y c) vol promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	76
Fig 43.	Regresión entre área foliar en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y DAP promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años	78

RESUMEN

HERASME M., R.A. 1997. Correlación juvenil - maduro en *Gmelina arborea* ROXB.

Palabras claves: *Gmelina arborea*, correlación juvenil - maduro, progenies, fertilización .

La presente investigación tuvo como objetivo cuantificar la magnitud de las correlaciones entre parámetros de crecimiento en árboles de la especie *Gmelina arborea* observados en ensayos de progenies a los 60 meses de edad y los observados en etapa juvenil utilizando semillas de la misma progenie.

El ensayo maduro se realizó en Nicoya (Sitio 1) y Hojancha (Sitio 2) de la provincia de Guanacaste; la fase juvenil se llevó a cabo en el CATIE, correspondiente el área a una zona ecológica de bosque muy húmedo premontano.

Se utilizaron nueve progenies de la especie *Gmelina arborea*, cinco que presentaron el mejor comportamiento en el ensayo de campo y cuatro progenies que mostraron el peor comportamiento. Los niveles de fertilización fueron 0, 5 y 10 g /por bolsa de la fórmula 10-30-10 (NPK). Las progenies y los niveles de fertilización fueron distribuidos en un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con un arreglo factorial de nueve progenies por tres niveles de fertilización, con seis repeticiones.

Se realizaron mediciones a todas las plantas de altura total y diámetro al cuello de la raíz a las 7, 10 y 15 semanas posterior al repique. A las 16 semanas se eligieron dos bloques al azar y se realizó un muestreo destructivo tomando dos plantas por tratamiento para determinar la masa fresca y seca de las hojas, tallo y raíz. Las variables antes mencionadas fueron correlacionadas con la altura, el dap y el volumen medido a los 60 meses de edad en las mismas progenies en los ensayos de campo en los sitios 1 y 2, además de los valores promedios de ambos sitios (Sitio 3).

Los resultados encontrados indican que los mejores periodos de evaluación en vivero fueron las 10 y 15 semanas; y las mayores correlaciones se obtuvieron entre la variable juvenil diámetro basal y las variables maduras DAP y volumen. El mejor nivel de fertilización resultó ser el nivel 1. La progenie que presentó el mejor comportamiento tanto en la fase juvenil como maduro fue la 34 de las mejores familias y el peor comportamiento fue la progenie 1 de las peores familias, tanto en la fase juvenil como madura.

Se concluye que los tratamientos de fertilización evaluados fueron efectivos, para aumentar la eficiencia de las correlaciones y que las correlaciones a etapas tan temprano como 10 semanas permiten predecir con un alto grado de confianza el comportamiento adulto de progenies de *Gmelina arborea*.

SUMMARY

HERASME M., R.A. 1997. Juvenile-mature correlation in *Gmelina arborea* ROXB

Keywords: *Gmelina arborea*, juvenile-mature correlation, progenies, fertilizing

The objective of this research was to quantify correlation magnitudes between growth parameters of *Gmelina arborea* trees observed in 60 months old progeny experiments and those observed in juvenile stages using seeds from the same progeny.

The mature experiment was conducted in Nicoya (Site 1) and Hojancha (Site 2) located in the Guanacaste province; the juvenile stage was located in CATIE, at an ecological area corresponding to a premontane very humid forest.

Nine *Gmelina arborea* species progenies were utilized; five of them showing the best performance in the field test and the other four presenting the worst performance. Fertilizing levels were 0, 5 and 10 g/per bag of 10-30-10 formulation (NPK). Progenies and fertilizing levels were distributed in a completely random blocks design (CRB) with a factorial arrangement of nine progenies by three fertilizing levels with six repetitions.

The total height and diameter at root base were measured at 7, 10 and 15 weeks after repique. After 16 weeks two random blocks were chosen to conduct a destructive sampling, taking two plants per treatment in order to determine leaves, stem and root's fresh and dry mass. The previously mentioned variables were correlated against height, dbh, and the volume measure at 60 months of age for the same progenies in the field tests located in sites 1 and 2, together with the average values for both sites (Site 3).

The results indicate that that best greenhouse evaluation periods were 10 and 15 weeks. The highest correlations were obtained between the juvenile basal diameter variable and the dbh, mature and volume variables. The best fertilizing level was level 1. From the best families, the progeny which presented the best performance, both at juvenile and mature stages was the 34; and from the worst families the one which showed the worst performance was progeny 1, both at juvenile and mature stages.

It is concluded that the fertilizing treatments evaluated were effective to increase the correlations efficiency and that correlations at stages as early as 10 weeks allow to forecast with a high level of assurance the adult performance of *Gmelina arborea* progenies.

I. INTRODUCCION

En los trópicos, la pérdida de los bosques naturales es cada vez más evidente; la destrucción de unos 7.5 millones de hectáreas de bosque húmedos tropicales por año, además de unos 4 millones de hectáreas de bosques claros y de sabana, ha puesto de relieve la importancia de su manejo sostenible y ordenación (FAO/ PNUMA, 1981, citado por Schmidt, 1987).

Ante este peligro constante sobre los bosques tropicales, surge la necesidad de las plantaciones forestales como un medio de frenar dicha destrucción y preservar los recursos que aun quedan. Las plantaciones forestales han tenido una importancia continua y creciente en el desarrollo económico de Costa Rica. En los últimos seis años se han establecido más de 16000 hectáreas por año; esto da una idea de la necesidad de preservar los bosques como fuente primaria de germoplasma para desarrollar programas de mejoramiento genético forestal, que permitan obtener materiales de propagación de alto valor genético, abundante, al menor costo y en el menor tiempo posible, para satisfacer la demanda creciente de semillas.

El problema de la deforestación alcanza dimensiones impresionantes en la región, ya que sólo en Costa Rica se deforesta una tasa promedio aproximada de 48000 hectáreas anuales, con una tendencia a disminuir en los últimos años a unas 30000 hectáreas por año (Mirenen, 1994).

De todo esto nace la necesidad de las plantaciones forestales como una forma de reducir la presión sobre los bosques naturales y recuperar áreas degradadas por el uso de la tierra en actividades agrícolas intensivas y el sobre pastoreo. De ahí la necesidad de utilizar semillas mejoradas para dicha actividad. Esta demanda de semillas nos conduce a buscar nuevas técnicas de mejoramiento genético forestal para obtener mejor material de propagación en el menor tiempo posible.

Los ensayos de correlación juvenil-maduro han sido objeto de diversos estudios, en especial con especies de pino. Esto representa un área de especial interés en genética forestal, por las ventajas que representan en el campo del mejoramiento forestal, por ejemplo, la reducción del turno de evaluación de varios años a pocos meses y la posibilidad de evaluar un número mucho mayor de genotipos de los que es posible bajo condiciones de campo .

Un aspecto importante de este estudio es que es el primero de su naturaleza que se va a realizar en la región centroamericana. Este estudio realizará con una especie que en la actualidad tienen mucha demanda en los países de la región por su utilización tanto en los programas de plantaciones y sistema agroforestales como a nivel industrial.

Los estudios tradicionales de correlación juvenil-maduro se realizan en una secuencia vivero-campo, en este caso será inverso ya que el ensayo de progenie de *G. arborea* ya fueron establecidos y evaluados por el CATIE en Costa Rica y se tienen semillas de las mismas progenies en el Banco de Semillas Forestales (PROSEFOR), las cuales pueden utilizarse para ensayos de comportamiento a nivel juvenil y permitir comparaciones conociendo de antemano el comportamiento del material maduro.

De lo anteriormente descrito se plantean los siguientes objetivos .

II. OBJETIVOS

Objetivo general.

Cuantificar la magnitud de las correlaciones entre parámetros de crecimiento en árboles de la especie *Gmelina arborea* observados en ensayos de progenies a los 60 meses de edad y los observados en etapa juvenil utilizando semillas de las mismas progenies.

Objetivos específicos

- Determinar el grado de correlación para las variables de crecimiento: altura, diámetro basal, área foliar, masa seca del tallo, del follaje y de la raíz en plántulas de vivero de nueve progenies de *Gmelina arborea* y altura de las mismas progenies a los 60 meses de edad.
- Determinar si la aplicación de diferentes niveles de fertilización en la etapa juvenil permite obtener una mayor correlación con características de crecimiento en la etapa madura.

III. HIPOTESIS

Ho: No existe correlación entre las variables medidas en etapa juvenil a las edades de uno hasta cinco meses en progenies de *Gmelina arborea* y las variables de crecimiento alturas, DAP y volumen medidas a la edad de 60 meses en árboles de las mismas progenies.

Ha: Las variables medidas en etapa juvenil a edades de uno hasta cinco meses en progenies de *Gmelina arborea* están correlacionadas con las variables de crecimiento altura, DAP y volumen medida a las edades de 60 meses en árboles de las mismas progenies.

IV. REVISION BIBLIOGRAFICA

4.1 Edad de selección

Dentro de los programas de mejoramiento genético forestal, la selección a edades tempranas es una práctica común que se hace con la finalidad de acortar los ciclos de mejoramiento en programas avanzados y además permite al mejorador otras opciones tales como pruebas genéticas más pequeñas, medición más fácil y mayor adaptabilidad de las especies a ser utilizadas en los programas de reforestación y su aceptación en los mercados internacionales (Lambeth, 1980) sin embargo, uno de los principales escollos que enfrentan los genetistas forestales en el mejoramiento de árboles forestales es determinar la edad ideal que les permita hacer selecciones en ensayos genéticos; el poder seleccionar en menor tiempo les permitiría: ganar tiempo, economizar recursos económicos y disponer mejor de los espacios para los ensayos (Lambeth, 1980).

Nanson (1970), encontró que un intervalo corto de generación permite probar más familias y/o más individuos, lo cual permitiría una mayor intensidad de selección y una alta ganancia genética.

El éxito de los estudios de correlación juvenil-maduro, depende de la existencia de heredabilidad en los rasgos juveniles y maduros (Falconer, 1981).

A través de una selección temprana, los mejoradores esperarían un incremento en la ganancia genética en el tiempo. Al mismo tiempo, se puede acortar el ciclo de selección, así como también el ciclo de mejoramiento (Squillace y Gansel, 1974).

Aunque existen informes ocasionales que indican la existencia de buenas correlaciones juvenil-maduro para el crecimiento en volumen, la mayoría de las publicaciones indican que no pueden obtenerse una estimación confiable del rendimiento del genotipo en individuos maduros sino hasta casi la mitad del turno de rotación (Wakeley, 1971; Franklin, 1979).

Cuando se realizan estudios de correlación juvenil-maduro, las mediciones hechas en vivero con las procedencias o progenies proporcionan la primera oportunidad para predecir o estimar el futuro comportamiento de las mismas progenies o procedencias en plantaciones de varias edades. Esto conduce a una ganancia de tiempo, ya que no hay que esperar varios años para conocer el desempeño de dichos individuos en el campo.

4.2 Limitaciones de la correlaciones juvenil - maduro

Mucha de las especies forestales no florecen a una edad temprana, lo cual hace que un programa de mejoramiento rápido sea difícil; aunados al problema del tiempo de generación lento, las correlaciones juvenil-maduro, especialmente en lo que respecta a las características de crecimiento, suelen no ser satisfactorias (Zobel y Talbert, 1988).

Las pobres correlaciones juvenil-adulto para características de crecimiento, resultan del hecho de que los diferentes árboles poseen distintas curvas de crecimientos. Algunas inician el crecimiento y madurez rápidamente, seguida de una demora en su crecimiento; mientras que otros lo inician lentamente pero crecen a una tasa constante durante un largo período de tiempo y finalmente alcanzan a los primeros (Zobel y Talbert, 1988).

Otra limitación importante en este tipo de experimento lo constituye la edad de selección temprana, ya que no existen datos precisos de ensayos anteriores que indiquen a qué edad podría hacerse dicha selección.

4.3 Relación entre las diferentes variables y las edades de selección

Squillace y Gansel (1974), trabajando con familias de pino Slash (*Pinus elliottii* Engelm) en parcelas de plantas individuales, encontraron correlaciones medias (0.80) entre altura a la edad de 25 años y altura a las edades de 3, 8, 14, y 18 años.

Wakeley (1971), con los pinos Slash, de incienso (*Pinus taeda* L), hoja grande (*P. Palustris* Mill) y hoja pequeña (*P. echinata* Mill), encontraron correlaciones altas para alturas y diámetro entre las edades de 20 y 30 años. Sus correlaciones se basaron en fenotipos individuales incluyendo así todas las variaciones no aditivas y ambientales

Van Buijtenen *et al.*(1980) trabajaron con diez familias de polinización abiertas de *Pinus Taeda*, cinco de crecimiento rápido y cinco de crecimiento lento, a la cual se le aplicaron cuatro tratamientos hídricos en etapa de vivero, encontraron que aquellas familias que crecieron bajo los tratamientos hídricos de estrés y medianamente estrésados, fueron las que presentaron las mejores correlaciones positivas entre la relación tallo:raíz y el promedio del volumen superior de la misma familia creciendo sobre un rango de sitios en etapa de campo.

Ying y Morgenstern (1979) encontraron correlaciones genéticas de $r: 0.60-0.92$ entre altura a las edades de 8 y 11 años y altura a la edad de 22 años, para familias de polinización abierta de pino blanco (*Picea glauca*).

Cannell *et al.* (1978) encontraron una correlación significativa entre la tasa de crecimiento de plántulas de familias de pino loblolly y volúmenes de las mismas familias a la edad de 8 años.

Lambeth (1979), trabajando con pino Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) encontró que aquellas familias que presentaron mayor relación brotes : raíz en la fase de vivero, fueron las que tuvieron mayor volumen en el campo a la edad de 6 años.

Lambeth (1980), en sus estudios sobre sobre correlación juvenil-maduro con *Pinus elliotti* concluyó que 5-6 años es el período de prueba óptimo en términos de ganancia máxima por años para rotaciones de 20 años, y 7-8 años para rotaciones de 25 años de pino Slash, según Squillace y

Gansel (1974) ; sin embargo , Wakeley (1971) y Franklin (1979) sugieren que la selección sea realizada hasta la mitad de la fase genotípica madura, la cual es típicamente cerca de la mitad de la edad de rotación.

Por su parte, Steinhoff (1974), trabajando con especies de pino Ponderosa y pino blanco, determinó que las evaluaciones de estas dos progenies en plantaciones, con base en altura a la edad de 15 ó 20 años, podría tener relativamente bajos valores para rotaciones a edades de más de 50 años.

4.4 Características generales de la *Gmelina Arborea ROXB*:

Gmelina arborea, de la familia Verbenaceae, es conocida por los nombres comunes: melina (Centro Americana), yemane (Burna), gumhar (India) y gamar (Bangladesh).

Gmelina arborea (Roxb.) es sinónimo de *Gmelina arborea* Linn y junto con *G. mollucana*, son las dos únicas especies del género que se desarrollan como árboles. Su rango de distribución natural es muy amplio (CATIE 1991; Geilfus 1994).

La *Gmelina* es una especie muy prometedora para plantaciones de leña en tierras bajas húmedas, debido a que puede establecerse más fácilmente y a un menor costo que otras especies y a que regenera bien de rebrotes y semillas (CATIE, 1984). La especie se encuentra establecida ya en muchos países y su semilla se consigue fácilmente debido a que los árboles producen flores y frutos abundantemente. Es de fácil manejo y propagación, se adapta bien a un amplio rango de suelos y climas y puede tener un crecimiento extraordinariamente rápido (CATIE,1984).

Es un árbol de 12 a 30 m de alto, y un diámetro máximo entre 60 y 100 cm de DAP. Cuando crece aislado, desarrolla una copa amplia, ramas gruesas, bajas y tronco muy cónico. En plantaciones densas desarrolla un fuste limpio de ramas bajas y menos cónico. Produce numerosas flores amarillas anaranjadas en racimos (CATIE 1991; Geilfus 1994) .

Sus flores son numerosas y se presentan en panículas terminales y ramificadas. La floración se produce en la época seca o al inicio de las lluvias. Las flores son monoicas perfectas o

hermafroditas (CATIE, 1991). El fruto tiene la apariencia de una aceituna, verde amarillento cuando maduro, con una almendra dura, conteniendo de una a cuatro semillas, de las cuales solo germinan de una a tres por fruto. El sistema radicular es profundo, con una raíz principal pivotante.

Es una especie decidua, de crecimiento rápido. En su ámbito natural se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1000 msnm (CATIE, 1994). Esta especie es nativa de los bosques húmedos de la India, Bangladesh, Sri Lanka, Burma y gran parte del sureste de Asia y Sur de China, pero en general se adapta mejor a las zonas de vida del Bosque Seco Tropical, Bosque Húmedo Tropical y Bosque muy Húmedo Tropical con variaciones en su desarrollo, el cual parece depender del tipo de suelo (CATIE, 1991). La melina tiene bastante plasticidad y sobrevive en un amplio rango de suelos: ácidos, limos calcáreos y suelos lateríticos. No resiste inundaciones y crece mejor en aluvio húmedo, bien drenado y rico en bases. Crece satisfactoriamente en sitios con precipitaciones de 750 a 4500 mm por año; aunque en Africa Oriental la melina se planta en regiones que tienen siete meses de sequía (CATIE, 1984).

Uno de sus usos principales es la fabricación de pulpa de papel (CATIE-ROCAP, 1986), aunque también se utiliza en la construcción de entarimados, paneles, muebles, cajas, instrumentos musicales y vagones de tren (Briscoe, 1995) como árbol de uso múltiple su participación en sistemas agroforestales se ve limitado a cercas vivas y al asocio inicial con cultivos anuales (Sistema Taungya) (CATIE, 1991). Las flores de esta especie producen miel de excelente calidad. El follaje joven es apetecido por animales, los cuales pueden producir daños a las plantaciones jóvenes o a los rebrotes por el ramoneo. También produce néctar y polen en abundancia y es utilizado como leña (Sandoval y Martínez, 1989; CATIE, 1991).

Entre los factores limitantes de la melina están las condiciones de suelo, ya que es de gran importancia en el desarrollo de la especie. Los rendimientos más satisfactorios se dan en suelos profundos, húmedos, bien drenados y sin obstáculos, ya que las raíces no pueden traspasar capas endurecidas o de grava compacta (Lamb, 1970). En América Central, las plantaciones más jóvenes han sido atacadas por hormigas defoliadoras del género *Atta spp.* Asimismo, en zonas muy ventosas, la especie es limitada en su desarrollo dado que presenta gran cantidad de ramas quebradas (CATIE, 1991). Otra limitación es que la melina produce mucha sombra y no protege bien el suelo de la erosión, y por esto no se recomienda plantaciones densas en áreas de laderas ni en barbechos. Además, la hojarasca puede favorecer los incendios (CATIE, 1984; Geilfus, 1994).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Descripción del ensayo de *Gmelina arborea* (ROXB.) plantado en 1991-1993.

Desde que fue introducida la *Gmelina* a Costa Rica en el 1966 (Valerio, 1986), ha sido la especie de árbol no frutal más plantado por pequeños finqueros y, más recientemente en forma industrial; esto lo demuestra las 26,000 ha que fueron plantadas en 1993 (Mirenen, 1994).

Esta especie es muy valorada por ser fácil de producir en vivero y plantar en el campo. Los árboles son de crecimiento rápido y de forma aceptable, en general son robustos, particularmente bajo condiciones de competencia. Son capaces de crecer en zonas con estaciones secas cortas o prolongadas y toleran un amplio rango de suelos. Por estas razones, el CATIE, como institución preocupada por la preservación, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales, comenzó un programa de mejoramiento genético de especies forestales en 1982, con el establecimiento de una prueba de procedencias, en Turrialba, Costa, Rica, con la especie *G. arborea* (Valerio, 1986).

En los años 1991-1993, el Proyecto Mejoramiento Genético Forestal del CATIE estableció un ensayo en 8 sitios diferentes (cuadro 1) con el objetivo de estimar la interacción genotipo-ambiente, estimar parámetros genéticos, examinar la efectividad de la selección de árboles plus y posteriormente convertir los ensayos en huertos semilleros de plántulas para la producción de semilla genéticamente mejorada.

En este ensayo, los tratamientos consistieron en 64 progenies de árboles plus, de las cuales 51 progenies estaban representadas en todos los experimentos. Los árboles fueron seleccionados con base al volumen de producción y siete caracteres de forma (Boshier y Hellin, 1989), haciendo mayor énfasis en lo último. Las selecciones fueron hechas en tres zonas de procedencias: Pavones, Turrialba, provincia de Cartago; Manila, Siquirre, provincia del Limón y Hojanca, provincia de Guanacaste.

5.2 Sitios experimentales del ensayo de *Gmelina arborea* plantado en 1991-1993.

Los ensayos fueron establecidos entre 1991 y 1993 en fincas privadas de pequeño y mediano tamaño en dos zonas de Costa Rica: Atlántico (sin época seca) y Pacífico (seis meses de época seca); estas dos zonas representan zonas climáticas y un rango de altitudes y condiciones de suelos diversos, considerando la gama amplia de sitios donde *G. arborea* está siendo plantada por los pequeños finqueros de Costa Rica. Las características de los sitios experimentales se muestran en el cuadro 1. Para efecto de las correlaciones juvenil - maduro evaluadas en este estudio, fueron seleccionados los sitios 1 y 2, debido a que en ellos se repetían las progenies seleccionadas para el estudio en su fase juvenil. La ubicación de estos sitios se presenta en los anexos 1 y 2.

Además, para las correlaciones se utilizó también un promedio general de ambos sitios, el cual fue identificado para propósitos del estudio como " SITIO 3 " .

5.3 Diseños experimentales del ensayo de *Gmelina arborea* plantado en 1991-1993.

Para el establecimiento de los ensayos se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, los cuales estaban compuestos de 9 a 36 bloques; se utilizó parcelas con líneas de tres árboles, excepto en el sitio de Guatuso, donde se utilizó parcelas con líneas de dos árboles. El número de tratamientos por sitio varió en algunos lugares de 32 tratamientos (Santa Cruz) a 47 tratamientos (Guatuso, San José). Se plantó un borde de al menos dos árboles alrededor de cada prueba con semillas del mismo lote utilizado en el ensayo, para evitar el efecto de borde.

5.4 Manejo y mediciones

El mantenimiento aplicado a los ensayos fue el mismo que los pequeños finqueros realizan en las plantaciones maderables. Por ejemplo: limpieza manual cada 3-4 meses (excepto durante la época seca) la cual la realizan los mismos propietarios o por mano de obra contratada. Se aplicó 50 g de fertilizantes (15-15-15) en la base de cada uno de los árboles en las pruebas de Nicoya y Hojancha, durante la segunda temporada de crecimiento (Agosto 1991). En los tiempos de medición, no se aplicó ningún raleo.

En cada ensayo, la medición del crecimiento y la evaluación de la rectitud del fuste fue hecha generalmente tan pronto como los árboles fueron suficientemente grandes para permitir una evaluación significativa de la rectitud del fuste. Como la tasa de crecimiento varió entre sitios, las mediciones del diámetro a la altura del pecho fueron realizadas a edades diferentes: a los 18 meses en Canalete y a los 22 y 34 meses en Guatuso. En San José, la rectitud fue medida solamente en 11 de los 20 bloques, porque en el resto de los bloques los árboles no estaban lo suficientemente grandes. La altura fue medida solamente en Hojancha, Nicoya y Santa Cruz.

5.5 Resultados del ensayo

En Costa Rica, donde existe virtualmente un amplio rango de condiciones de sitio en las cuales *G. arborea* puede crecer exitosamente, la interacción genotipo-ambiente puede ser un problema particular por la variación genética existente. Sin embargo, los resultados del presente estudio sugieren que, sobre el amplio rango de condiciones ambientales muestreadas, las poblaciones mejoradas de *G. arborea* en Costa Rica exhiben muy poca interacción familia-sitio.

* Todo el país puede ser considerado como una zona de mejoramiento de esta especie, y, por lo tanto, puede ser desarrollada una sola población mejorada.

* *G. arborea* es una de la especie más plantadas en Costa Rica, pues es de fácil manejo y rápido crecimiento. Los resultados de este estudio sugieren que esta facilidad de manejo también se extiende a los aspectos genéticos.

5.6 Localización del ensayo experimental de progenies de *Gmelina arborea* (ROXB) en su fase juvenil.

El ensayo en su fase juvenil se realizó en el vivero del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, situado a 602 msnm., 10° 53' latitud norte y 83° 38' longitud oeste; temperatura media anual de 22° C, precipitación pluvial media anual de 2599 mm y humedad relativa de 90.4 % (CATIE, 1987), correspondiendo el área a una zona ecológica de bosque muy húmeda premontano, según la clasificación de Holdridge (1979).

5.7 Descripción del diseño experimental

Se utilizaron nueve progenies de la especie *Gmelina arborea* ; cinco progenies que mostraron el mejor comportamiento en el ensayo de campo y cuatro progenies que mostraron el peor comportamiento en los ensayos. Inicialmente fueron seleccionadas cinco de las progenies con el peor comportamiento pero una de ellas no germinó en números suficientes requeridos para el ensayo, de ahí que se utilizaron únicamente cuatro. Los detalles de las progenies utilizadas en el ensayo a nivel de vivero y su comportamiento relativo a nivel de campo, se muestran en el (cuadro 2).

Las semillas recibieron un tratamiento pregerminativo que consistió en mantenerlas en agua corriente durante 15 días; luego fueron sembradas en los germinadores del vivero del CATIE, en cajas de madera con substrato de arena esterilizada con formalina al 1%. AL cabo de 25 días fueron repicadas a bolsas individuales de 2070 cm³ llenas con una mezcla de suelo orgánico, compost (barro descompuesto del lago), y arena del río en proporción 1.5 : 1:1. Además se aplicó 100 g de fertilizante 10-30-10 (NPK) por cada carretilla de mezcla. Se utilizó sombra inicial de sarán para proporcionar un 50 % de sombra a las plantas recién transplantadas.

El diseño que se utilizó fue bloques completamente al azar (BCA) con seis repeticiones y parcelas de cinco arbolitos por tratamirnto con un arreglo factorial de nueve familias por tres niveles de fertilización (0- 5 y 10 gr/ por bolsa de la fórmula 10-30-10 (NPK))^o. Se plantó una hilera externa de borde alrededor de todo el ensayo, utilizando plantas mezcladas de los mismos lotes internos.

A los bloques I, II y III se le quitó la sombra el día 9/4/97 y a los restantes el día 23/5/97. El fertilizante (10-30-10) se aplicó de forma manual, alrededor de cada plantita. Se hizo una sola aplicación a todas las familias en diferentes fechas: la primera el 30/5/97, la segunda el 10/4/97 y la tercera el 23/5/97, debido al crecimiento desigual que presentaron las familias después del repique. Estas diferencias fueron consideradas dentro del efecto de bloques. Se le aplicó Cobre en dosis de 56g/lt, para controlar la presencia de un hongo y Tamarón a 60% (2mm/lt), para prevenir el ataque de insectos. Se aplicó riego a capacidad de campo cuando no llovió y se practicaron deshiervas manuales una vez por semana.

5.8 Mediciones

En todas las plantas se realizaron mediciones de altura total y diámetro a la altura del cuello de la raíz a las 7, 10 y 15 semanas posteriores al repique. La altura total se tomó con un regla ordinaria inicialmente y un barra de 2 metros conforme crecieron las plantas; el diámetro fue medido con un vernier. A las 16 semanas, se eligieron dos bloques al azar, y se realizó un muestreo destructivo, tomando dos arbolitos por cada parcelita por familia, para determinar la masa fresca y seca de las hojas, el tallo y la raíz. La masa seca se obtuvo secando las muestras en un horno a 80° C durante 48 horas y luego pesándola en una balanza analítica. Se determinó el área foliar total, tomando dos arbolitos de los restantes y se utilizó para esto un medidor óptico AM 100 (ADC, Hoddesdan, Inglaterra). La relación brote: raíz se determinó para la masa seca y fresca sumando la masa de la hoja y del tallo con relación a la masa de la raíz.

5.9 Modelo y análisis estadístico

Todas las variables dependientes, fueron sometidas a un análisis de varianza, según el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \rho_j + \xi_k + \rho\xi_{jk} + E_{ijk}$$

Donde los sub-índices representan:

$i = 1, 2, \dots, 6$ bloques

$j = 1, 2, \dots, 9$ progenies

$k = 1, 2$ y 3 niveles de fertilización

Donde:

Y_{ijk} = Las variables de respuesta en el estudio

μ = Media general

β_i = efecto del i -ésimo bloque

ρ_j = efecto de la j -ésima progenie

ξ_k = efecto del K -ésimo nivel de fertilización

$\rho\xi_{jk}$ = efecto del j -ésima progenie en el k -ésimo nivel de fertilización

E_{ijk} = error experimental

El análisis de varianza del modelo anterior se desglosa de la siguiente manera:

FUENTE DE VARIACION	g.l
BLOQUES	5
PROGENIES	8
FERTILIZACION	2
PROGENIE X FERT.	18
ERROR	130
TOTAL	161

Un análisis de varianza (ANDEVA) normal se realizó entre los promedios de tratamientos utilizando el PROC GLM de SAS (versión 6.09) con los datos que se obtuvo de la fase de vivero, para determinar diferencias entre progenies y tratamientos con respecto a las variables analizadas. Cuando el ANDEVA indicó diferencias estadísticas significativas, se realizó la prueba de TUKEY para establecer diferencias entre progenies o fertilización y agrupar aquellas progenies de comportamiento similar. En caso de detectar interacciones se hizo la prueba de T para medias ajustadas.

El diseño experimental, en este caso (BCA) sirvió principalmente para obtener información válida que permitiera estudiar las relaciones que existen entre las características juveniles y las características maduras, controlando ciertos factores de campo (por los bloques) y distintos niveles de fertilización para las distintas progenies. En la parte juvenil para las distintas variables que se midieron se realizó el ANDEVA y en cada caso se analizaron las diferencias detectadas en los factores: familias y fertilización, por medio de la prueba TUKEY.

Las variables evaluadas a nivel de vivero fueron correlacionadas con la altura, el DAP y el volumen medidos a los 60 meses de edad en las mismas progenies en los ensayos de campo en los sitios 1 y 2, además de los valores promedio de ambos sitios ("SITIO"). El volumen individual de los árboles de los ensayos maduros fue estimado mediante la siguiente ecuación de volumen desarrollada por Salazar y Palmer (1984):

$$\ln(V_{sc}) = a + b * \ln(D) + c * \ln(h)$$

donde:

Ln	= logaritmo natural
Vsc	= volumen total sin corteza hasta 10 cm.
a	= -9.63
b	= 1.785
c	= 0.8189
D	= diámetro a 1.3 m con corteza en cm.
h	= altura total en m
Ambito D	= 20 a 25 cm

Cuadro 1. Localización, altitud y latitud del ensayo maduro de *G. arborea* en 1991-1993.

SITIO	ALTITUD (msnm)	LATITUD	MAP ¹
Canalete	100	10°49'N, 85°01'O	1320± 186
Guatuso	500	10°38'N, 84°51'O	> 2000
Hojancha 1	350	10°03'N, 85°24'O	2232± 445
Hojancha 2	460	10°02'N, 85°22'O	2232± 445
Nicoya	140	10°10'N, 85°27'O	2232± 445
Penjamo	620	10°19'N, 84°28'O	4574± 874
San José de Upala	70	10°55'N, 85°28'O	2558± 421
Santa Cruz	80	10°13'N, 85°32'O	1978± 421

¹= Precipitación media anual (mm)

Cuadro 2. Detalles de las progenies de *G. arborea* incluidas en el ensayo a nivel de vivero

PRG	PROCEDENCIA	SUPERIORIDAD		SUPERIORIDAD		SUPERIORIDAD	
		RELATIVA SITIO 1		RELATIVA SITIO 2		RELATIVA SITIO 3	
		ALTURA	DAP	ALTURA	DAP	ALTURA	DAP
28	Hojancha, Guanacaste, CR	-1.9	-0.8	2.7	4.7	0.8	3.9
30	Hojancha, Guanacaste, CR	6.9	5	9.2	15.8	8.1	10.4
31	Hojancha, Guanacaste, CR	4.9	13.9	6.4	13.8	5.7	13.9
34	Hojancha, Guanacaste, CR	3.1	4.6	1.8	4	2.5	4.3
47	Celulosa, Turrialba, CR	4.9	9.6	5	6.1	5	2.9
1	CATIE, Turrialba, CR	-8.2	-23.2	-2.8	-9.8	-5.5	-16.5
6	Manila, Siquirres, CR	-5	-10.1	-2.1	-1.9	-3.6	-6
10	Manila, Siquirres, CR	-3.1	-1.8	-5.8	-10.6	-4.5	-6.2
50	Celulosa, Turrialba, CR	0.3	4.4	-6.5	-12.8	-6.2	-8.4

PRG = progenie

VI. RESULTADOS

Los análisis de varianza que se realizaron para las dos variables juveniles: altura y diámetro basal evaluadas a las 7, 10 y 15 semanas de edades mostraron la existenciade diferencias significativas ($p < 0.05$) para todos los componentes de la fuente de variación (anexo A1, A2, A3, A4, A5 y A6); sin embargo, para las variables masa seca de la hoja (MFH), masa fresca del tallo (PFT) y masa seca del tallo (MST) evaluadas a las 16 semanas sólo hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre bloques y progenies (anexo A7, A8 y A11); mientras que para las variables masa fresca de la raíz (MFR), masa seca de la hoja (PSH) y masa seca de la raíz (PSR) evaluadas a las 16 semanas se encontraron diferencias significativas para bloques, progenies y nivel de fertilización (anexo A9, A10 y A15).

Tanto la variable juvenil relación brote : raíz fresco (RBRF) como la relación brote : raíz seco (RBRS) evaluadas a las 16 semanas no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$)(anexo A13 y A14).

Según el Cuadro 3, para las dos variables juveniles evaluadas a las 7 semanas de edad y bajo los niveles de fertilización 0, 1 y 2, el mayor valor observado corresponde a la progenie 34 perteneciente a las mejores familias y el más bajo a la progenie 1, del grupo de las peores familias.

Cuadro 3. Valores de las variables juveniles: altura y diámetro basal bajo tres niveles de fertilización en las 9 progenies evaluadas a las 7 semanas de edad.

Variables Juveniles			
NIVFERT	PRG	ALTURA	DIAMETRO BASAL
0	28	12.0 bcd	27.0 bcde
	30	11.7 bcde	27.6 bcd
	31	12.9 b	30.5 b
	34	20.8 a	41.0 a
	47	12.2 bc	28.9 bc
	1	6.1 i	18.9 h
	6	10.9 bcdef	24.3 defg
	10	10.5 cdefg	24.9 cdef
	50	9.6 gh	26.0 cdef
1	28	12.1 cdef	31.6 cd
	30	16.0 b*	37.4 b
	31	16.1 b	38.7 b
	34	22.2 a	46.8 a
	47	13.9 c	32.7 c
	1	6.8 g	18.9 f
	6	13.6 cd	29.1 cde
	10	11.1 ef	29.2 cde
	50	12.8 cde	30.6 cde
2	28	7.8 f	23.7 efg
	30	11.9 c	27.2 cde
	31	16.1 b	36.6 b
	34	21.8 a	46.6 a
	47	12.5 c	30.8 cd
	1	5.6 g	17.0 h
	6	9.7 de	24.1 efg
	10	11.2 cd	30.8 c
	50	10.8 cde	24.8 ef

NIVFERT = nivel fertilización; Prg = progenie.

* Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre si según la prueba de t para medias arregladas al 5 %.

Bajo los tres niveles fertilización, la evaluación efectuada a las variables juveniles altura y diámetro basal a las 10 semanas de edad, el mayor valor se dio de nuevo en la progenie 34 de la mejor familia y el más bajo en la progenie 1 del grupo de las peores familias (Ver cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de las variables juveniles: altura y diámetro basal bajo tres niveles de fertilización en las 9 progenies evaluadas a las 10 semanas de edad.

Variables Juveniles			
NIVFERT	PRG	ALTURA	DIAMETRO BASAL
0	28	34.9 b	42.4 ef
	30	26.6 ef	48.4 bcde
	31	33.7 bc	53.7 b
	34	39.5 a	66.4 a
	47	27.8 def	49.6 bc
	1	22.1 g	31.7 g
	60	31.2 bc	46.2 cdef
	10	28.6 de	48.9 bcd
	50	30.9 cd	44.7 cdef
1	28	35.6 cdef	57.5 cde
	30	39.4 bc	75.3 ab
	31	38.8 bcd	71.2 b
	34	44.7 a	78.5 a
	47	34.7 efg	58.2 cde
	1	27.0 i	42.5 f
	6	39.8 b	59.8 c
	10	22.8 fh	59.3 cde
	50	37.1 bcde	59.6 cd
2	28	30.4 cdef	49.8 efg
	30	30.5 cde	59.1 c
	31	40.7 a*	66.7 b
	34	43.4 a	76.5 a
	47	30.9 cd	51.6 def
	1	25.3 g	39.3 h
	6	28.7 def	48.5 efg
	10	34.2 bc	57.0 cd
	50	35.2 b	51.9 de

NIVFERT = nivel fertilización; Prg = progenie.

* Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre sí según la prueba de t para medias arregladas al 5 %.

De acuerdo al Cuadro 5, las variables juveniles altura y diámetro basal evaluadas a las 15 semanas, bajo los tres niveles de fertilización presentaron un patrón similar a las anteriores mediciones, con el valor más elevado en la progenie 34 de las mejores familias y el valor más bajo en la progenie 1 de las peores familias. Bajo el nivel de fertilización 0, la progenie 34 mostró de nuevo los mayores valores para las variables juveniles masa fresca de la hoja (MFH), masa fresca del tallo (MFT), masa seca del tallo (MST), masa seca de la raíz (MSR) y área foliar (AF) evaluadas a las 16 semanas mientras que los valores más bajo correspondieron a la progenie 1 de

las peores familias; sin embargo para la variable juvenil relación brote : raíz fresco (RPRF) el valor más alto es para la progenie 28 de las mejores familias y el más bajo es en la progenie 10 de las peores familias mientras que en la relación brote raíz seco (RBRS) el valor más alto es para la progenie 30 de las mejores familias y el más bajo para la progenie 1 de las peores familias.

Bajo el nivel de fertilización 1 se presentó una tendencia similar, donde las variables juveniles masa fresca de la hoja (MFH), masa fresca del tallo (MFT), masa fresca de la raíz (PFR), masa seca de la hoja (MSH), masa seca del tallo (MST) y masa seca de la raíz (MSR) presentaron el valor más alto en la progenie 34 de las mejores familias y el valor más bajo en la progenie 1 de las peores familias; por su parte, la variable juvenil relación brote : raíz fresco (RBRF) tuvo el valor más alto en la progenie 34 de las mejores familias y el más bajo en la progenie 1 de las peores familias, mientras que la variable juvenil relación brote : raíz seco (RBRS) mostró el valor más elevado en la progenie 34 de las mejores familias y el valor más bajo en la progenie 6 de las peores familias. La variable juvenil área foliar (AF) dió su valor más elevado en la progenie 28 de las mejores familias y su valor más bajo en la progenie 1 de las peores familias.

De acuerdo a los resultados obtenidos bajo el nivel de fertilización 2 las variables juveniles masa fresca de la hoja (MFH), masa fresca del tallo (MFT), masa fresca de la raíz (MFR), masa seca de la hoja (MSH) , masa seca del tallo (MST), masa seca de la raíz (MSR), relación brote : raíz seco (RBRS) y área foliar (AF) mostraron el valor más elevado en la progenie 34 de las mejores familias y el más bajo valor en la progenie 1 de las peores familias, excepto peso seco raíz el cual obtuvo el valor más bajo en la progenie 6 de las peores familias. Sin embargo, la variable juvenil relación brote raíz fresco (RBRF) presentó el valor más elevado en la progenie 28 de las mejores familias y el valor más bajo en la progenie 1 de las peores familias.

Cuadro 5. Valores de las variables juveniles: altura, diámetro basal, MFH, MFT, MFR, MSII, MST, MSR, RBRF, RBRS y A.F bajo tres niveles de fertilización en las 9 progenies evaluadas a las 15 (altura y diámetro basal) y 16 semanas de edad.

NF	PRG	ALTURA	DIAM BASAL	MFH (g)	MFT (g)	MFR (g)	MSH (g)	MST (g)	MSR (g)	RBRF (g)	RBRS (g)	A. F (CM ²)
	28	76.4 abcd	59.4 cdefg	24.72 bcdef	57.12 ab	13.97 cdef	14.74 bcd	19.22 abc	11.50 abcde	5.14 ab	2.88 bcd	950.42 abcdef
	30	62.3 fg	64.1 cdef	29.21 abcd	53.67 abc	19.42bcd	12.02 bcdefg	19.03 abcd	9.68 defg	3.82 abcdefg	3.28 ab	735.77 abcdefg
	31	79.3 ab	79.6 b	30.48 abc	51.70 abcd	28.57 ab	16.01 ab	20.61 ab	14.22 ab	3.66 abcdefgh	2.70 bcde	1462.62 ab
	34	83.6 a	94.8 a	49.47 a	86.66 a	33.11 a	20.26 a	25.19 a	14.62 a	4.32 abcd	3.10 bc	1933.87 a
0	47	64.0 efg	64.8 cd	34.28 ab	33.56 bcdefgh	15.62 cde	12.91 bcdef	15.65 bcdefg	11.17 bcdef	4.41 abc	2.55 bcdefg	708.62 abcdefgh
	1	55.5 h	42.4 h	8.47 efg	15.43 efg	6.78 efg	7.39 gh	9.08 fgh	7.45 gh*	3.83 abcdefg	2.11 cdefgh	512.37 bcdefi
	6	70.7 cde	64.2 cde	18.23 bcdefg	34.86 bcdefg	9.40 defg	9.98 defgh	14.72 defgh	7.47 gh	5.34 a	4.17 a	1418.67 abc
	10	67.1 ef	65.2 c	26.95 bcde	49.02 bcde	22.38 abc	15.29 bc	17.86 abcde	12.75 abcde	3.36 bcdefgh	2.58 bcdef	1089.07 abcd
	50	76.7 ab	60.0 cdefg	17.31 bcdefgh	36.21 bcdef	13.19 cdefg	13.02 bcd	15.85 bcdef	13.16 abc	3.90 abcde	2.25 bcdefgh	1060.00 abcd
	28	78.9 bcdef	85.1 cdef	28.55 bcde	53.66 bcde	22.07 bcde	15.79 abcde	19.32 bcde	12.46 abcdefg	3.70 abcde	2.83 abcde*	3317.70 a
	30	81.9 bcd	115.8 ab*	31.87 bcd	64.56 bc	19.42 bcdefg	16.87 abcd	20.72 bcd	14.05 abc	3.73 abcd	2.70 abcde	2270.28 bcde
	31	84.2 ab	110.1 ab	50.34 ab	97.32 ab	37.11 a	19.87 ab	27.09 ab	15.30 a	3.93 abc	3.05 ab	3026.57 ab
	34	88.2 a	118.1 a	51.58 a	99.16 a	31.89 ab	20.48 a	32.42 a	14.98 ab	4.84 a	3.49 a	2799.72 abc
1	47	75.7 defg	90.1 cd	26.79 cdef	51.71 cdef	22.05 bcdef	14.78 cdefg	18.46 cdefg	12.67 abcde	3.59 abcdefg	2.57 abcde	1557.82 bcdef
	1	68.3 g	59.4 h	13.51 cdefgh	25.71 efg	13.40 defh	9.15 h	12.04 efg	9.83 defgh	3.25 abcdefg	2.86 abcd	826.95 fghi
	6	81.1 bcde	87.2 cdef	18.31 cdefgh	39.26 cefgh	14.05 defh	13.38 cdefgh	15.99 cdefgh	11.18 cdefgh	4.22 ab	2.61 abcde	1231.57 defgh
	10	70.6 g	90.6 c	33.83 abc	63.94 bcd	27.11 abc	16.98 abc	21.39 bc	12.91 abcde	3.62 abcdef	2.96 abc	2402.22 abcd
	50	83.7 bc	87.7 cde	24.87 cdefg	48.92 cdefg	23.59 bcd	15.01 bcdef	19.18 cdef	12.54 abcde	3.28 abcdefgh	2.71 abcde	1555.15 cdefg
	28	70.4 cdefgh	76.9 defg	21.33 bcdefgh	41.39 cdefgh	13.59 cdefgh	13.41 bcdefgh	15.69 bcdefgh	10.92 bcdefg	5.14 ab	2.64 abcde	909.00 bcdefgh
	30	74.2 cd	89.3 c	26.59 bc	52.95 bc	24.91 bcd	15.73 bc	20.72 abc	13.27 ab	3.03 cdefg	2.70 abcd	2162.57 b
	31	83.2 ab	100.0 b	39.42 ab	78.46 ab	25.94 ab	17.88 ab	22.59 ab	13.14 abc	4.31 abcd	3.02 ab	1772.80 bc
	34	87.2 a	114.2 a	56.96 a	104.46 a	34.02 a	21.63 a	28.39 a	14.67 a	4.71 abc	3.37 a	3599.75 a
2	47	71.1 cdefg	81.9 cde	23.19 bcdef	42.05 cdef	25.47 abc	14.30 bcdef	16.87 bcde	12.16 abcdef	2.72 defgh	2.56 abcdef	1191.30 bcde
	1	65.5 fgh	53.1 h	7.95 cdefgh	13.76 efg	7.02 h	10.89 cdefgh	11.26 efg	10.27 bcdefgh	5.86 a	2.16 cdefg	888.90 bcdefgh
	6	71.1 cdef	69.7 fg	23.20 bcde	43.49 bcde	19.66 bcdefg	14.53 bcde	16.54 bcdefg	9.32 defgh	3.52 bcdef	3.58 ab	1556.12 bcd
	10	74.1 cde	86.9 cd	21.84 bcdefg	41.80 cdefg	19.71 bcdef	13.58 bcdefg	16.80 bcdef	12.23 abcde	2.84 cdefgh	2.42 acdefg	1105.05 bcdefg
	50	77.3 bc	78.4 def	24.94 bcd	50.32 bcd	20.03 bcde	14.98 bcd	19.39 bcd	12.25 abcd	3.64 bcde	2.77 abc	1152.10 bcdef

NIVFERT = nivel fertilización; PRG = progenie; MFH = masa fresca de la hoja, MFT = masa fresca de la hoja, MFR = masa fresca de la hoja, MSH = masa fresca de la raíz, MSH = masa fresca de la raíz, MST = masa seca de la hoja, MST = masa seca del tallo, MSR = progenie; MFH = masa fresca de la hoja, MFT = masa fresca de la hoja, MFR = masa fresca de la raíz, MSH = masa fresca de la raíz, MST = masa seca de la hoja, MST = masa seca de la raíz.

* Promedios seguidos por la misma letra no difieren significativamente entre si según la prueba de t para medias arregladas al 5 %.

6.1. Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 7 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años.

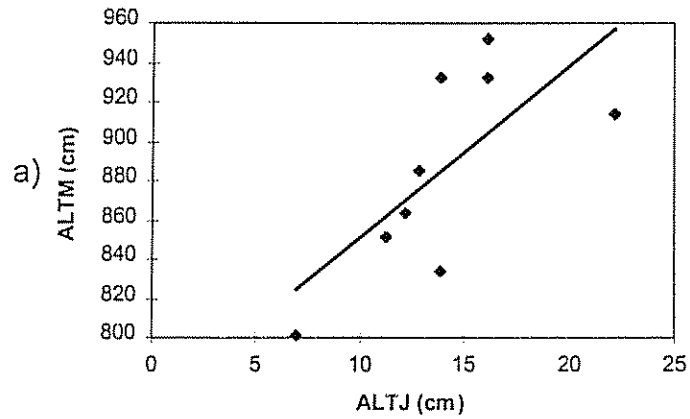
De acuerdo a la aplicación de los diferentes niveles de fertilización, se puede observar que bajo el nivel de fertilización 0 no hubo ninguna correlación significativa ($P < 0.05$); todo lo contrario sucedió bajo el nivel de fertilización 1, ya que hubo correlación significativa ($P < 0.05$) entre las dos variables juveniles y las otras variables maduras. Bajo el nivel de fertilización 2, la variable madura volumen presentó correlación significativa ($P < 0.05$) con las dos variables juveniles (ver Cuadro 6)

En las figuras 1, 2 y 3, se observa que el mayor valor del coeficiente de regresión fue entre la variable juvenil diámetro basal y la variable madura altura (fig. 2a) con un $R^2 = 0.6069$, indicando que la altura que presentaron los árboles a los cuatros años de edad en el sitio les explicada en un 60.69 % por el diámetro basal juvenil.

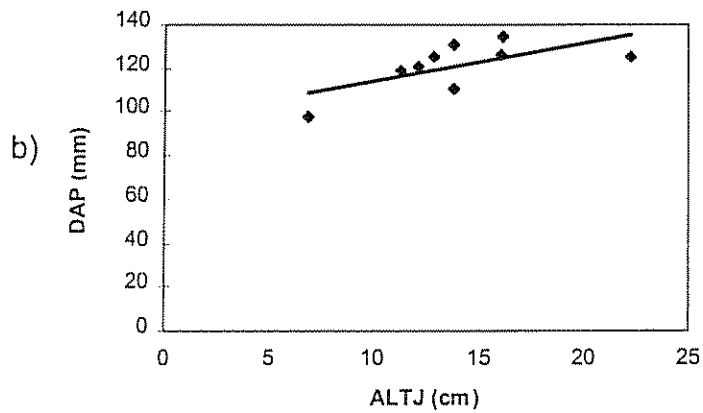
Cuadro 6. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 7 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años.

Nivel fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		ALT	DAP	VOL
Fert 0	Alt	0.54341	0.54685	0.54073
	Db	0.63645	0.64226	0.64283
Fert 1	Alt	0.70240 *	0.65546 *	0.66658 *
	Db	0.77907 *	0.75725 *	0.76505 *
Fert 2	Alt	0.62531	0.64586	0.65188 *
	DB	0.58517	0.64663	0.63992 *

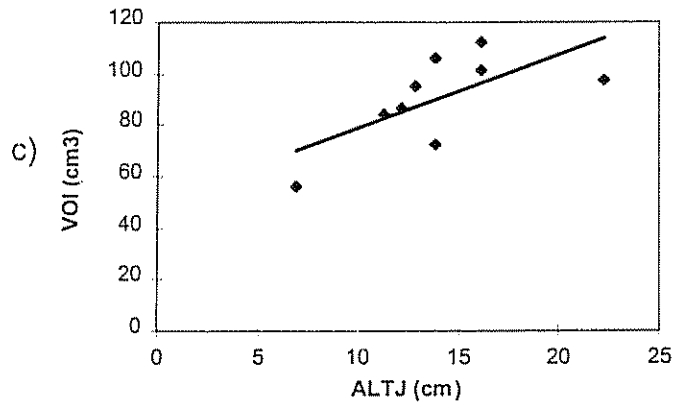
* significativo $P < 0.05$



$$Y = 8,6225x + 765,01; R^2 = 0,4936$$



$$Y = 1,733x + 96,765; R^2 = 0,4298$$



$$Y = 2,8262x + 50,745; R^2 = 0,4444$$

Fig 1. Regresiones entre altura juvenil en vivero a las 7 semanas bajo nivel de fertilización 1 y : a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.

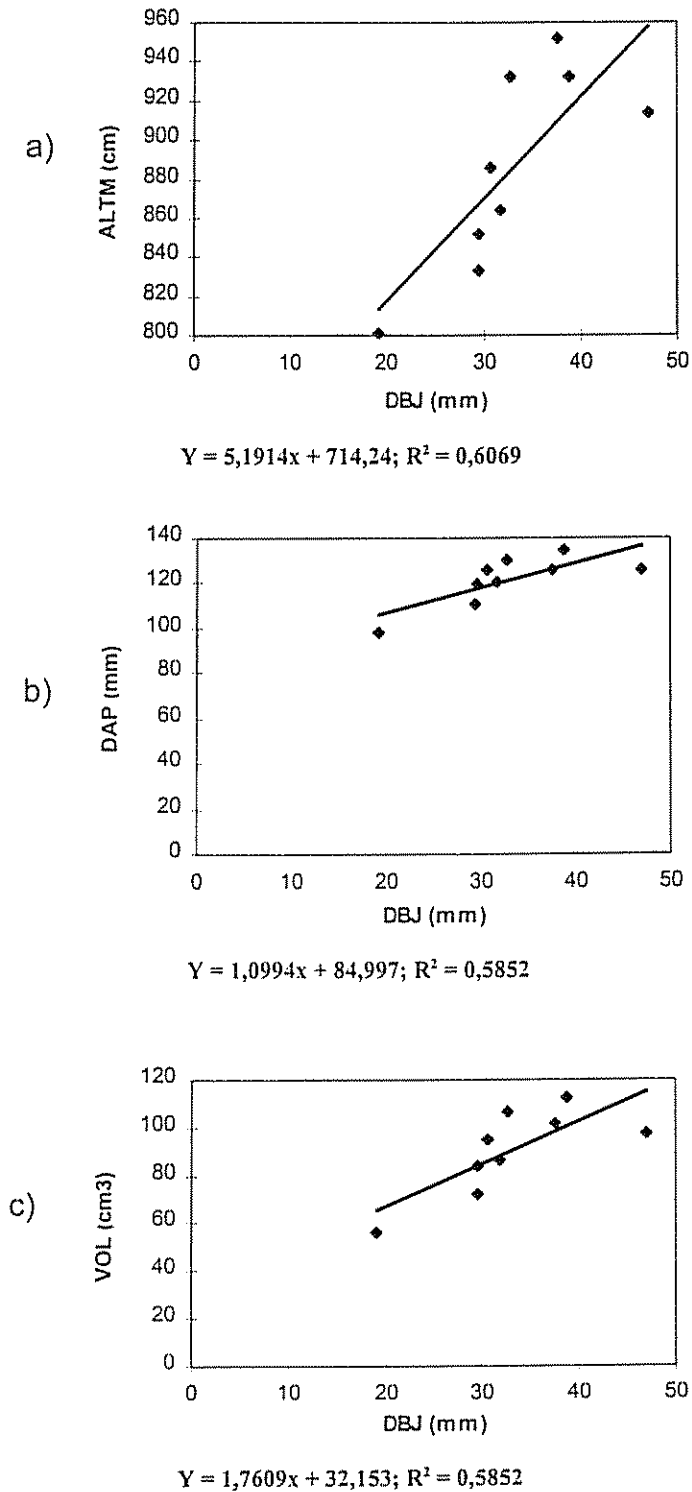


Fig 2. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 7 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.

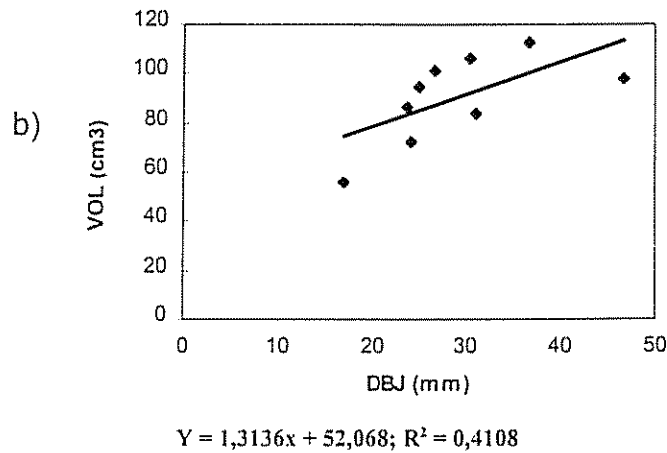
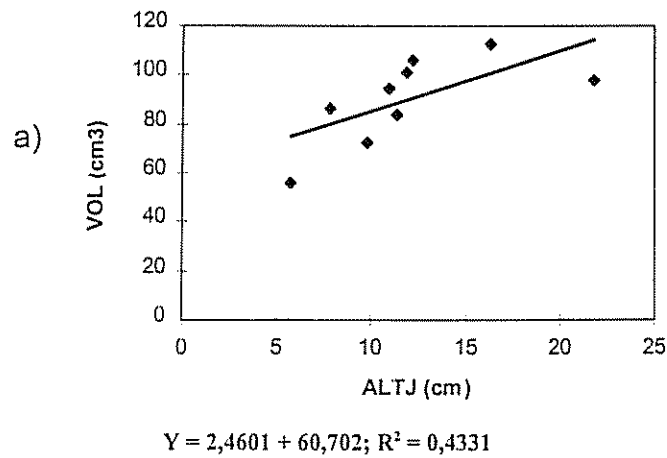
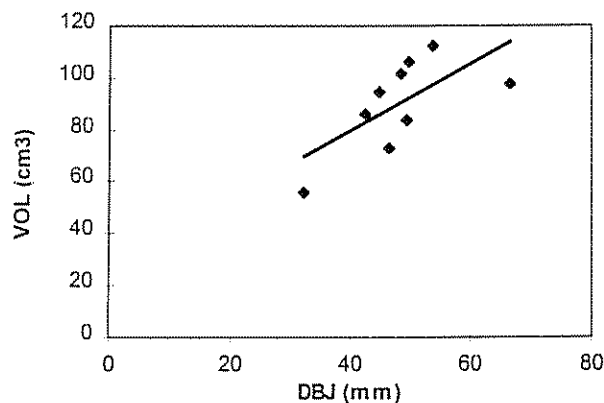


Fig 3. Regresiones entre volumen a los 4 años y: a) altura juvenil y b) diámetro basal juvenil bajo nivel de fertilización 2 en vivero a las 7 semanas.

6.2. Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 10 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años.

Bajo el nivel de fertilización 0, la única correlación significativa ($P < 0.05$) fue entre la variable juvenil diámetro basal juvenil y la variable madura volumen. La variable juvenil diámetro basal, bajo el nivel de fertilización 1 presentó correlación significativa ($P < 0.05$) con las tres variables maduras bajo el nivel de fertilización 2, la variable juvenil altura tuvo correlación significativa ($P < 0.05$) con la variable DAP, mientras que el diámetro basal juvenil presentó correlación significativa ($P < 0.05$) con las variables maduras altura y volumen (Cuadro 7)

De acuerdo a las figuras 4, 5, 6 y 7, donde se obtuvo el mayor valor del coeficiente de regresión, fue entre la variable juvenil diámetro basal y la altura madura con $R^2 = 0,7829$ (fig. 5a), indicando que la altura madura en el sitio 1 a los cuatros años es explicada en un 78.29 % por el diámetro basal juvenil.



$$Y = 1,2893x + 28,017; R^2 = 0,4439$$

Fig 4. Regresión entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 0 y volumen a los 4 años.

Cuadro 7. Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 10 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años.

Nivel fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		ALT	DAP	VOL
0	Alt	0.29602	0.48951	0.42776
	Db	0.63529	0.67736	0.66629 *
1	Alt	0.57238	0.57694	0.56393
	Db	0.78298 *	0.71864 *	0.73433 *
2	Alt	0.51588	0.67231 *	0.64440
	Db	0.65732 *	0.68219	0.68247 *

* significativo < 0.005

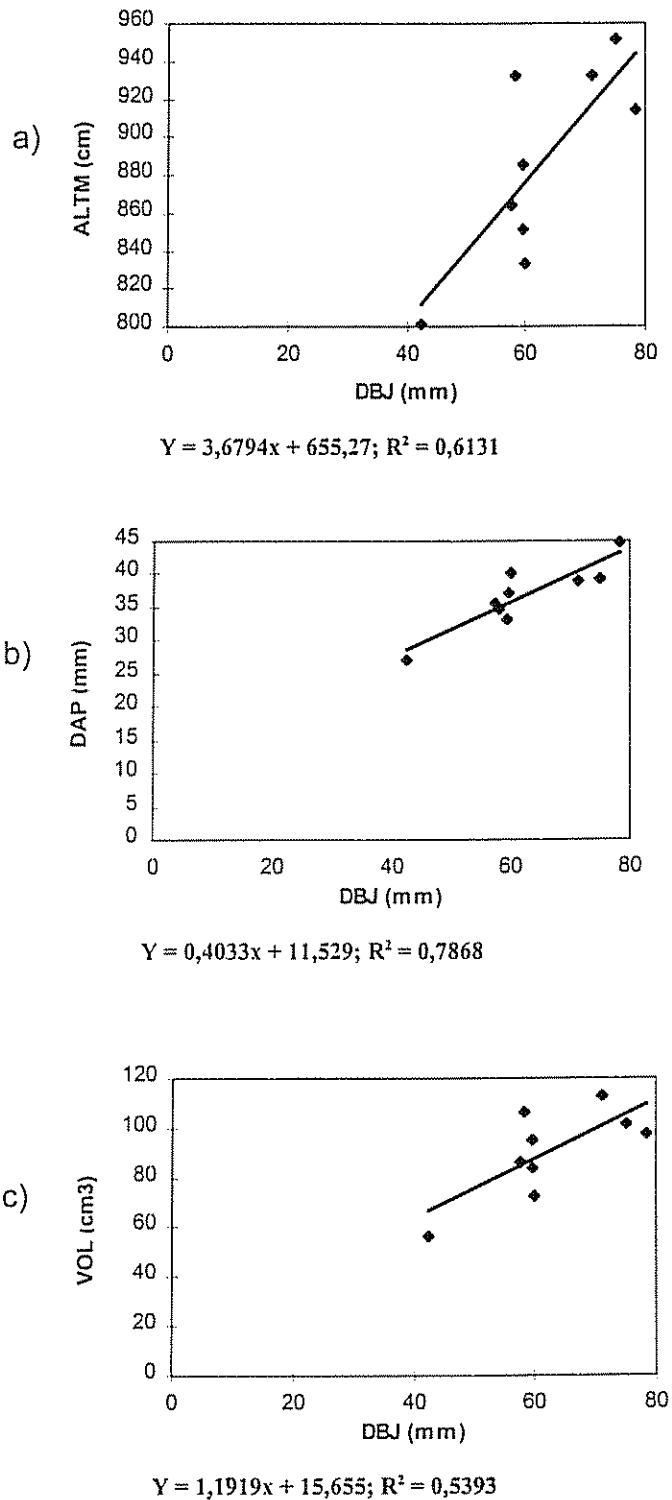
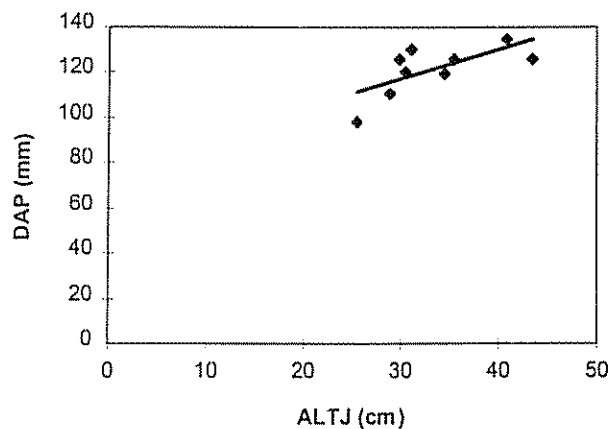
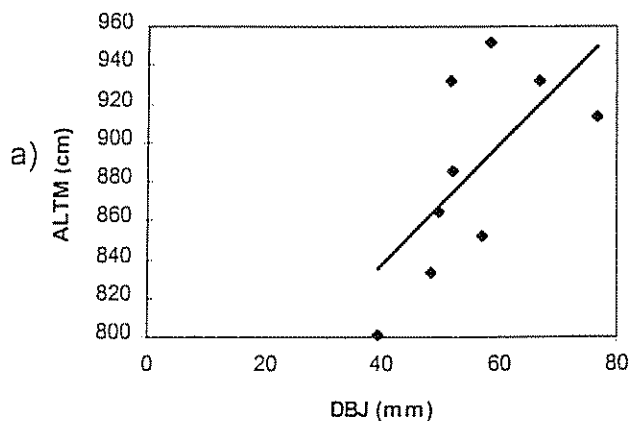


Fig 5. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio1 a los 4 años.

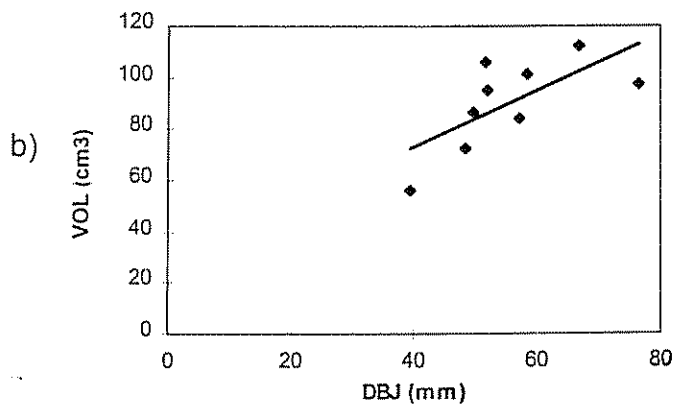


$$Y = 1,2828x + 78,543; R^2 = 0, \text{ Fig 4518}$$

Fig 6. Regresión entre altura juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 2 y DAP en el sitio 1 a los 4 años.



$$Y = 3,0814x + 713,8; R^2 = 0,4321$$



$$Y = 1,105x + 28,677; R^2 = 0,4658$$

Fig 7. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura y b) vol en el sitio 1 a los 4 años.

6.3. Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años.

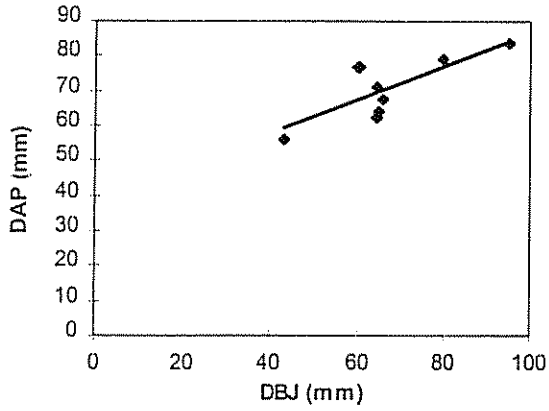
Bajo el nivel de fertilización 0, sólo se obtuvo una correlación significativa ($P < 0.05$) entre la variable juvenil diámetro basal y la variable madura DAP (Cuadro 8). La variable juvenil diámetro basal bajo el nivel de fertilización 1 tuvo correlación significativa ($P < 0.05$) con las tres variables maduras; se puede observar que el valor más alto de la correlación ($r = 0.83030$) se obtuvo entre el diámetro basal juvenil y la variable altura madura; además según la fig. 9a entre estas dos variables se obtuvo el mayor valor del coeficiente de regresión $R^2 = 0.6894$

Bajo el nivel de fertilización 2, la variable juvenil altura sólo presentó correlación significativa ($P < 0.05$) con la variable madura DAP; mientras que la otra variable juvenil sí tuvo correlación significativa ($P < 0.05$) con las tres variables maduras. En las figuras 8, 10 y 11 se puede observar los diferentes coeficientes de regresiones obtenidos.

Cuadro 8. Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años.

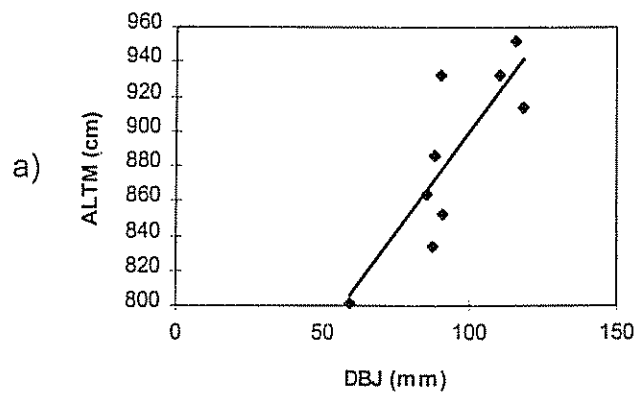
Nivel fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		ALT	DAP	VOL
0	Alt	0.30194	0.54733	0.47844
	Db	0.59101	0.65441 *	0.64218
1	Alt	0.58079	0.60515	0.59700
	Db	0.83030 *	0.77034 *	0.78790 *
2	Alt	0.55982	0.65752 *	0.64254
	Db	0.72939 *	0.77294 *	0.76703 *

* significativo $P < 0.05$

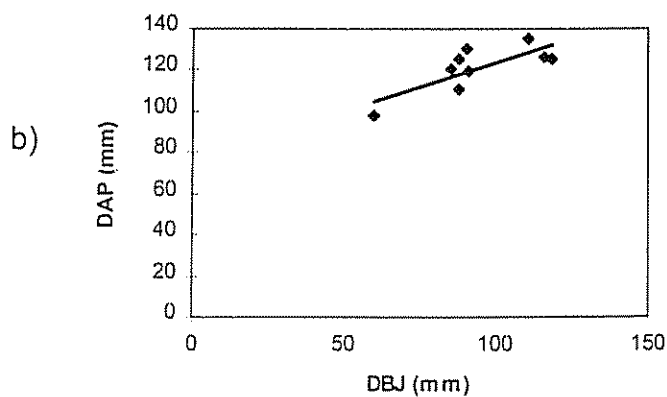


$$Y = 0,4764x + 39,269; R^2 = 0,5728$$

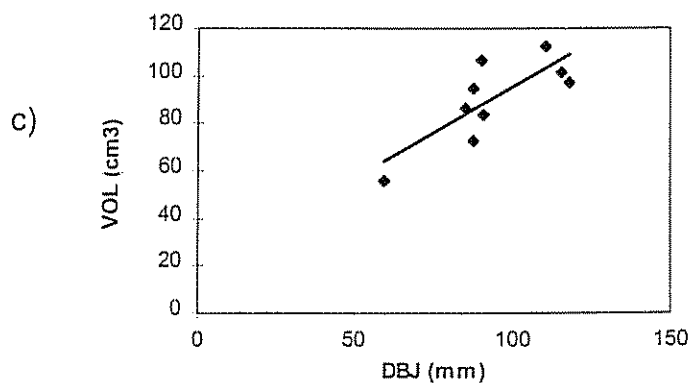
Fig 8. Regresión entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 0 y DAP en el sitio 1 a los 4 años.



$$Y = 2,3235x + 667,18; R^2 = 0,6894$$

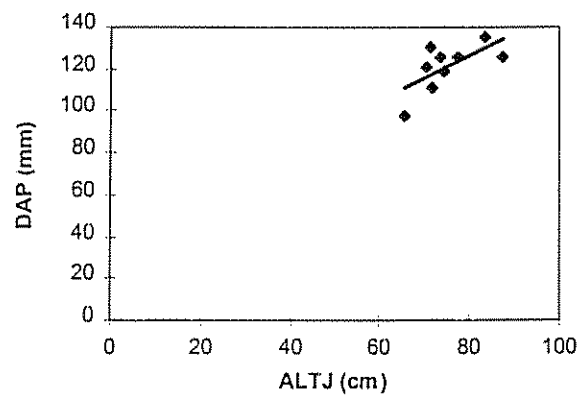


$$Y = 0,4697x + 77,131; R^2 = 0,5934$$



$$Y = 0,7616x + 18,683; R^2 = 0,6207$$

Fig 9. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.



$$Y = 1,0874x + 39,691; R^2 = 0,4321$$

Fig 10. Regresión entre altura juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización y DAP en el sitio a los 4 años.

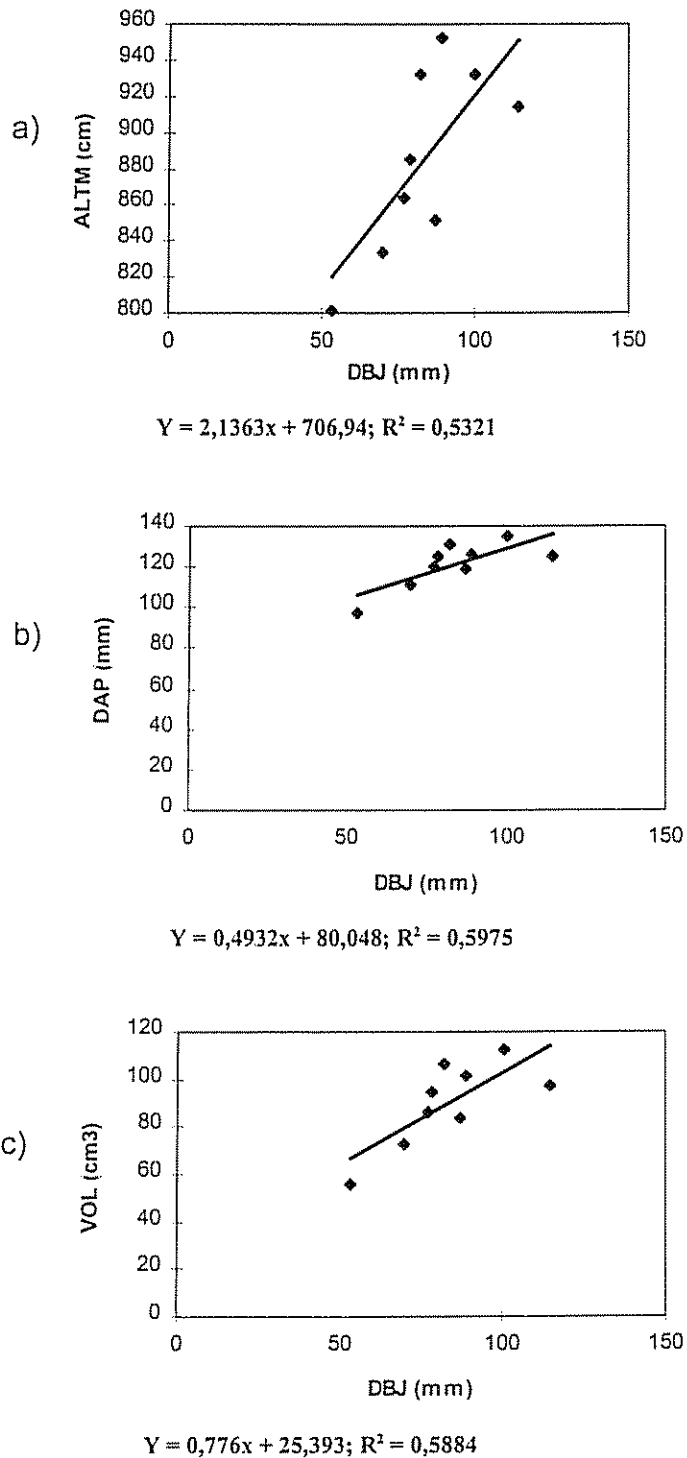


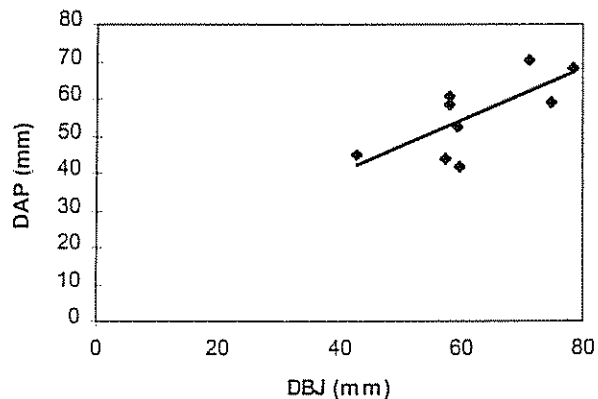
Fig 11. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.

6.4 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 7 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 año.

No se detectó ninguna correlación significativa entre las variables juveniles como las variables maduras.

6.5 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 10 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 años.

Solo bajo el nivel de fertilización 1, se observa una correlación significativa ($P < 0.05$) entre la variable juvenil diámetro basal y la variable madura DAP (ver Cuadro 9). Según la fig. 12, esta presentó además un bajo valor de coeficiente de regresión $R^2 = 0.4283$



$$Y = 0,6915x + 12,476; R^2 = 0,522$$

Fig 12. Regresión entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 1 y DAP a los 4 años

Cuadro 9. Coeficientes de correlación entre las variables en vivero a las 10 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 años.

Nivel fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		Alt	DAP	VOL
0	Alt	0.11446	0.26107	0.17908
	Db	0.31721	0.42790	0.38129
1	Alt	0.34445	0.48522	0.34456
	Db	0.54692	0.65632 *	0.64345
2	Alt	0.11308	0.23284	0.20308
	Db	0.36818	0.47769	0.45068

* significativo $p < 0.05$

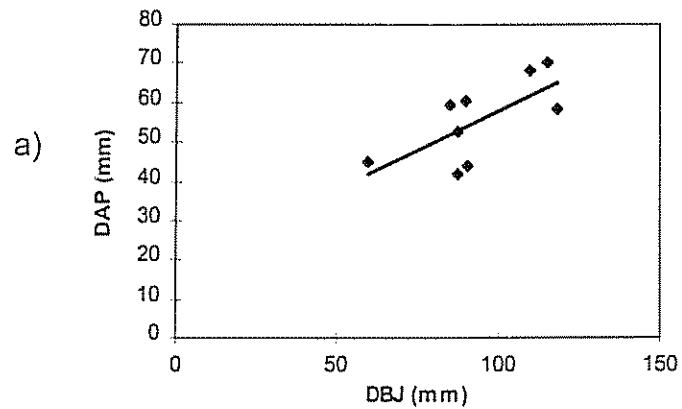
6.6 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 años.

Según se puede observar en el cuadro 10, el valor más alto de correlación ($r = 0.68996$) se presentó bajo el nivel de fertilización 1 entre la variable juvenil diámetro basal y la variable madura DAP, siendo esta significativa ($p < 0.05$); también se observa correlación entre esta variable juvenil y la variable madura volumen. No se obtuvieron correlaciones significativas bajo ningún otro nivel de fertilización según la figura 13, ambas regresiones presentaron un bajo valor de R^2 .

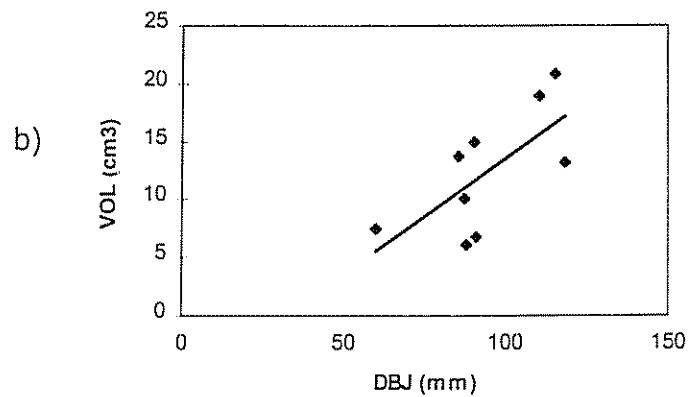
Cuadro 10. Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 años.

Nivel Fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		ALT	DAP	VOL
0	Alt	0.00816	0.16455	0.10032
	Db	0.32934	0.45509	0.40143
1	Alt	0.33009	0.45748	0.42146
	Db	0.58755	0.68996 *	0.68156 *
2	Alt	0.17860	0.30680	0.27877
	Db	0.40729	0.51104	0.48590

* significativa $P < 0.05$



$$Y = 0,3959x + 18,397; R^2 = 0,476$$



$$Y = 0,1982x - 6,1941; R^2 = 0,4646$$

Fig 13. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol en el sitio 2 a los 4 años.

6.7 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles a nivel de vivero a las siete semanas y los promedios de las variables medidas en los sitios 1 y 2 a los cuatros años.

Tanto bajo el nivel de fertilización 0 como en el nivel 2 no se observaron correlaciones significativas entre las variables juveniles y las maduras. Bajo el nivel de fertilización 1 se presentaron correlaciones significativas ($P < 0.05$) entre la variable juvenil altura con las variables maduras DAP y volumen. La variable juvenil diámetro basal presentó correlación significativa ($P < 0.05$) con las tres variables maduras (ver Cuadro 11). Según las figuras 14 y 15, el valor mas alto del coeficiente de regresión se dio entre la variable juvenil diámetro basal y la variable madura DAP (fig. 15a), con un $R^2 = 0.6147$.

Cuadro 11. Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 7 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo con los promedios del sitio 1 y 2 a los 4 años.

Nivel Fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		ALT	DAP	VOL
0	Alt	0.50012	0.56447	0.52501
	Db	0.55985	0.62629	0.59045
1	Alt	0.63571	0.68914 *	0.66001 *
	Db	0.71202 *	0.78397 *	0.75256 *
2	Alt	0.50704	0.59188	0.56215
	Db	0.47828	0.58539	0.54669

* significativa $P < 0.05$

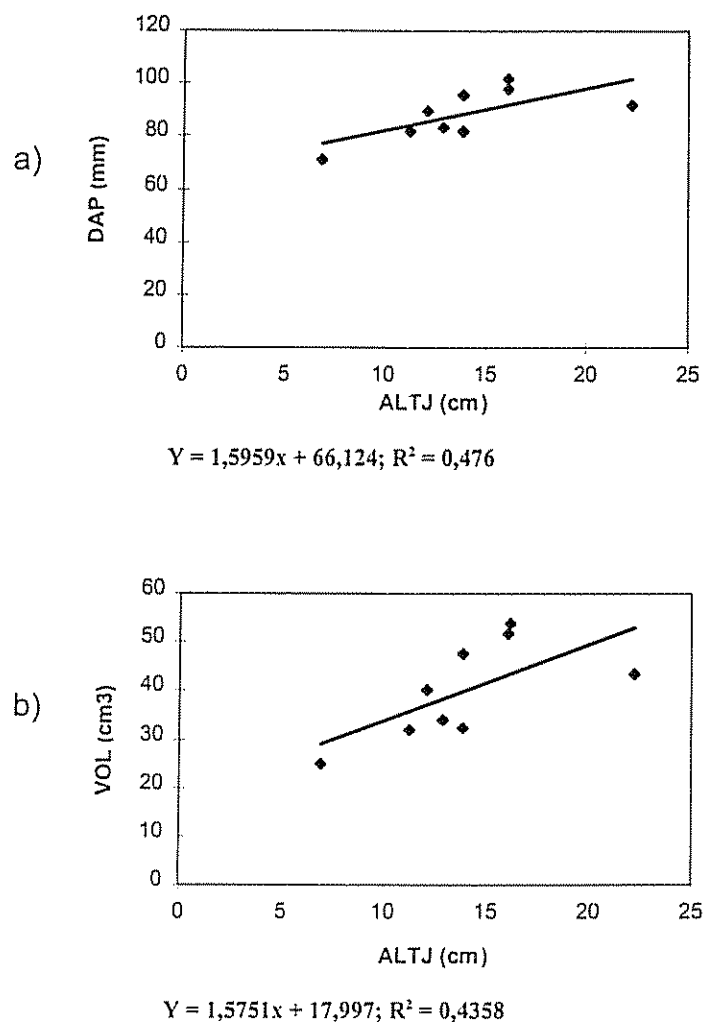
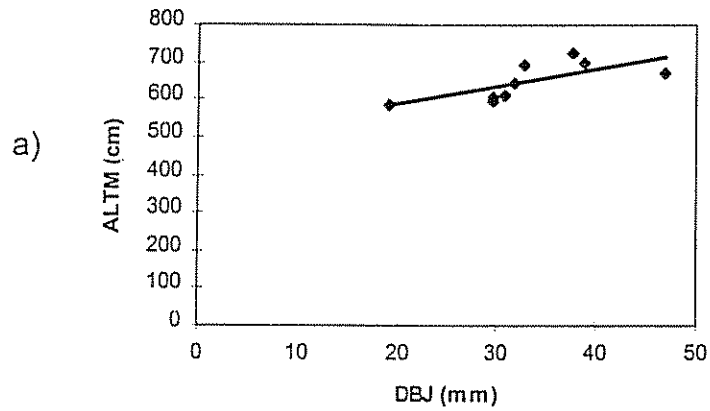
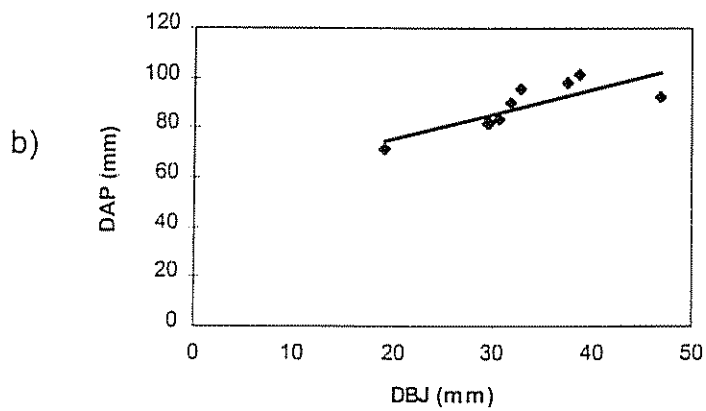


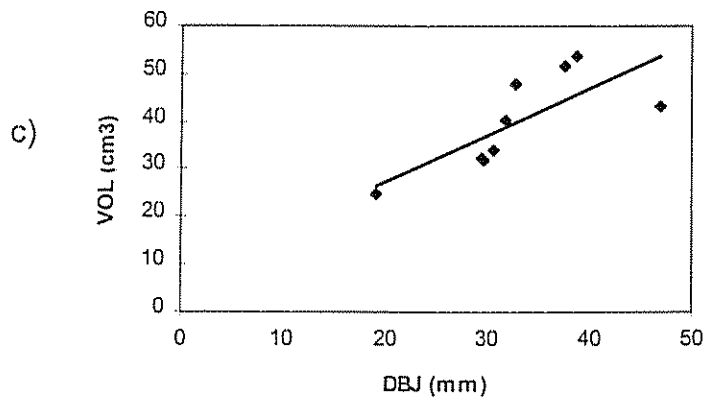
Fig 14. Regresiones entre altura juvenil en vivero a las 7 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.



$$Y = 4,6158x + 495,77; R^2 = 0,507$$



$$Y = 0,9855x + 55,916; R^2 = 0,6147$$



$$Y = 0,9749x + 7,849; R^2 = 0,5663$$

Fig.15A. Regresiones entre diámetro basal juvenil a las 7 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol del promrdios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

6.8 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 10 semanas y los promedios de las variables medidas en los sitios 1 y 2 a los 4 años.

Según el cuadro 12, bajo el nivel de fertilización 0 no se observan ninguna correlación significativa, mientras que bajo el nivel de fertilización 1 se notan correlaciones significativas ($P < 0.05$) entre la variable juvenil diámetro basal juvenil con las tres variables maduras; el valor mas alto de la correlación ($r = 0.77182$) se obtuvo entre la variable juvenil diámetro basal y la variable madura DAP. Además, entre ambas variables también se observa el valor más elevado del coeficiente de regresión $R^2 = 0.5958$ (ver fig.16).

Bajo el nivel de fertilización 2 se presentó correlación significativa ($P < 0.05$) entre la variable juvenil diámetro basal y la variable madura DAP. Por lo que se puede ver en la fig. 17, entre ambas variables se presentó el valor más bajo del coeficiente de regresión R^2 .

Cuadro 12. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en el vivero a las 10 semanas y el promedio de las variables evaluadas en los sitios 1 y 2 a los 4 años.

Nivel Fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		ALT	DAP	VOL
0	Alt	0.22849	0.42480	0.33956
	Db	0.51694	0.62385	0.57802
1	Alt	0.49683	0.59706	0.54758
	Db	0.71586 *	0.77182 *	0.75092 *
2	Alt	0.34070	0.51492	0.45953
	Db	0.55581	0.65370 *	0.62162

* significativo $P < 0.05$

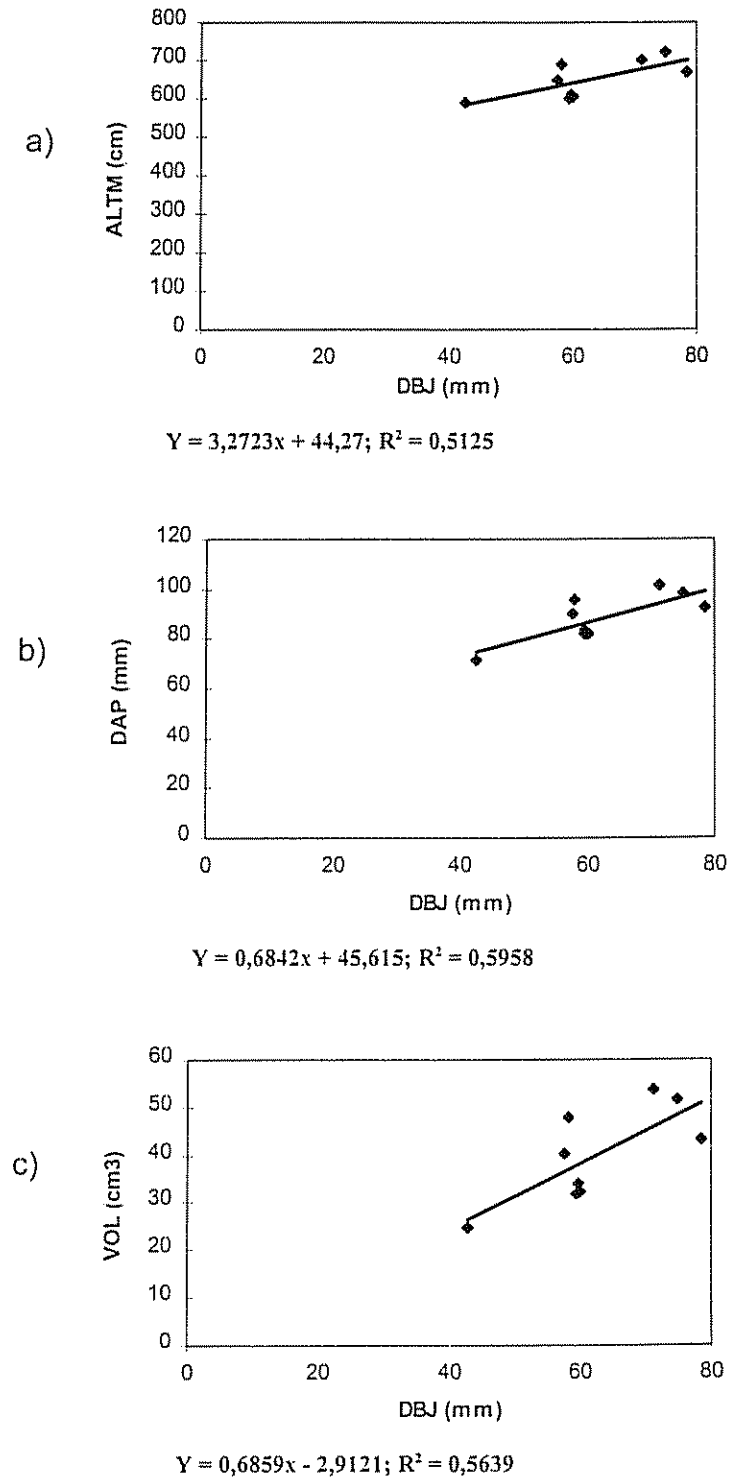
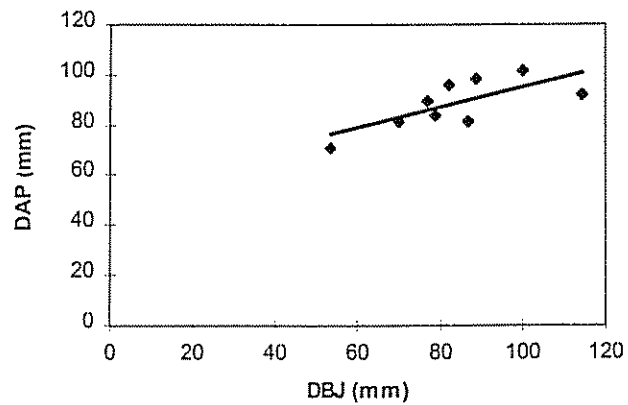


Fig 16. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.



$$Y = 0,4001x + 54,984; R^2 = 0,5246$$

Fig 17. Regresión entre diámetro basal juvenil en vivero a las 10 semanas bajo nivel de fertilización 2 y DAP del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

6.9 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 15 semanas y los promedios de las variables evaluadas en los sitios 1 y 2 a los 4 años.

Bajo el nivel de fertilización 0 no hubo ninguna correlación significativa; sin embargo, bajo el nivel de fertilización 1, ocurrieron correlaciones significativas ($P < 0.05$) entre la variable juvenil diámetro basal con las tres variables maduras. Además, se aprecia que el valor más elevado de correlación ($r = 0.81995$) y también el coeficiente de regresión más alto $R^2 = 0.6723$ se dió entre la variable juvenil diámetro basal y la variable madura DAP (ver Cuadro 13 y fig 18b).

Bajo el nivel de fertilización 2, la variable juvenil diámetro basal mostró correlación significativa ($P < 0.05$) con las variables maduras DAP y volumen. La fig 19a muestra que el valor más elevado del coeficiente de regresión se obtuvo entre la variable juvenil diámetro basal y la variable DAP, con $R^2 = 0.5246$.

Cuadro 13. Coeficiente de correlaciones entre las variables evaluadas en el vivero a las 15 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo con los promedios del sitio 1 y 2 a los 4 años.

Nivel Fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		ALT	DAP	VOL
0	Alt	0.17033	0.40570	0.31433
	Db	0.50088	0.62541	0.57870
1	Alt	0.49133	0.59827	0.55295
	Db	0.76160 *	0.81995 *	0.80057 *
2	Alt	0.40011	0.54658	0.49998
	Db	0.61331	0.72421 *	0.68490 *

* significativa $P < 0.05$

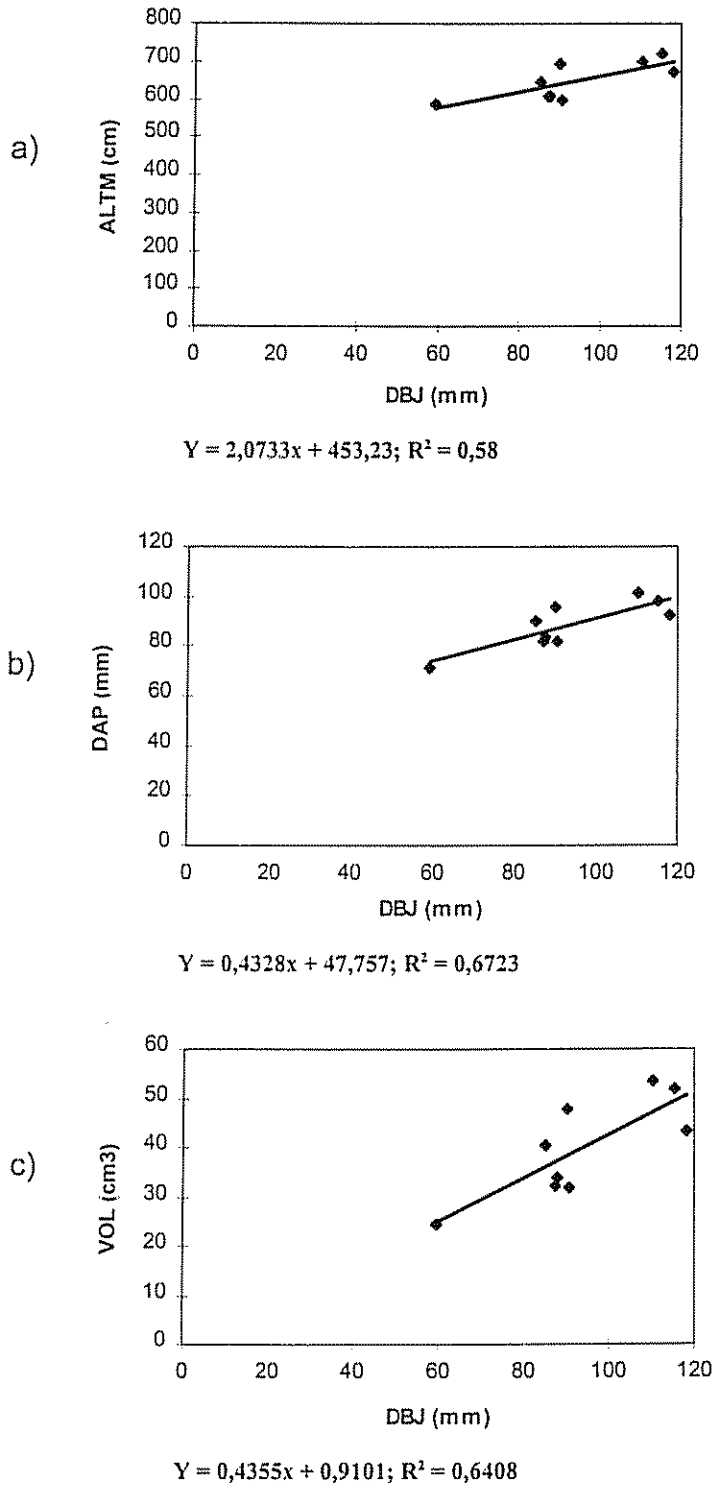


Fig 18. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

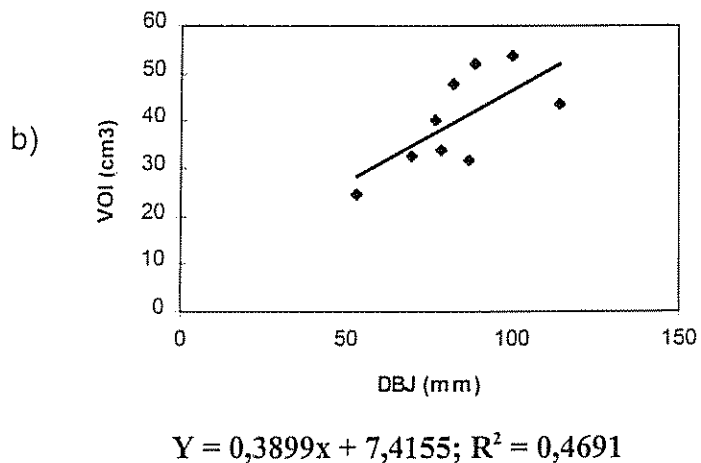
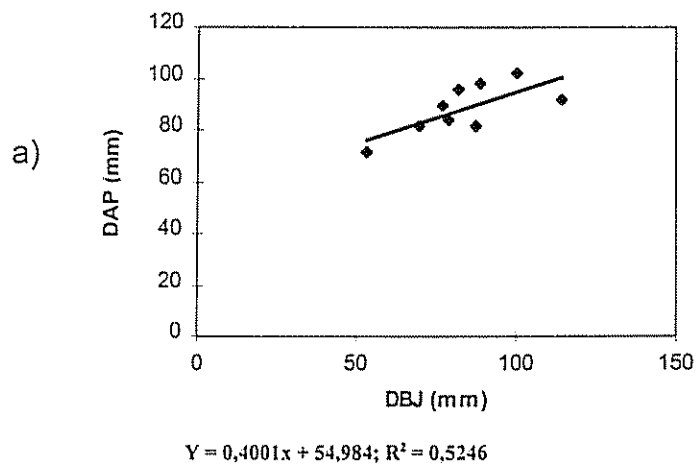


Fig 19. Regresiones entre diámetro basal juvenil en vivero a las 15 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) DAP y b) vol del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

6.10 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años.

Bajo el nivel de fertilización 0 se obtuvieron correlaciones significativas ($P < 0.05$) entre las variables juveniles es masa fresca de la hoja (MFH) y masa seca del talo (MST) con las tres variables maduras. En cambio, las variables juveniles masa fresca de la raíz (MFR) y masa seca de la raíz (MSR) presentaron correlaciones significativas ($P > 0.05$) con las variables maduras DAP y volumen; la variable juvenil masa seca de la hoja (PSH) sólo se correlacionó significativamente con la variable madura DAP.

El valor más alto observado entre todas las correlaciones significativas fue entre la variable juvenil masa seca de la raíz y la variable madura DAP ($r = 0.75345$), mientras que el valor más bajo se dió entre la variable juvenil masa seca del tallo y la variable altura madura ($r = 0.64475$), al igual que con los coeficientes de regresión (Fig. 20-24). Bajo este nivel de fertilización también se observan correlaciones negativas, aunque no significativas, entre la variable juvenil relación brote raíz fresco (RBRF) con las tres variables maduras; mientras que la variable juvenil relación brote raíz seco (RBRs) mostró también correlación negativa no significativa con las dos variables maduras DAP y volumen.

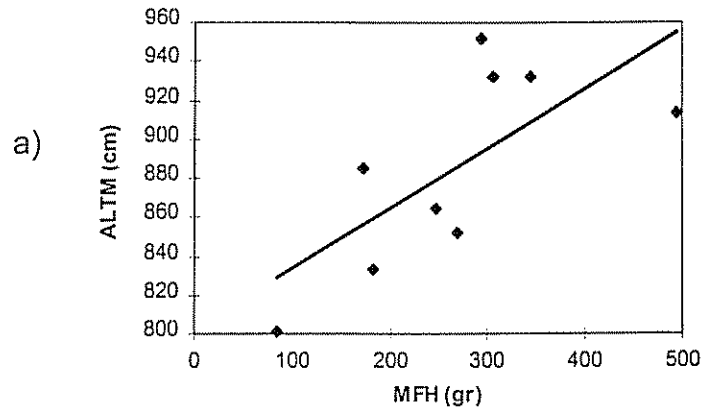
Bajo el nivel de fertilización 1, se puede apreciar la correlación significativa ($p < 0.05$) que se da entre la variable juvenil masa fresca de la hoja (MFH) con las dos variables maduras DAP y volumen; también la variable juvenil masa fresca del tallo (MFT) presentó una correlación significativa con las dos variables maduras DAP y volumen; mientras que las variables juveniles masa fresca de la raíz (MFR) y masa seca de la hoja (MSH) tuvieron correlaciones significativas ($P < 0.05$) con las tres variables maduras. La variable juvenil masa seca del tallo (MST) presentó correlación significativa ($P < 0.05$) con las dos variables maduras DAP y volumen; mientras que la variable juvenil masa seca de la raíz (MSR) tuvo correlación significativa ($P < 0.05$) con las tres variables maduras, observándose aquí el más alto valor de la correlación ($r = 0.85294$) entre la variable juvenil masa seca de la raíz (PSR) y la variable madura DAP; también entre estas dos variables se da el valor más alto para el coeficiente de regresión $R^2 = 0.7275$ (ver fig. 30b). Es interesante señalar que bajo esta nivel de fertilización no hubo correlaciones negativas significativas.

Bajo el nivel de fertilización 2 se observa correlación significativa ($P < 0.05$) entre la variable juvenil masa fresca del tallo (MFT) con las dos variables maduras DAP y volumen; aquí se obtuvo el menor valor de correlación ($r = 0.65695$) entre la variable juvenil masa fresca del tallo (MFT) con las dos variables maduras antes mencionadas, pero el menor coeficiente de regresión ($R^2 = 0.693$) se dio entre la variable juvenil masa fresca del tallo (MFT) y la variable madura volumen (fig. 31b). Las variables juveniles masa fresca de la raíz (MFR), masa seca del tallo (MST) y masa seca del tallo (MST), tuvieron correlaciones significativas ($P < 0.05$) con las tres variables maduras, donde el mayor valor se registró entre la variable juvenil masa seca de la raíz (MSR) y la variable madura altura, en cuanto al coeficiente de regresión esta relación dio el mayor valor de $R^2 = 0.6027$ (fig. 34a). Se encontró una correlación negativa; aunque no significativa, entre la variable juvenil relación brote raíz fresco (RBRF) y las variables maduras DAP y volumen (ver cuadro 14).

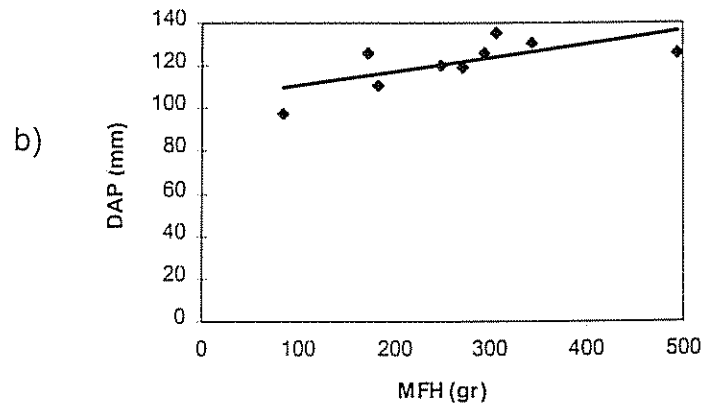
Cuadro 14. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 1 a los 4 años.

Nivel Fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		ALT	DAP	VOL
0	MFH	0.69944 *	0.68231 *	0.68865*
	MFT	0.50860	0.53284	0.51172
	MFR	0.62746	0.67201 *	0.67250 *
	MSH	0.52365	0.67909 *	0.63575
	MST	0.64475 *	0.71073 *	0.68758 *
	MSR	0.53591	0.75345 *	0.69952 *
	RBRF	-0.21110	-0.17423	-0.20851
	RBRF	0.06364	-0.00060	-0.01090
1	MFH	0.61242	0.71119 *	0.69948 *
	MFT	0.62601	0.72004 *	0.70858 *
	MFR	0.69659 *	0.80573 *	0.79472 *
	MSH	0.66526 *	0.79630 *	0.76315 *
	MST	0.57057	0.66847 *	0.64741 *
	MSR	0.77472 *	0.85294 *	0.84271 *
	RBRF	0.21821	0.19588	0.19180
	RBRF	0.10003	0.14564	0.13856
2	MFH	0.59104	0.61739	0.61614
	MFT	0.62149	0.65695 *	0.65695 *
	MFR	0.79017 *	0.76774 *	0.77927 *
	MSH	0.63321	0.62732	0.63507
	MST	0.68836 *	0.67741 *	0.68406 *
	MSR	0.77648 *	0.71526 *	0.74440 *
	RBRF	0.46029	-0.49443	-0.47374
	RBRF	0.20345	0.25915	0.23304

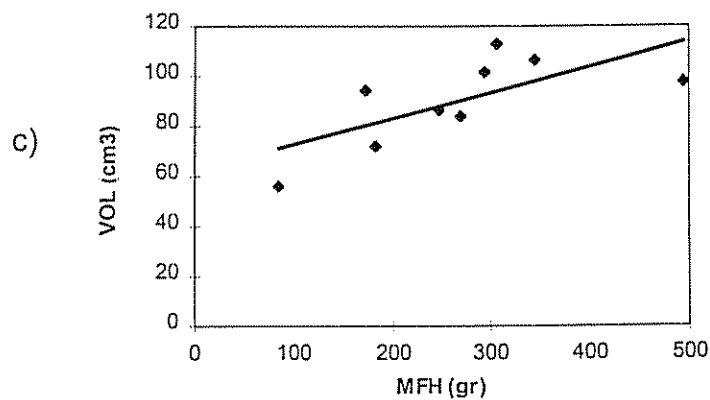
* significativo $p < 0.05$; MFH = masa fresca de la hoja, MFT = masa fresca del tallo, MFR = masa fresca de la raíz, MSH = masa seca de la hoja, MST = masa seca del tallo, MSR = masa seca de la raíz, RBRF = relación brote : raíz fresco, RBRF = relación brote : raíz seco.



$$Y = 0,3068x + 803.52; R^2 = 0,4906$$



$$Y = 0,0651x + 103,88; R^2 = 0,4656$$



$$Y = 0,1044x + 62,338; R^2 = 0,4743$$

Fig 20. Regresiones entre masa fresca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización o y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.

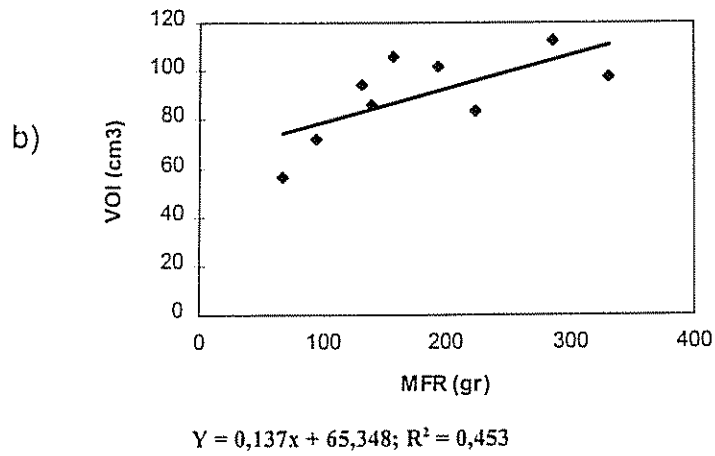
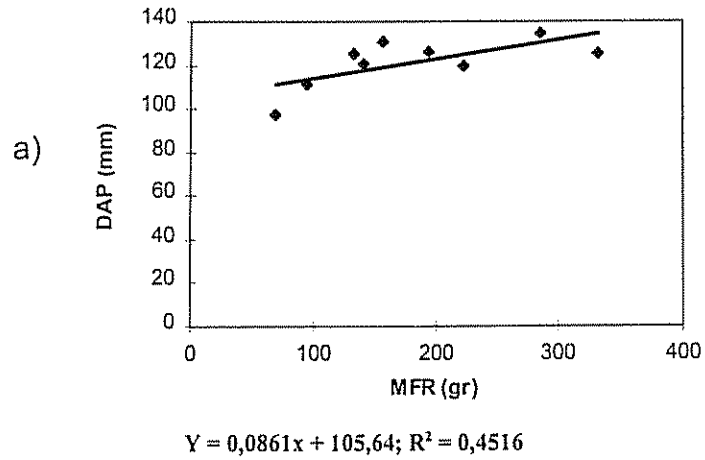
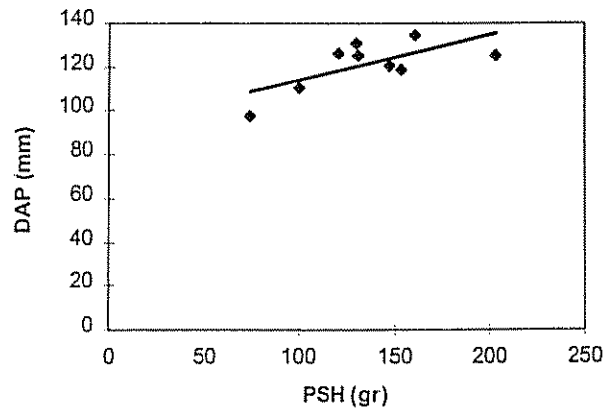
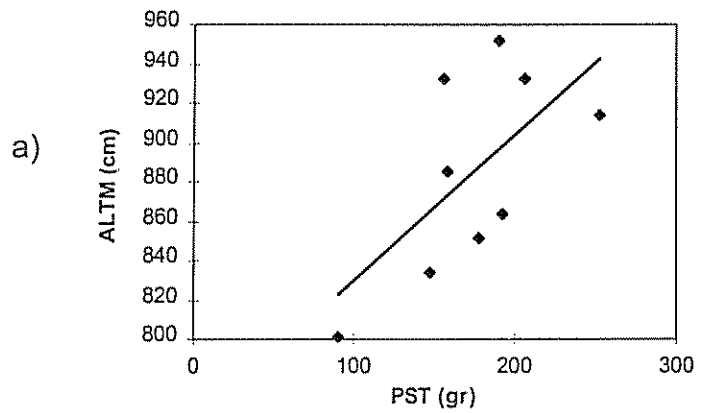


Fig 21. Regresiones entre masa fresca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización o y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años.

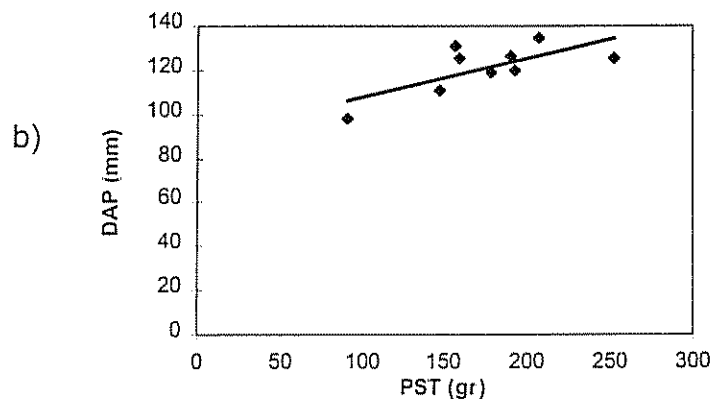


$$Y = 0,2049x + 93,481; R^2 = 0,4612$$

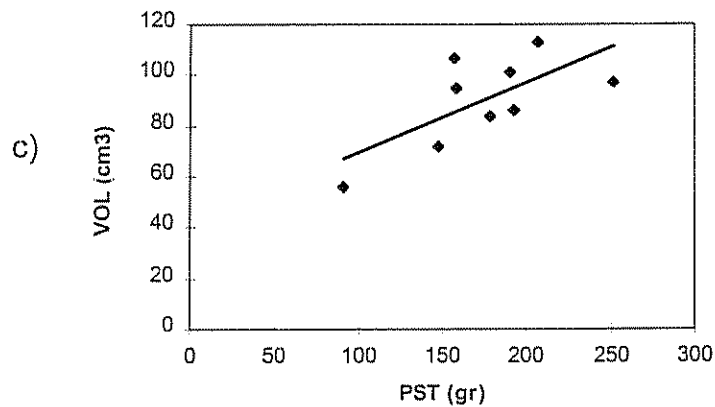
Fig 22. Regresión entre masa seco de la hoja a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y DAP en el sitio 1 a los 4 años.



$$Y = 0,744x + 755,05; R^2 = 0,4199$$

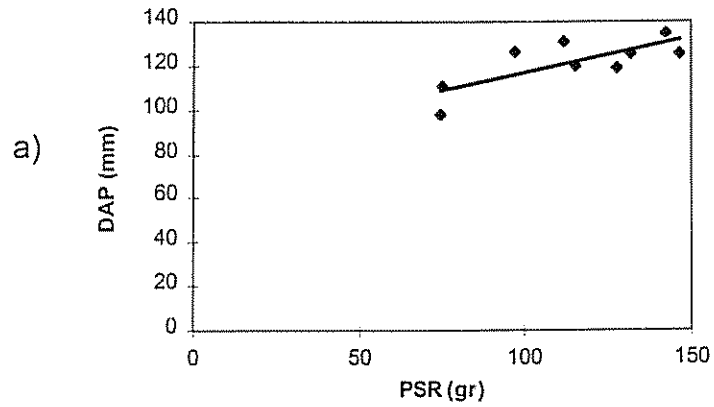


$$Y = 0,1778x + 90,116; R^2 = 0,5051$$

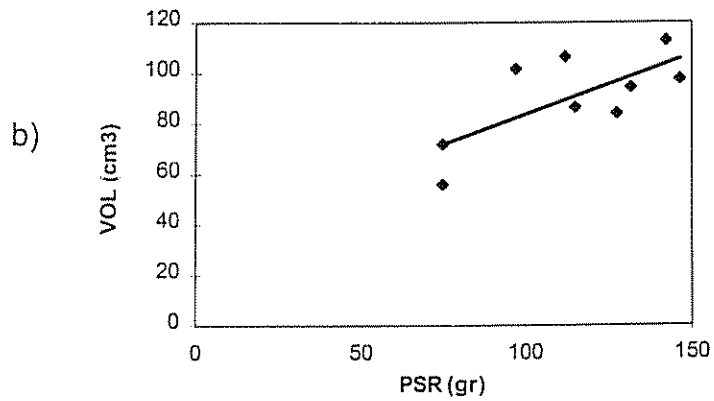


$$Y = 0,2731 + 42,354; R^2 = 0,4725$$

Fig 23. Regresiones entre la masa seca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.

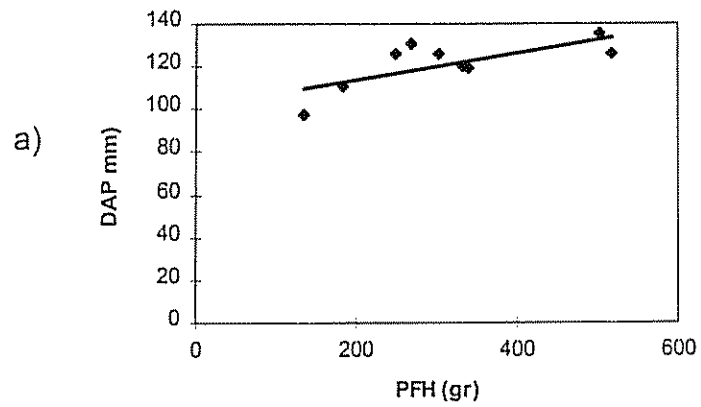


$$Y = 0,3139x + 85,59; R^2 = 0,5677$$

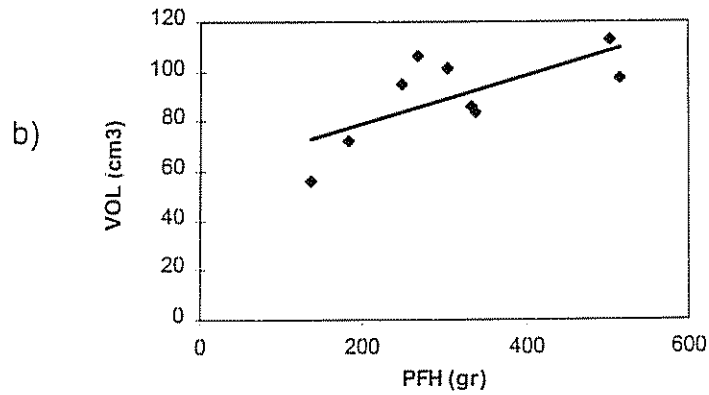


$$Y = 0,4688x + 36,92; R^2 = 0,5019$$

Fig 24. Regresiones entre la masa seca de la raíz a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años.

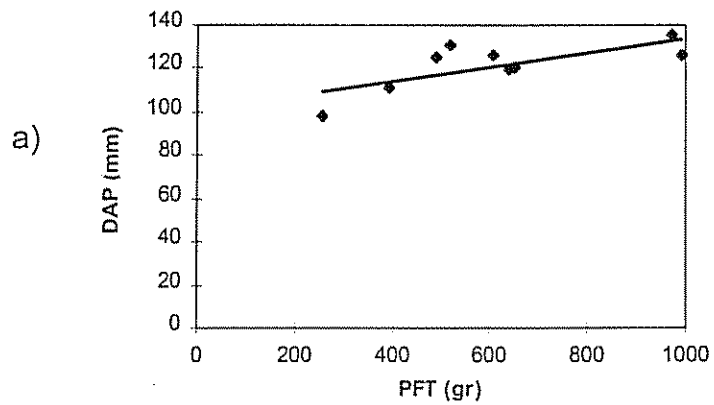


$$Y = 0,0615x + 101,87; R^2 = 0,5058$$

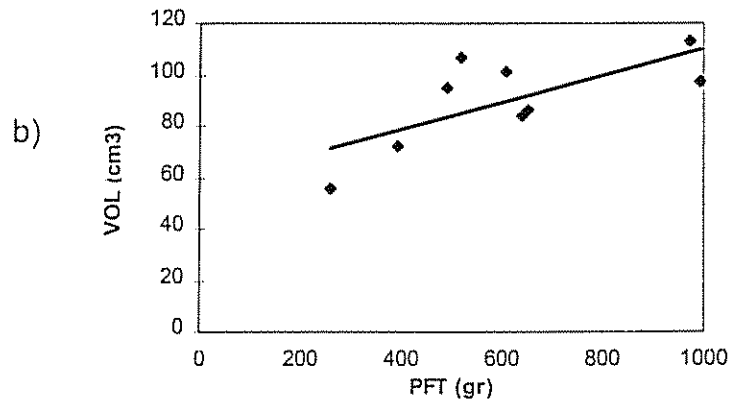


$$Y = 0,096x + 59,879; R^2 = 0,4901$$

Fig 25. Regresiones entre la masa fresca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol en el sitio1 a los 4 años.

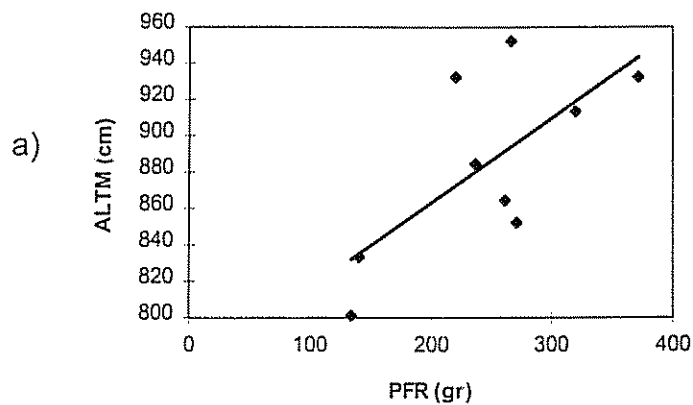


$$Y = 0,033x + 100,97; R^2 = 0,5185$$

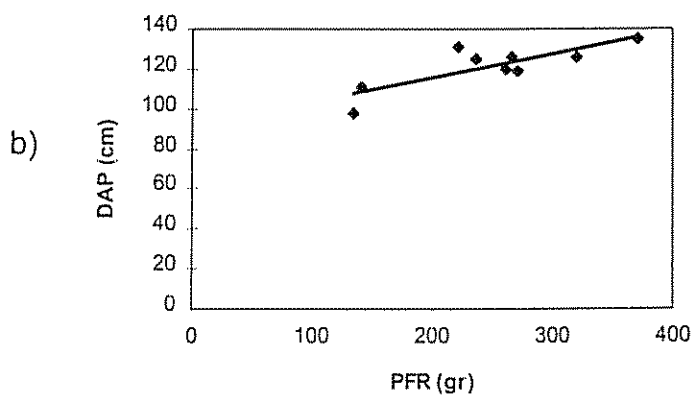


$$Y = 0,0515x + 58,475; R^2 = 0,5026$$

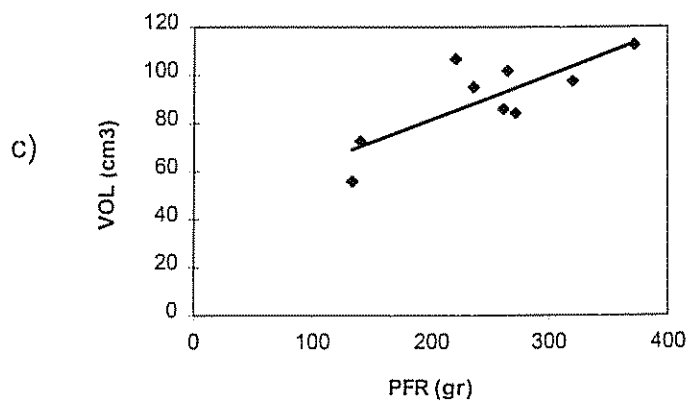
Fig 26. Regresiones entre la masa fresca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años.



$$Y = 0,4674x + 769,87; R^2 = 0,4855$$

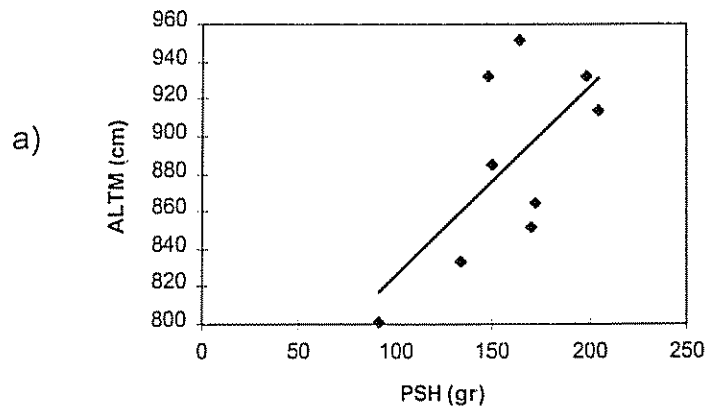


$$Y = 0,1177x + 92,162; R^2 = 0,6492$$

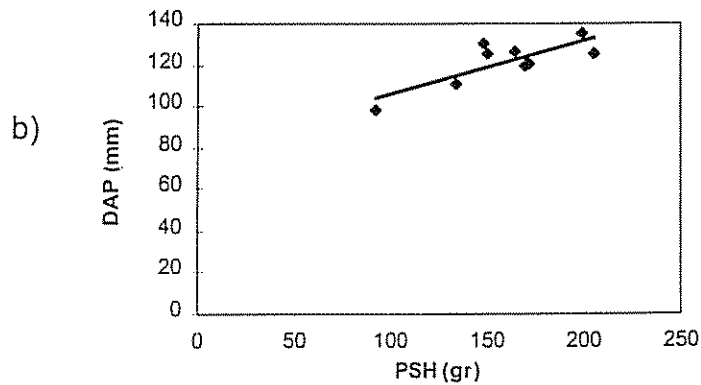


$$Y = 0,1847x + 44,55; R^2 = 0,6333$$

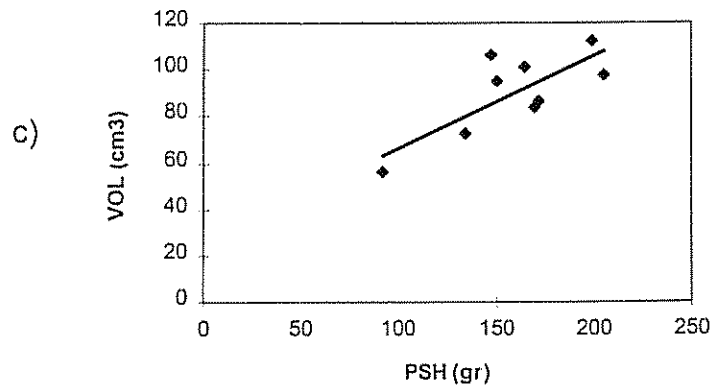
Fig 27. Regresiones entre masa fresca de la raíz a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.



$$Y = 0,9955x + 726,6; R^2 = 0,443$$

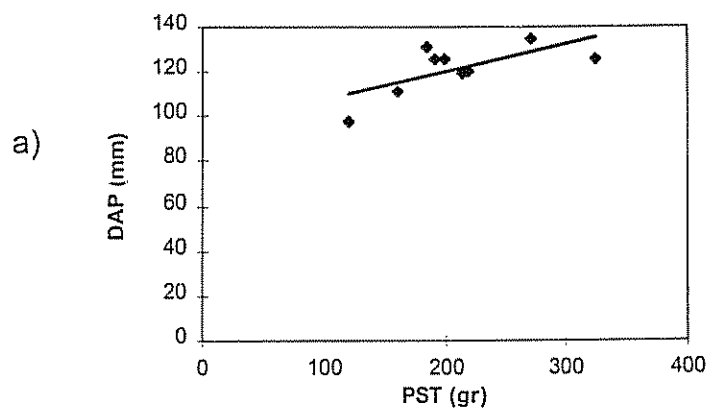


$$Y = 0,2595x + 79,88; R^2 = 0,6341$$

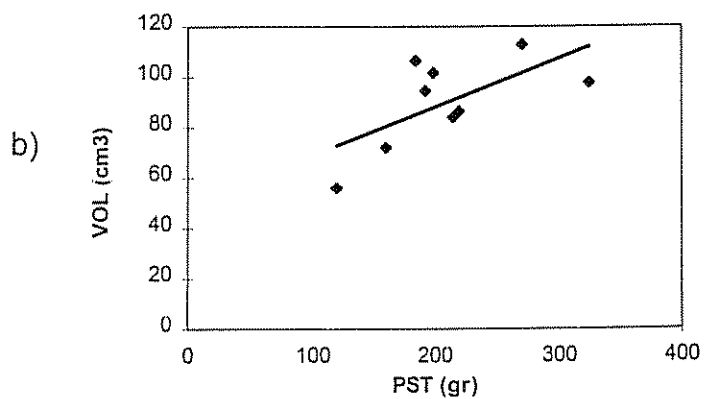


$$Y = 0,395x + 27,213; R^2 = 0,5822$$

Fig 28. Regresiones entre masa seca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.



$$Y = 0,1249x + 95,032; R^2 = 0,4468$$



$$Y = 0,1923x + 49,832; R^2 = 0,4195$$

Fig 29. Regresiones entre masa seca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol en el sitio 1 a los 4 años.

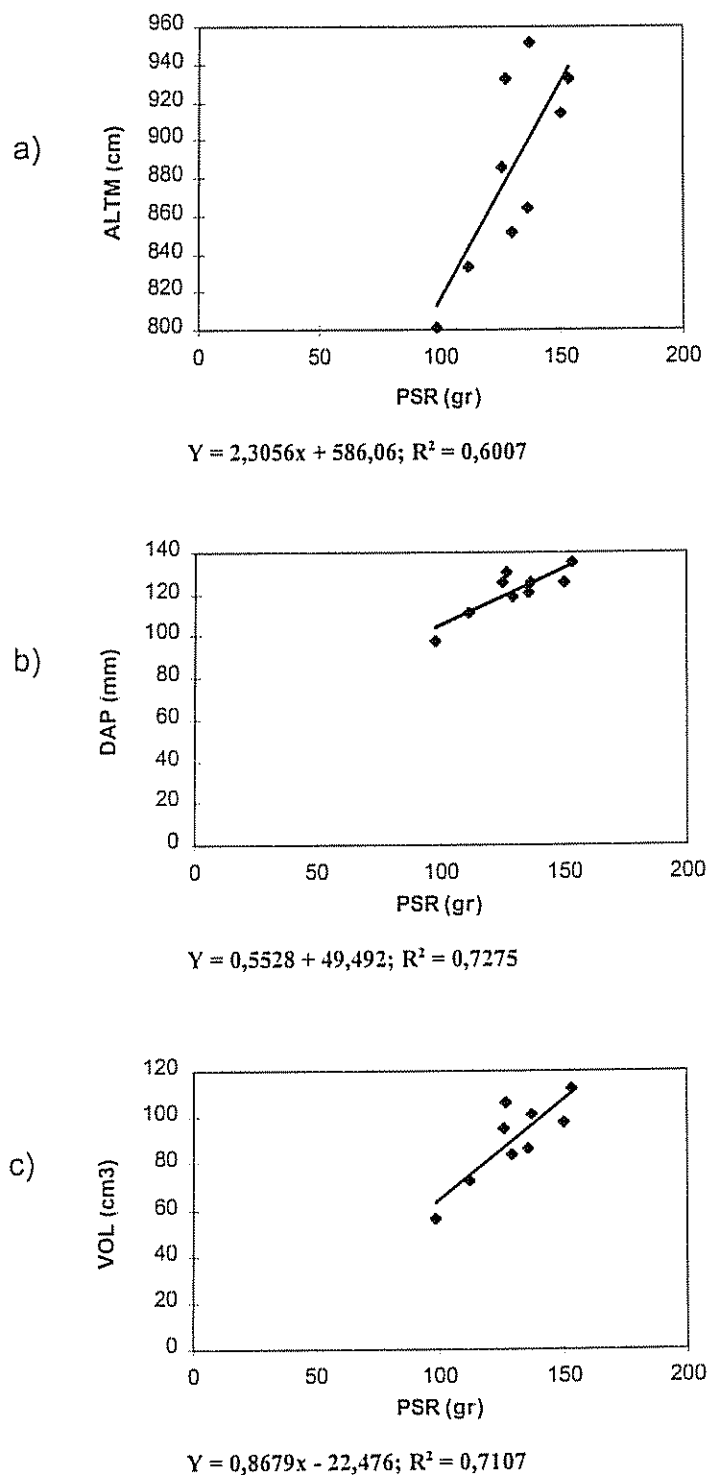
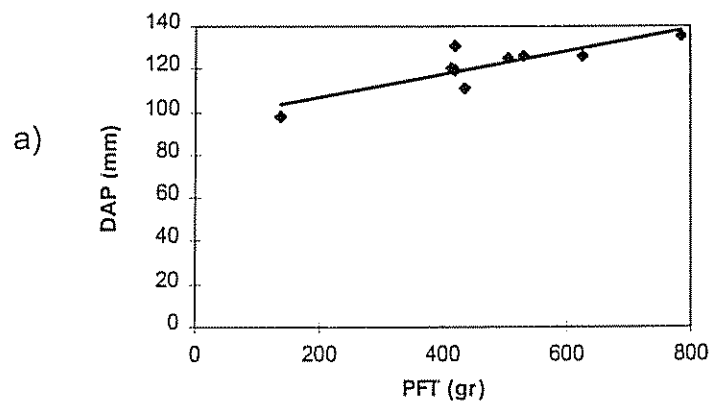
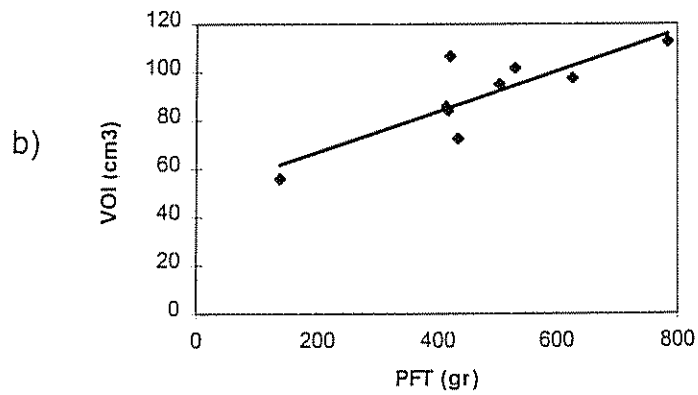


Fig 30. Regresiones entre masa seca de la raíz an vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.

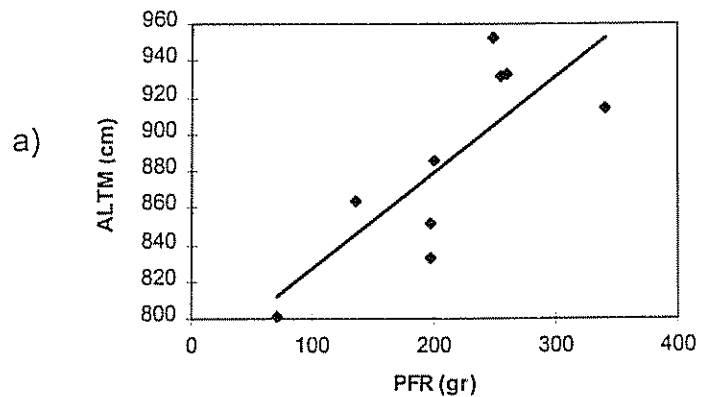


$$Y = 0,0535x + 95,808; R^2 = 0,7123$$

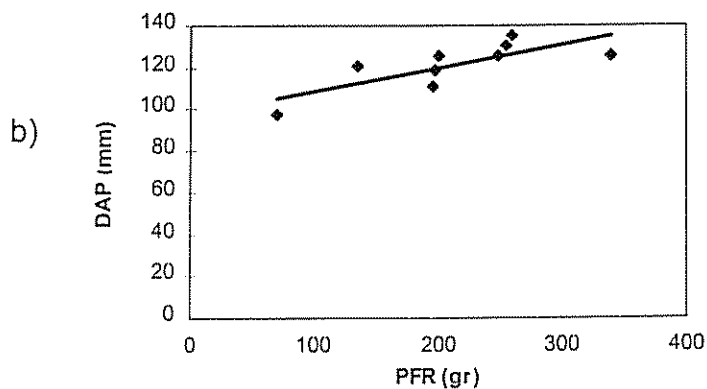


$$Y = 0,0838x + 50,325; R^2 = 0,693$$

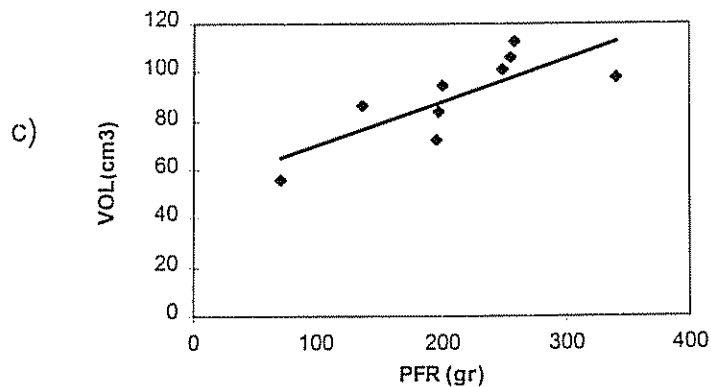
Fig 31. Regresiones entre masa fresca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) DAP y b) vol en el sitio I a los 4 años.



$$Y = 0,5203x + 774,97; R^2 = 0,6246$$

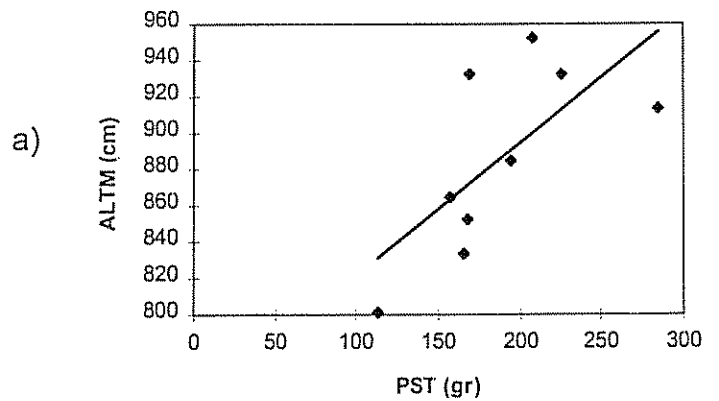


$$Y = 0,1101 + 97,884; R^2 = 0,5894$$

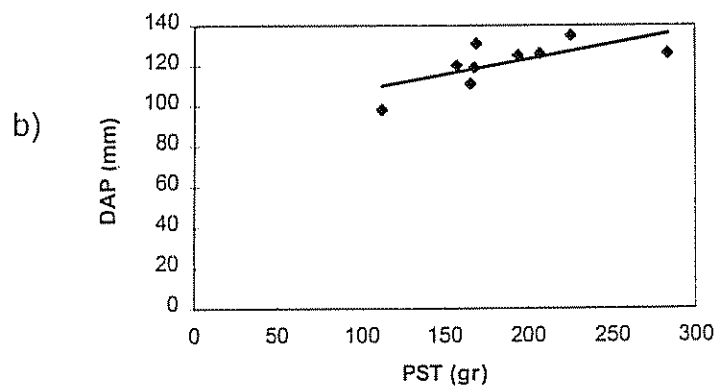


$$Y = 0,1773x + 52,575; R^2 = 0,6054$$

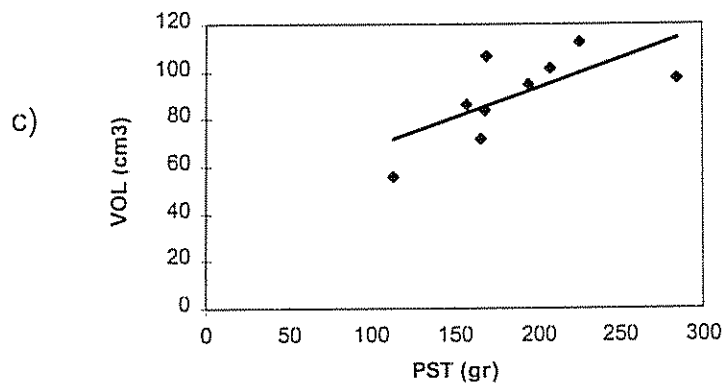
Fig 32. Regresiones entre masa fresca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.



$$Y = 0,7239x + 749,67; R^2 = 0,4736$$



$$Y = 0,1552x + 92,149; R^2 = 0,4589$$



$$Y = 0,2488x + 43,545; R^2 = 0,4672$$

Fig 33. Regresiones entre masa seca del tallo en vivero a las 16 semana bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.

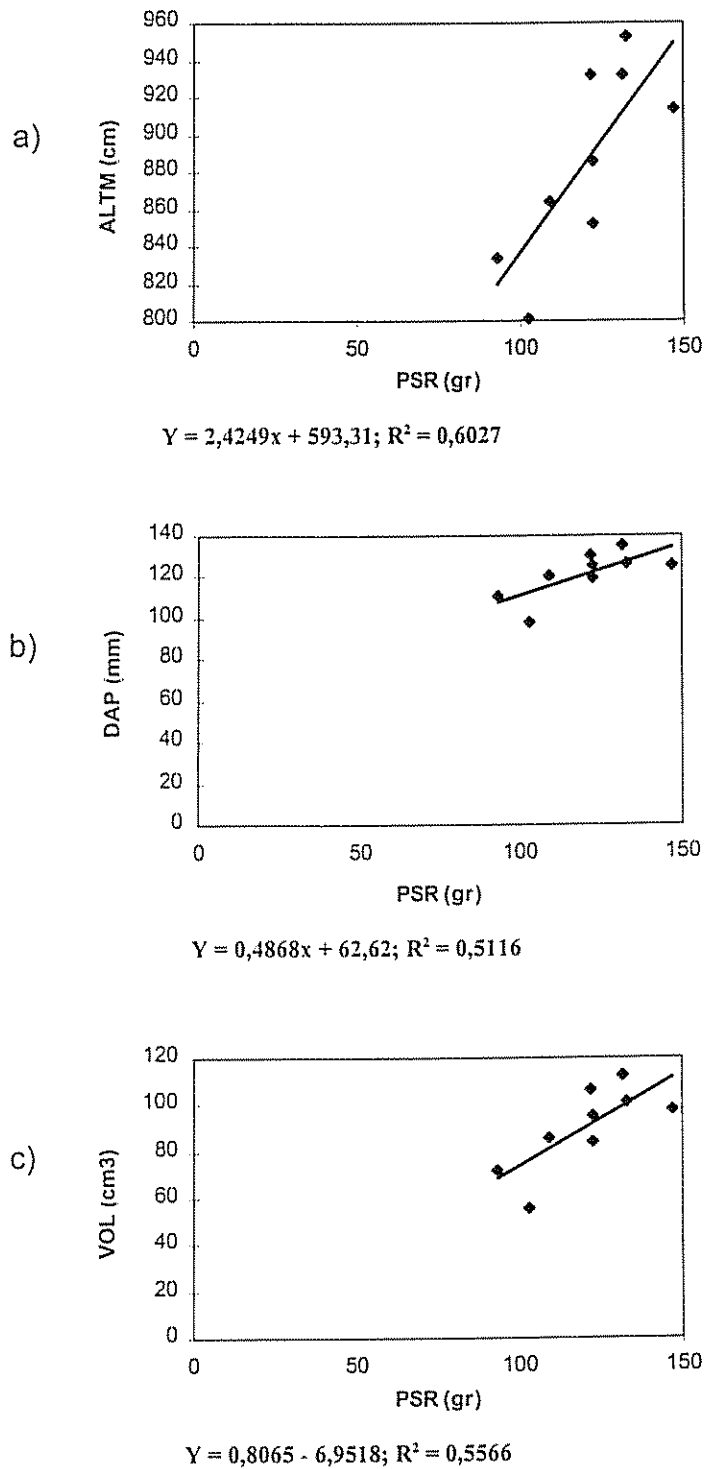


Fig 34. Regresiones entre masa seca de la raíz a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 2 Y: a) altura madura, b) DAP y c) vol en el sitio 1 a los 4 años.

6.11 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo en el sitio 2 a los 4 años.

No hubo ninguna correlación significativa entre las variables juveniles y las variables maduras.

6.12 Correlaciones efectuadas entre las variables juveniles medidas en vivero a las 16 semanas y los promedios de las variables evaluadas en los sitios 1 y 2 a los 4 años.

Bajo el nivel de fertilización 0, se encontraron correlaciones significativas ($P < 0.05$) entre la variable juvenil masa fresca de la hoja (MFH) y las dos variables maduras DAP y volumen; en ambos casos, las regresiones presentaron bajo valor de R^2 (fig. 35). La variable juvenil masa seca del tallo (PST) tuvo correlación significativa ($P < 0.05$) con las dos variables maduras DAP y volumen; aquí se notan los valores más altos ($r = 0.70217$) y bajos ($r = 0.64937$) de la correlación entre las variables antes mencionadas; la fig. 36 muestra los dos coeficientes de regresión resultantes. No hubo correlaciones significativas entre la variable juvenil relación brote : raíz fresco (RBRF) y las tres variables maduras.

Bajo el nivel de fertilización 1, las variables juveniles MFH, MFT, MFR y MSH presentaron correlaciones significativas ($P < 0.05$) con las dos variables maduras DAP y volumen; según las figuras 37, 38, 39 y 40 estas regresiones tuvieron valores bajo e intermedios de R^2 . Sólo la variable juvenil masa seca de la raíz (MSR) correlacionó significativamente ($P < 0.05$) con las tres variables maduras, donde el mayor valor de correlación ($r = 0.84295$) correspondió a la variable juvenil masa seca de la raíz (MSR) y la variable madura DAP. En la figura 41b, se puede observar el valor más alto de $R^2 = 0.7106$ entre las variables antes mencionadas. Bajo este nivel de fertilización no ocurrió ninguna correlación negativa significativa.

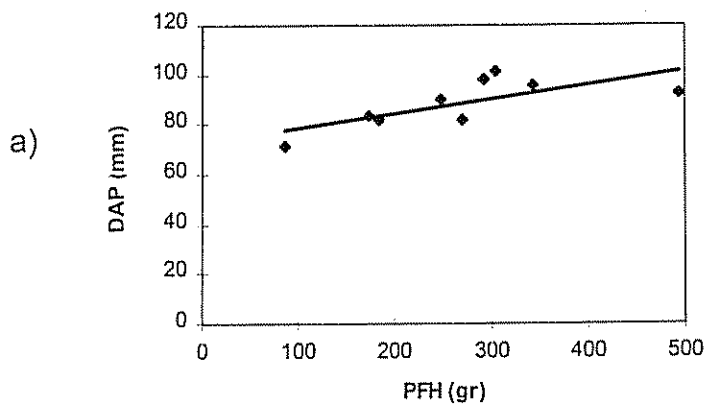
Bajo el nivel de fertilización 2 se observa que hubo correlación significativa ($P > 0.05$) entre la variable juvenil masa fresca de la hoja (MFR) y las tres variables maduras, donde el mayor valor de correlación ($r = 0.72635$) se presenta entre el MSR y el DAP, mientras el menor valor ($r = 0.65879$) es entre el PFR y la altura madura.

En las figuras 42a y 42b se observa que el mayor valor de R^2 (0.5276) y el menor (0.434= se dio entre la variable juvenil MSR y las dos variables maduras altura y DAP madura. La variable juvenil relación brote raíz fresco (RBRF) y las tres variables maduras tuvieron correlación negativa no significativa. Todo lo antes descrito se resume en el cuadro 15.

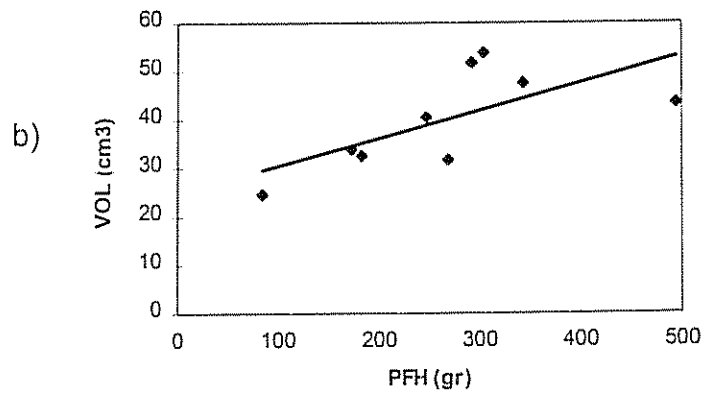
Cuadro 15. Coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en vivero a las 16 semanas y el promedio de las variables evaluadas en los sitios 1 y 2 a los 4 años.

Nivel Fertilización	Variables Juveniles	Variables Maduras		
		ALT	DAP	VOL
0	MFH	0.64443	0.69052 *	0.66259 *
	MFT	0.46659	0.55139	0.50580
	MFR	0.53878	0.63955	0.61275
	MSH	0.39312	0.55840	0.49114
	MST	0.57708	0.70217 *	0.64937 *
	MSR	0.32126	0.51818	0.45122
	RBRF	-0.06361	-0.03462	-0.07449
	RBRF	0.17422	0.20009	0.17590
1	MFH	0.55619	0.69467 *	0.65560 *
	MFT	0.57487	0.71476 *	0.67475 *
	MFR	0.60796	0.75432 *	0.71860 *
	MSH	0.57242	0.74682 *	0.68574 *
	MST	0.48661	0.62344	0.57382
	MSR	0.70680 *	0.84295 *	0.80124 *
	RBRF	0.27047	0.31673	0.28741
	RBRF	0.07707	0.12966	0.11274
2	MFH	0.50228	0.59719	0.56019
	MFT	0.52533	0.63185	0.59330
	MFR	0.65879 *	0.72635 *	0.69723 *
	MSH	0.54194	0.61922	0.58916
	MST	0.56507	0.64156	0.61121
	MSR	0.63434	0.64548	0.64457
	RBRF	-0.27818	-0.35002	-0.31716
	RBRF	0.18187	0.30316	0.24971

* significativo $p < 0.05$; MFH = masa fresca de la hoja, MFT = masa fresca del tallo, MFR = masa fresca de la raíz, MSH = masa seca de la hoja, MST = masa seca del tallo, MSR = masa seca de la raíz, RBRF = relación brote : raíz fresco, RBRF = relación brote : raíz seco



$$Y = 0,0571x + 73,191; R^2 = 0,4768$$



$$Y = 0,0564x + 24,942; R^2 = 0,439$$

Fig 35. Regresiones entre masa fresca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y: a) DAP y b) vol del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

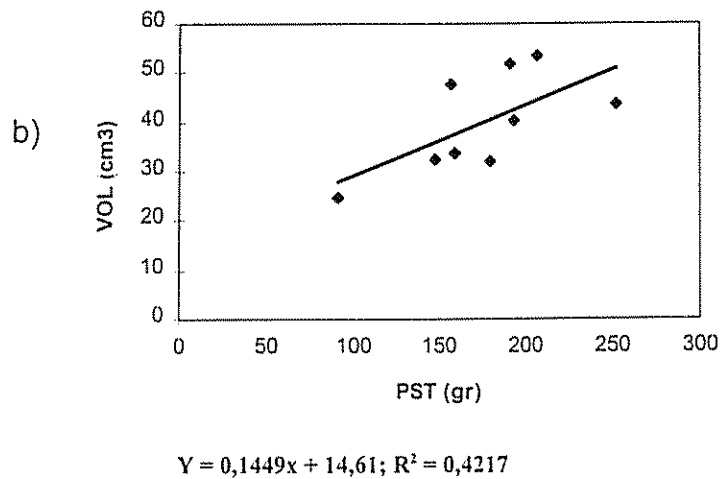
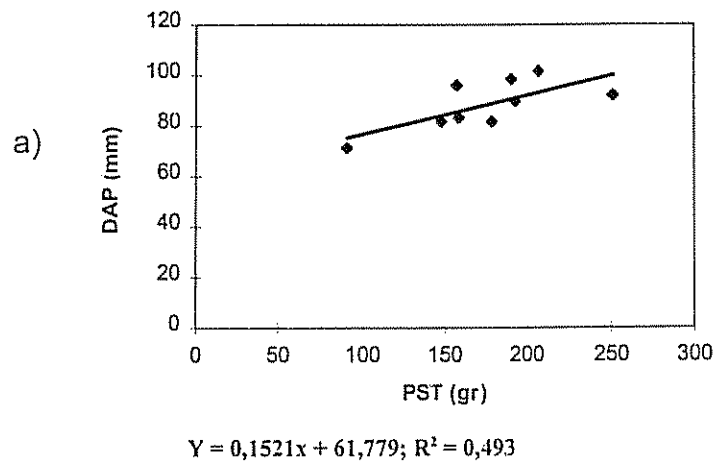


Fig 36. Regresiones entre masa seca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 0 y: a) DAP y b) vol del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

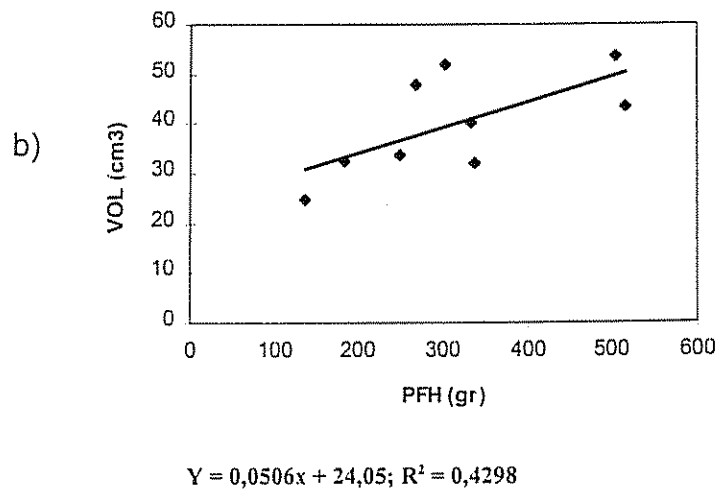
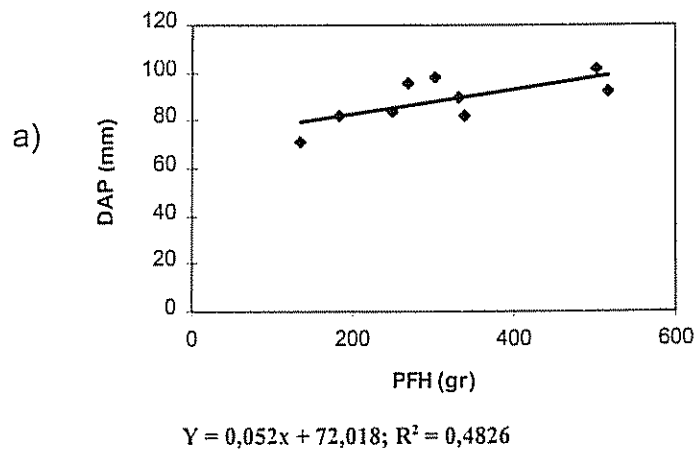


Fig 37. Regresiones entre masa fresca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

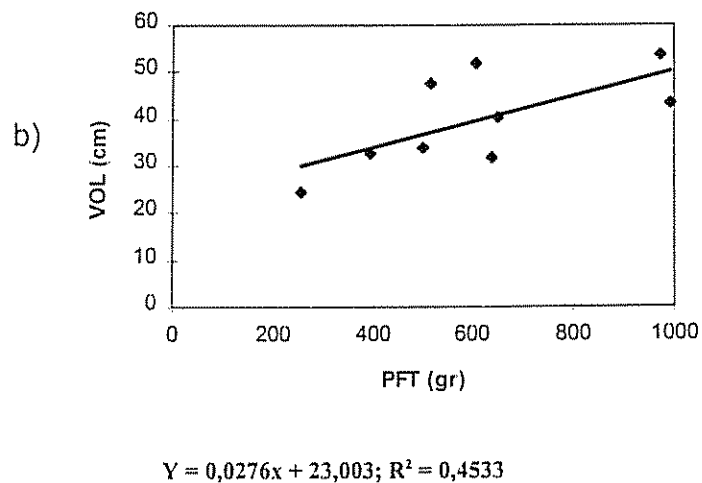
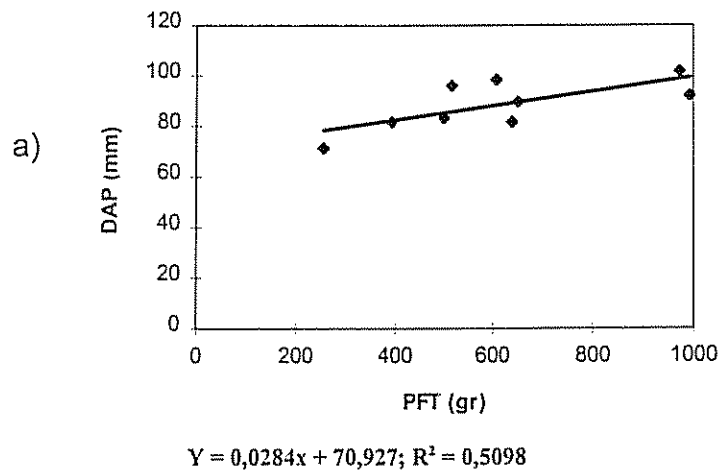


Fig 38. Regresiones entre masa fresca del tallo en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol del promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

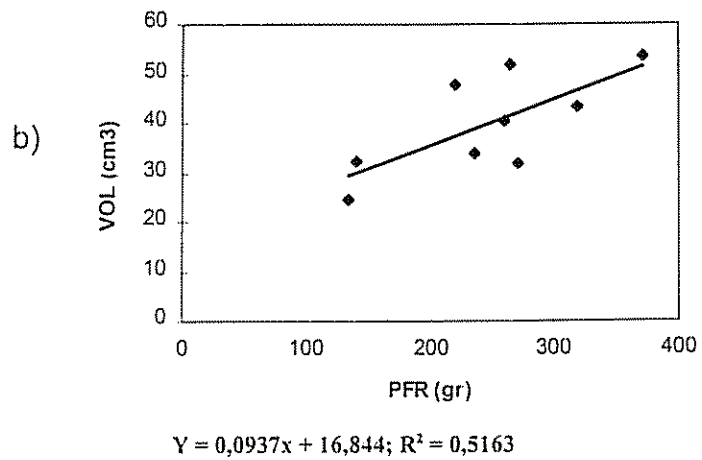
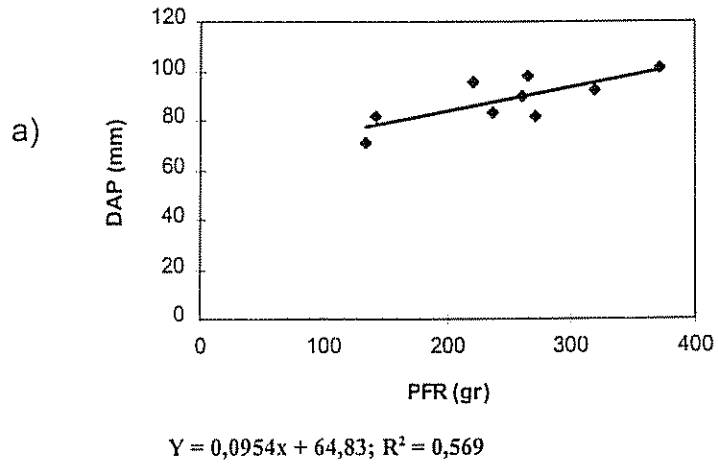


FIG 39. Regresiones entre masa fresca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) DAP y b) vol del promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años

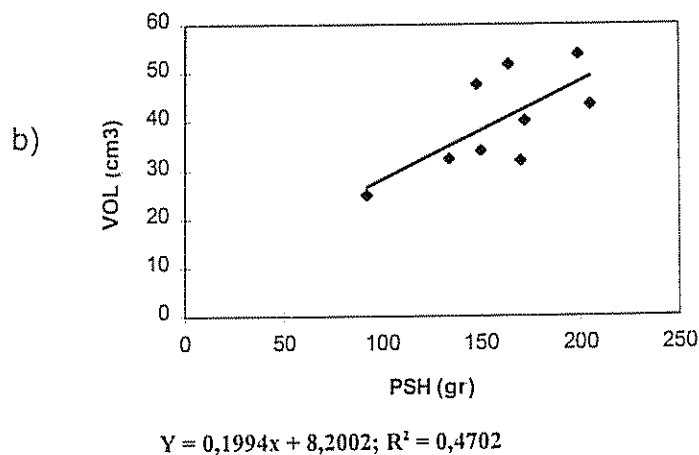
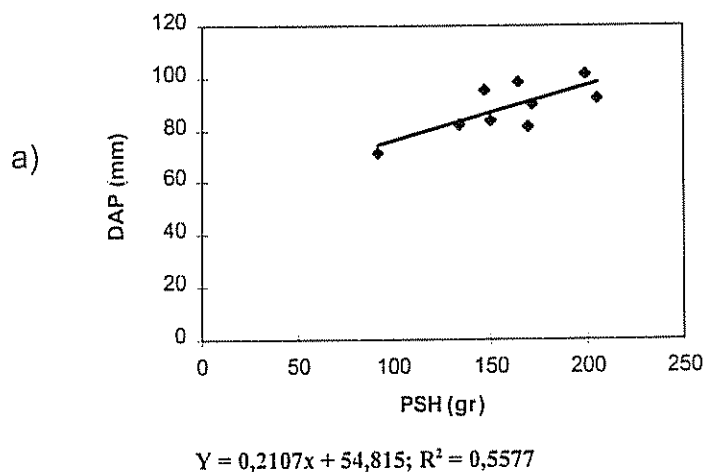
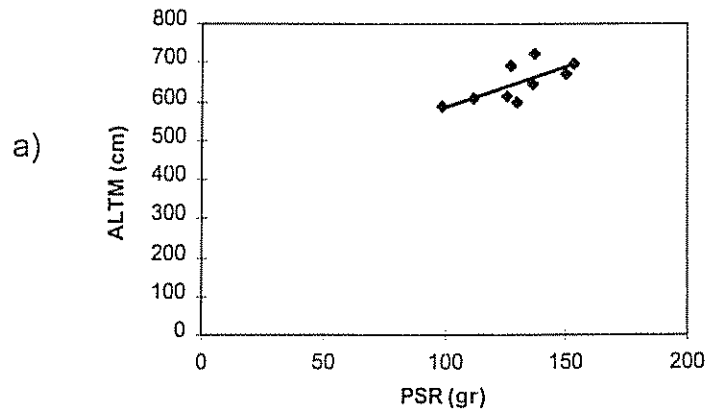
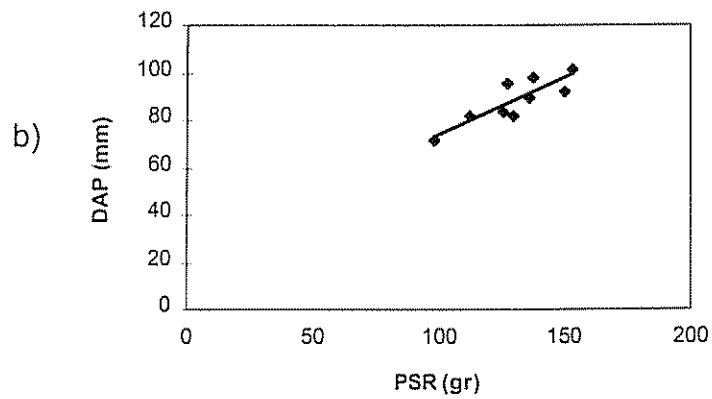


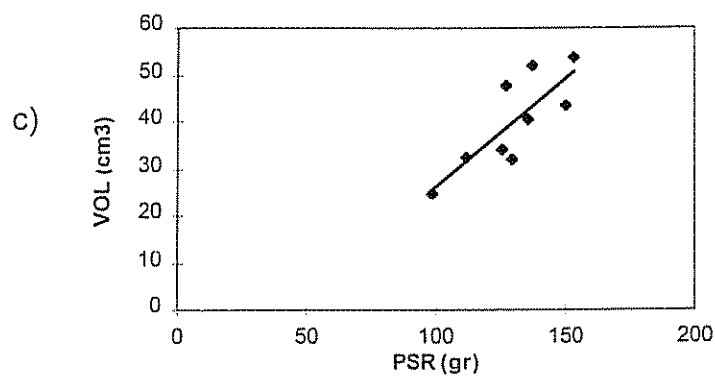
Fig 40. Regresiones entre masa seca de la hoja en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización1 y: a) DAP y B) vol del promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años.



$$Y = 2,0454x + 382,43; R^2 = 0,4996$$



$$Y = 0,473x + 27,01; R^2 = 0,7106$$



$$Y = 0,4633x - 20,152; R^2 = 0,6419$$

Fig 41. Regresiones entre masa seca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol del promedio de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

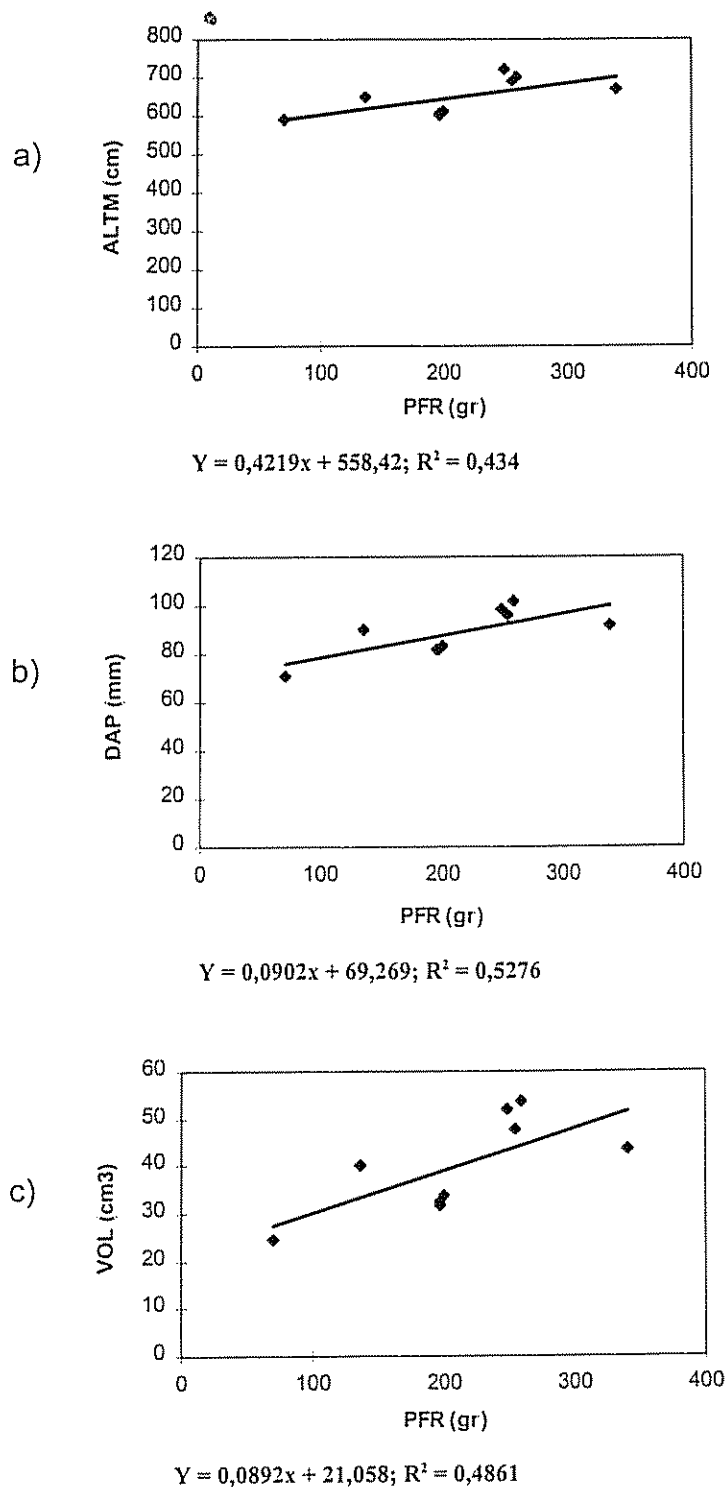


Fig 42. Regresiones entre masa fresca de la raíz en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 2 y: a) altura madura, b) DAP y c) vol del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

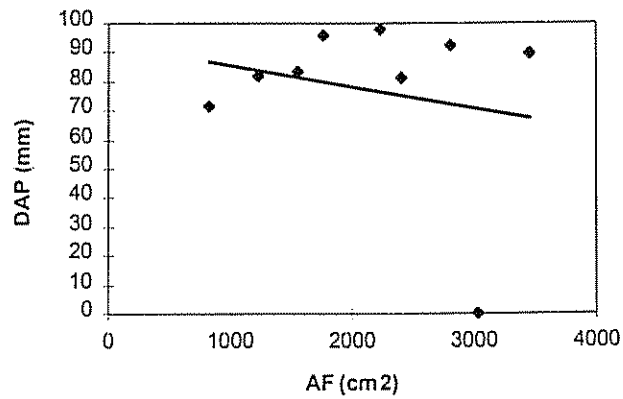
6.13 Correlaciones efectuadas entre la variable juvenil área foliar (A.F) medidas en vivero a las 16 semanas y los promedios de las variables evaluadas en los sitios 1 y 2 a los 4 años.

Según se observa en el Cuadro 16, sólo hubo correlación significativa ($P < 0.05$) bajo el nivel de fertilización 1 entre la variable juvenil área foliar y la variable madura DAP, con un valor de correlación ($r = 0.64865$). La fig. 43 presenta el valor del coeficiente de regresión ($R^2 = 0.0491$) para estas variables.

Cuadro 16. Coeficiente de correlación entre las variables evaluadas a nivel de vivero a las 16 semanas y las variables evaluadas a nivel de campo con los promedios del sitio 1 y 2 a los 4 años.

Nivel Fertilización	Variables Juveniles	Variables maduras		
		ALT	DAP	VOL
0	A F	0.09698	0.27714	0.20813
1	A.F	0.1731	0.64865 *	0.59578
2	A F	0.47853	0.43998	0.44478

* significativo $P < 0.05$



$$Y = 0,0077x + 93,473; R^2 = 0,0491$$

Fig 43. Regresión entre area foliar en vivero a las 16 semanas bajo nivel de fertilización 1 y DAP del promedios de los sitios 1 y 2 a los 4 años.

VII. DISCUSION

En los programas de mejoramiento genético forestal, el tiempo es un aspecto de importancia fundamental debido a las largas rotaciones en las plantaciones y al prolongado período que debe transcurrir antes de que la mayoría de las especies lleguen a la madurez reproductiva. Por lo tanto, los genetistas forestales buscan constantemente la forma de reducir el número de años requerido para una generación de selección y mejoramiento genético (Zobel y Talbert, 1984). El objetivo de un programa de mejoramiento genético forestal de generación avanzada es aumentar al máximo las ganancias obtenidas por unidad de tiempo (Van Buijtenen, 1981).

Una forma de reducir el intervalo de generación en los programas de mejoramiento genético forestal de generación avanzada, es hacer las selecciones en las pruebas genéticas mucho antes de que los árboles hayan alcanzado la edad de rotación. Las selecciones pueden hacerse más si puede predecirse con precisión el rendimiento de los árboles a la edad de rotación tomando como base su rendimiento en una etapa más juvenil. Dicho de otra forma, debe existir una alta correlación genética entre la edad de rotación y una etapa más juvenil para que la selección temprana de buenos resultados. Estas correlaciones se conocen como correlaciones juvenil-maduro (Zobel y Talbert, 1984).

Cuando se realizan estudios de correlación juvenil - maduro, las mediciones hechas en vivero con las procedencias o progenies proporcionan la primera oportunidad para predecir o estimar el futuro comportamiento de las mismas progenies o procedencias en plantaciones de varias edades. Esto conduce a una ganancia de tiempo, ya que no hay que esperar varios años para conocer el desempeño de dichos individuos en el campo (Musoke, 1983). También es importante indicar que las correlaciones altas podrían ser usadas en selecciones tempranas para reducir los periodos de ensayos de progenies con la posible ventaja de incrementar el diferencial de selección e incrementar la ganancia genética. Otra importancia de este tipo de estudios es que mediante una selección temprana, los mejoradores esperarían un incremento en la ganancia genética por unidad de tiempo; también por medio de esta selección temprana los mejoradores pueden acortar el ciclo de selección, así como acortar el ciclo de mejoramiento (Squillace et al. 1974).

En el presente estudio resultó interesante observar que en las tres fechas de mediciones y bajo los tres niveles de fertilización (Cuadro 3, 4 y 5), las familias que fueron

seleccionadas en el ensayo de campo por presentar mejor comportamiento, presentaron los valores más altos para las variables de crecimiento, en particular la progenie. Igualmente, las peores familias en el vivero mantuvieron un comportamiento similar en el ensayo maduro, notándose los valores más bajos en la progenie 1 de las peores familias. Este comportamiento proporciona la primera indicación de la existencia de correlaciones juvenil - maduro y la posibilidad de utilizar ciertas variables evaluadas a edad temprana como indicadores del comportamiento de los genotipos a edades mayores.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, de todas las evaluaciones que se realizaron en todos los periodos y para los tres sitios en estudio, la mayor cantidad de correlaciones significativa se observan primero entre la variable juvenil diámetro basal y la variable madura DAP; luego le sigue las correlaciones entre la variable juvenil antes mencionada y la variable madura volumen, observándose muy pocas correlaciones significativas entre la variable juvenil altura con otras variables maduras. Es posible que la variable juvenil altura pudo ser más influenciada por los factores ambientales que la variable juvenil diámetro basal. Esta variable tal vez logró expresar a más temprana edad su potencial genético. Estos resultados son similares a los informados por PASCHKE (1978) y WAKELEY (1971) quienes trabajaron con *pino loblolly* y encontraron correlaciones significativas entre la variable juvenil diámetro basal y la variable adulta altura total.

Finalmente, LAMBETH *et al.* (1983) encontraron correlaciones significativas entre la variable juvenil diámetro basal en progenies de pino loblolly y volumen de las mismas progenies a las edades de 5, 10, 15 y 20 años.

En el periodo de evaluación de 16 semanas y el sitio 1 es donde se obtuvieron más correlaciones entre las variables juveniles y maduras (Cuadro 14). Posiblemente a las 16 semanas, las plantas en vivero, ya habían asimilado el fertilizante, y esto permitió el mejor desarrollo de la parte tanto aérea como de la raíz, lo cual ayudó a una mejor expresión de las correlaciones. No hay duda que el nivel de fertilización 1 (5g/plántula), fue el que permitió una mayor expresión de las correlaciones. Posiblemente dicho nivel de fertilización reprodujo mejor las condiciones nutricionales encontradas en los sitios de prueba del material adulto.

Las correlaciones negativas se dan cuando aumentan en una de las dos variables están correlacionando con disminuciones en otra. Este fue el caso observado entre la variable juvenil relación brote : raíz freca bajo el nivel de fertilización 1 a las 16 semanas y las tres variables maduras en el sitio 1. Esto puede ser explicado por lo encontrado por NAMKOONG y CANKLE (1976) trabajando con pino marítima. Estos autores hipotetizaron que la pobre correlación juvenil - maduro en estos casos se origina en la diferente localización del recurso raíz en su desarrollo durante los primeros años; algunas familias desarrollan especialmente sus partes aéreas (ILLY, 1966) mientras que otras familias desarrollan largos sistemas radiculares a expensas del crecimiento aéreo. Luego empieza la competencia por altura entre árboles, donde los recursos agua y nutrientes son los principales factores limitantes.

Un aspecto interesante de este estudio es que a la edad de siete semanas después del repique, y bajo el nivel de fertilización 1, ya se empezaron a notar las diferencias genéticas entre las diferentes familias, que podrían ser utilizados como indicadores del futuro comportamiento de las progenies en el campo. En término de tiempo de medición, este ensayo supera al de VAN BUIJTENEN *et al.* (1980), quienes trabajando con diez familias de polinización abierta de pino *taeda*, encontraron que, a las 12 semanas de edad, aquellas familias que crecieron bajo los tratamientos hidricos de estrés y medianamente estresadas, presentaron las mejores correlaciones positivas entre la relación brote : raíz en vivero y el promedio del volumen de las mismas familias creciendo sobre un rango de sitios en la etapa de campo. También este ensayo, en términos de tiempo de valoración superó al de CANNELL (1978), quien trabajó con familias de pino *loblolly* de Carolina del Norte obtuvo una correlación alta entre la variable juvenil evaluada a las 8 semanas después del repique y el volumen maduro medido a los 8 años.

En el ensayo maduro, los dos sitios fueron seleccionados de acuerdo a las zonas climáticas, un rango de altitudes y condiciones de suelos diversos, aunque ambos (Nicoya y Hojancha) pertenecen a la zona del pacífico (seis meses de época seca) de Costa Rica. Tanto en el sitio 1 como en el sitio 2 se aprecia el mayor número de correlaciones positivas entre las variables juveniles y maduras, a pesar de que el ensayo juvenil se realizó en condiciones ambientales diferentes. Por los resultados obtenidos pareciera ser que hubo muy poca influencia ambiental debido a la utilización de bloques y que las correlaciones obtenidas aparentemente se deben al potencial genético de las progenies bajo estudio. En el sitio 3 (promedio de los sitios 1 y 2) se observa una disminución en la ocurrencia de correlaciones positivas entre las variables juveniles y

maduras; esto demuestra que para fines del estudio no fue conveniente la utilización de los promedios de los sitios 1 y 2.

La variable madura DAP y la variable volumen mantuvieron un incremento similar en cuanto a sus índices de correlación con las otras variables juveniles en todas las fechas de evaluación, notándose un incremento progresivo en las correlaciones entre las variables evaluadas a las de 10 y 15 semanas en vivero y las variables evaluadas en las fase adulta en los sitios 1 y 2.

En conclusión, los resultados de este estudio indican el potencial de las evaluaciones de procedencias o pruebas a nivel de vivero para estimar el futuro desempeño de los mismos genotipos en plantaciones hasta varias edades. El uso de diferentes niveles de fertilización fue efectivo para aumentar la eficiencia de las correlaciones. Una razón importante es que los ensayos en vivero permiten un mayor control y uniformidad ambiental, de manera que las diferencias genéticas entre los materiales evaluados tienden a ser más aparentes (LA FARGE, 1975).

VIII. CONCLUSIONES

- Las mejores familias a nivel de campo resultaron ser las mejores familias a nivel de vivero, lo que indica el control genético para las variables evaluadas.
- Los mejores parámetros a nivel de vivero para predecir el comportamiento de las progenies en el campo fueron el diámetro basal , masa seca del tallo (MST), masa fresca de la raíz (MSR) y masa seca de la raíz (MSR).
- Los mejores periodos de evaluación en vivero para la variable juvenil diámetro basal resultó ser las 10 y 15 semanas, mientras que para las otras variables juveniles masa seca del tallo (MST), masa fresca de la raíz (MFR) y masa seca de la raíz (MSR) lo fue a las 16 semanas.
- Los mejores niveles de fertilización, en los cuales se observó una mayor correlación entre las variables juveniles y maduras fueron los niveles 1 (5g/plántula) y el nivel 2 (10g/plántula).
- Las variables a nivel de campo más apropiadas para efectuar las correlaciones fueron el DAP y el volumen.
- El uso de diferentes niveles de fertilización fue efectivo para ayudar a predecir el futuro comportamiento de las progenies en el campo mediante la evaluación de variables a nivel juvenil.
- El número de correlaciones significativas disminuyó cuando se utilizó el promedio general de los dos ensayos adultos.

IX. RECOMENDACIONES

- Los niveles de fertilización 1 y 2 y la variable juvenil diámetro basal evaluada a las 10 y 15 semanas después del repique y las variables masa seca del tallo (MST), masa fresca de la raíz (MFR) y masa seca de la raíz (MSR) evaluadas a las 16 semanas después del repique pueden utilizarse como indicadores apropiados para predecir el comportamiento de genotipos de *Gmelina arborea*, a edades mayores.
- Sería convenientes alargar los períodos de evaluación en la fase de vivero hasta las 24 semanas de edad, para permitir un mejor desarrollo de las partes aéreas y la raíz de las plántulas y determinar si aumenta la eficiencia a las correlaciones.
- Para futuros ensayos de correlaciones juvenil - maduro se recomienda incluir las variables peso de semillas y tasa de fotosíntesis de las plántulas.
- Dado los múltiples usos de la madera de *Gmelina arborea*, se recomienda utilizar la variable densidad específica a nivel de campo, para conocer si esta correlaciona con las variables juveniles sobresalientes en este estudio.
- Usar los ensayos de vivero para cálculos de heredabilidad y predicción de ganancia genética, ya que estos parámetros genéticos nos permitirán mejorar la eficiencia de las selecciones.

IX. BIBLIOGRAFIA CITADA

- BURLEY, J.; WOOD, J. 1979. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencias especial a los trópicos. Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. Tropical Forestry Papers No. 10 y 10A. 297p.
- BRISCAL, C. H. 1995. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. CATIE. Serie Técnica No 270. 44p.
- CATIE-ROCAP. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central, resultados de cinco años de investigación. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe técnico No. 86. 220p.
- CATIE. 1984. Especies para leña: Arbusto y árboles para la producción de energía. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 342p.
- CATIE. 1991. Melina : *Gmelina arborea* ROXB. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No. 181. 69p.
- CHAPLIN, G. 1993. Silvicultura manual for the Solomon Islands. Oxford Forestry Institute. ODA Forestry Service 1:109-126.
- CORNELIUS, J. P.; MESEN, J. F. 1996. Genotype-environment interaction and genetic parameters of growth and stem straightness of *Gmelina arborea* en Costa Rica, CATIE. Turrialba. 19p.
- CLAIRE, G. W. 1987. The influence of shoot ontogeny on juvenile - mature correlations in loblolly pine. Forest Science 33 (2): 411 - 422.
- DANJON, F. 1994. Observed selection effects on height growth diameter and stem form in Maritime Pine. *Silvae genetica*, 44, 1 sp.
- DANJON, F. 1994. Heredabilities and genetic correlations for estimated growth curve parameters in maritime pine. *Theor. Appl. Genet.* 89: 911-921.

- FRANKLIN, E.C. 1977. Juvenile- mature correlations. Proceedings, Joint IUFRO Woikshop. S2, 02-08 & S2, 03-01, Brisbane. 3-8p.
- GILL, J. G. S. 1987. Juvenile-mature correlations and trends in genetic variances in Stika spruce in Britain. *Silvae Genetic* 36, 5-6.
- HOLDRIDGE, L. 1979. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Por H. Jiménez Saa. San José, Costa Rica., IICA. 216p.
- HUEHN, M. 1987. Clonal mixtures, juvenile-mature correlations and necessary number of clones. *Silvae Genetica* 36(2).83-92.
- LAMB, A, F. A. 1970. Especies maderables de crecimiento rápido en tierra baja tropical: *Gmelina arborea* Boletín Instituto Forestal Latinoamericano (Ven.) No. 33/34:21-34...
- LAMBETH, C. 1980. Juvenile-mature correlations in pinaceae and implications for early selection. *Forest Science* 26(4):571-580.
- LAMBETH,E.; VAN BUIJTENEN,J.P. 1983. Early selection is effective in 20 year old genetic test or loblolly pine. *Sylvae Genetica* 32(5-6):210-215.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en bosques tropicales y sus especies arbóreas - posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Trad. Por A. Carrillo. Rosdorff, Alemania, GTZ: 335p.
- MIRENEN (Costa Rica Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas), 1994. Boletín Estadístico Forestal No. 5, 1991 - 1993. San José, Costa Rica, 98p.
- MUSOKE, R. 1983. Juvenile - mature correlations in selected Douglas - fir (*Pseudotsuga menziesii* (MIRE) Franco) provenances and progenies. *Forestry - Abstract*, 44:5, 215p.

- NAMKOONG,G.; BARNES, R.D.; BURLEY, J. 1980. A philosophy of breeding strategy for tropical forest trees. Department of forestry. Commonwealth forestry institute. University of Oxford. Tropical forestry papers.No. 16.
- SALAZAR, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. CATIE. Informe Técnico No. 20. 130p.
- SANDOVAL, C. H.; MARTINEZ, H.H.A. 1989. Producción de leña y biomasa de *Gmelina arborea* en una plantación de nueve años, en Cortés, Honduras. *Silvoenergía* 28:1-4.
- SHMIDT,R. 1987. Ordenación de los bosques higrofiticos tropicales. *Unasyva* 156, vol,39:2-17.
- SQUILLACE , A.E.; GANSEL, C. 1974. Juvenile- mature correlations in slash pine. *Forest Science* 20(3);225-229.
- STEINHOFF, R.J. 1974. Juvenile-mature correlations in Ponderosa and western White pines. *Proceedings, Joint IUFRO meeting, S.02.04.1-3, Stokolm, Session IV, 243-250.*
- VALERIO, J. 1986. Evaluación de nueve procedencias de *Gmelina arborea* ROXB. en Costa Rica . M.Sc. thesis, CATIE / Universidad Costa Rica. 92p.
- VAN BUIJTENEN, J.P.; WAXLER, M. S. 1980. Early genetic evaluation of loblolly pine. *Can j. For. Res.* Vol. 11. p351-355.
- WAXLER, M. S.; VAN BUIJTENEN, J. P. 1981. Early genetic evaluation of loblolly pine. *Canadian Journal Forest Research.*
- XIE, C.; YING, C. 1995. Heredabilities, age-age correlations, and early selection in lodgepole pine (*pinus contorta ssp. latifolia*). *Silvae Gentica* 45, 2-3. 101-107.
- ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. de. LIMUSA, México, D.F: 545p.

ANEXOS

Cuadro A1. Análisis de varianza para la variable juvenil altura a las 7 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	5	25659.58	5131.91	291.17	0.0001*
Progenie	8	12415.93	1551.99	88.05	0.0001*
Nivfert	2	657.04	328.52	18.64	0.0001*
Prog*Nivfert	16	735.408	45.96	2.61	0.0006*
Error	760	13395.23	17.62		
Total	791				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog* Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %.

Cuadro A2. Análisis de varianza para la variable juvenil diámetro basal a las 7 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	5	47804.96	9560.99	134.24	0.0001*
Progenie	8	37501.23	4687.65	65.81	0.0001*
Nivfert	2	3723.84	1861.92	26.14	0.0001*
Prog*Nivfert	16	2742.61	171.41	2.41	0.0016*
Error	760	54130.77			
Total	791				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog* Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %.

Cuadro A3. Análisis de varianza para la variable juvenil altura a las 10 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	5	54915.38	10983.07	179.5	0.0001*
Progenie	8	16453.27	2056.65	33.61	0.0001*
Nivfert	2	4898.49	2449.24	40.03	0.0001*
Prog*Nivfert	16	3460.16	216.26	3.53	0.0001*
Error	759	46440.25	61.18		
Total	790				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog*Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %.

Cuadro A4. Análisis de varianza para la variable juvenil diámetro basal a las 10 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	5	60822.50	12164.50	72.04	0.0001*
Progenie	8	71938.28	8992.28	53.25	0.0001*
Nivfert	2	27586.72	13793.36	81.69	0.0001*
Prog*Nivfert	16	5010.39	313.14	313.14	0.0215*
Error	760	128332.57	168.85		
Total	791				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog* Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significatio al 5 %.

Cuadro A5. Análisis de varianza para la variable juvenil altura a las 15 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	5	79230.42	15846.08	69.82	0.0001*
Progenie	8	344408.73	4301.09	19.27	0.0001*
Nivfert	2	9651.23	4825.61	21.37	0.0001*
Prog*Nivfert	16	6126.83	382.92	1.71	0.0406*
Error	760	170466.58	224.29		
Total	791				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog*Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %.

Cuadro A6. Análisis de varianza para la variable juvenil diámetro basal a las 15 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	5	54456.27	10891.25	24.51	0.0001*
Progenie	8	186988.55	23373.56	52.59	0.0001*
Nivfert	2	104014.16	52007.08	117.02	0.0001*
Prog*Nivfert	16	14086.53	880.40	1.98	0.0122*
Error	760	337758.60	444.41		
Total	791				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog*Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo 5 %.

Cuadro A7. Análisis de varianza para la variable juvenil peso fresco hoja (PFH) a las 16 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	1	2304.86	2304.86	9.84	0.0024*
Progenie	8	14208.80	1776.10	7.59	0.0001*
Nivfert	2	402.67	201.33	0.86	0.4271ns
Prog*Nivfert	16	1485.22	92.82	0.40	0.9798ns
Error	80	18730.65	234.13		
Total	107				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog*Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %; ns No significativo.

Cuadro A8. Análisis de varianza para la variable juvenil peso fresco tallo (PFT) a las 16 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	1	13658.66	13658.66	19.24	0.0001*
Progenie	8	48336.15	6042.01	8.51	0.0001*
Nivfert	2	3430.81	1715.40	2.42	0.0957ns
Prog*Nivfert	16	4777.62	298.60	0.42	0.9730ns
Error	80	56781.91	709.77		
Total	107				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog*Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %; ns No significativo.

Cuadro A9. Análisis de varianza para la variable juvenil peso fresco raíz (PFR) a las 16 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	1	1662.00	1662.00	19.99	0.0001*
Progenie	8	5448.01	681.00	8.19	0.0001*
Nivfert	2	687.91	343.95	4.14	0.0195*
Prog*Nivfert	16	744.47	46.52	0.56	0.9045ns
Error	80	6651.49	83.14		
Total	107				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog*Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %; ns No significativo.

Cuadro A10. Análisis de varianza para la variable juvenil peso seco hoja (PSH) a las 16 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S,C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	1	197.16	197.16	14.96	0.0002*
Progenie	8	1000.84	125.10	9.49	0.0001*
Nivfert	2	99.87	49.94	3.79	0.0268*
Prog*Nivfert	16	106.68	6.66	0.51	0.9372ns
Error	80	1054.50			
Total	107				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog*Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %; ns No significativo.

Cuadro A11. Análisis de varianza para la variable juvenil peso seco tallo (PST) a las 16 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	1	709.61	709.61	20.76	0.0001**
Progenie	8	2375.00	296.87	8.69	0.0001**
Nivfert	2	187.97	93.98	2.75	0.0700ns
Prog*Nivfert	16	160.29	10.01	0.29	0.9960ns
Error	80	2734.31	2734.31		
Total	107				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog*Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %; ns No significativo.

Cuadro A12. Análisis de varianza para la variable juvenil peso seco raíz (PSR) a las 16 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S,C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	1	128.74	128.74	22.28	0.0001*
Progenie	8	343.07	42.88	7.42	0.0001*
Nivfert	2	41.60	20.80	3.60	0.0318*
Prog*Nivfert	16	69.68	4.35	0.75	0.7308ns
Error	80	462.18	5.77		
Total	107				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog*Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo al 5 %; ns No significativo.

Cuadro A13. Análisis de varianza para la variable juvenil relación brote:raíz fresco (RBRF) a las 16 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	1	0.23	0.23	0.12	0.7325ns
Progenie	8	24.84	3.10	1.57	0.1472ns
Nivfert	2	2.67	1.33	0.68	0.5117ns
Prog*Nivfert	16	33.03	2.06	1.04	0.4224ns
Error	80	158.30	1.97		
Total	107				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog * Nivfert = progenie por nivel de fertilización; ns No significativo.

Cuadro A14. Análisis de varianza para la variable juvenil relación brote:raíz seco (RBRS) a las 16 semanas.

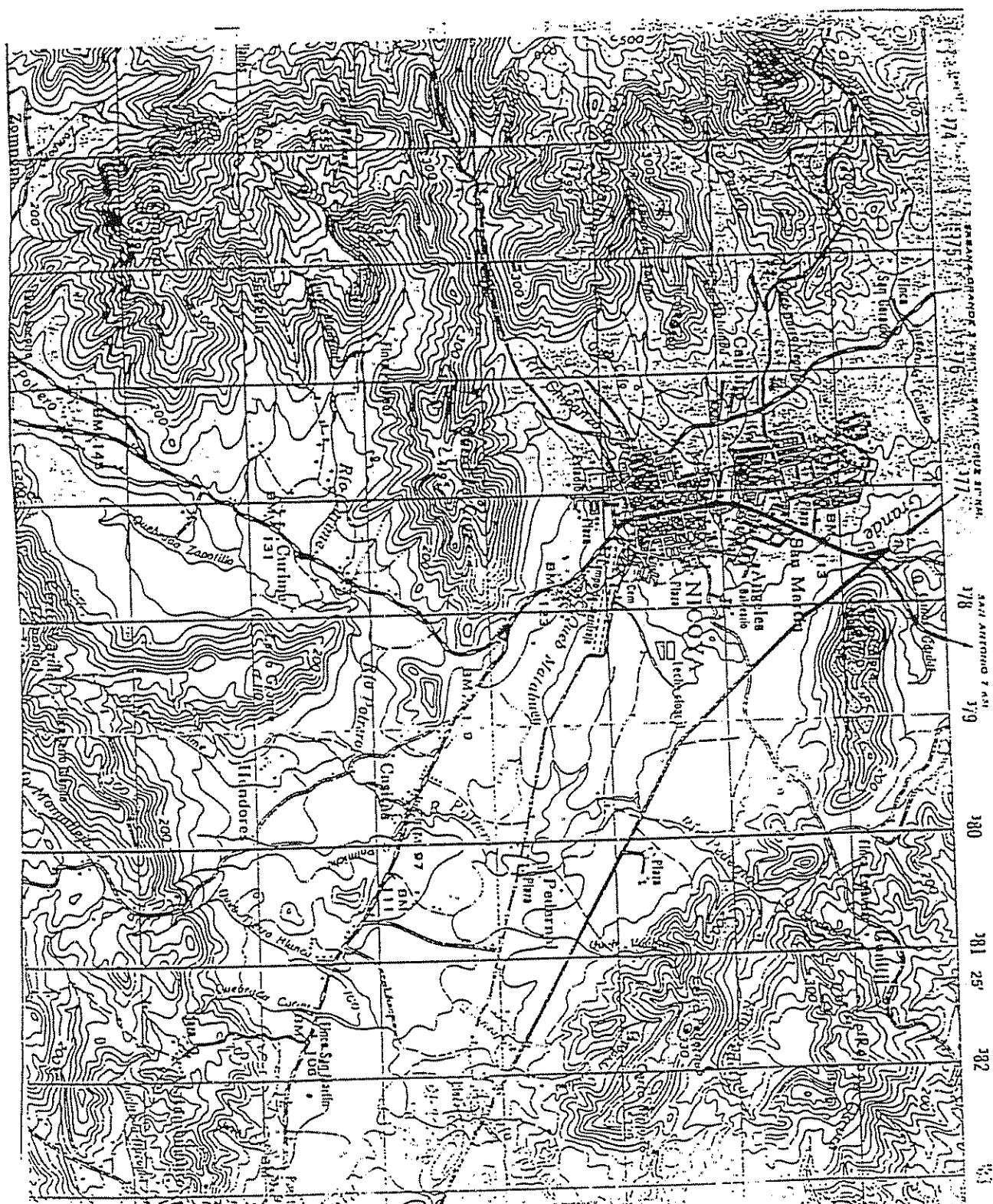
FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	1	0.13	0.13	0.22	0.6388ns
Progenie	8	12.22	1.52	2.51	0.0172ns
Nivfert	2	0.07	0.03	0.07	0.9371ns
Prog*Nivfert	16	9.24	0.57	0.95	0.5172ns
Error	80	48.65	0.60		
Total	107				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog * Nivfert = progenie por nivel de fertilización; ns No significativo.

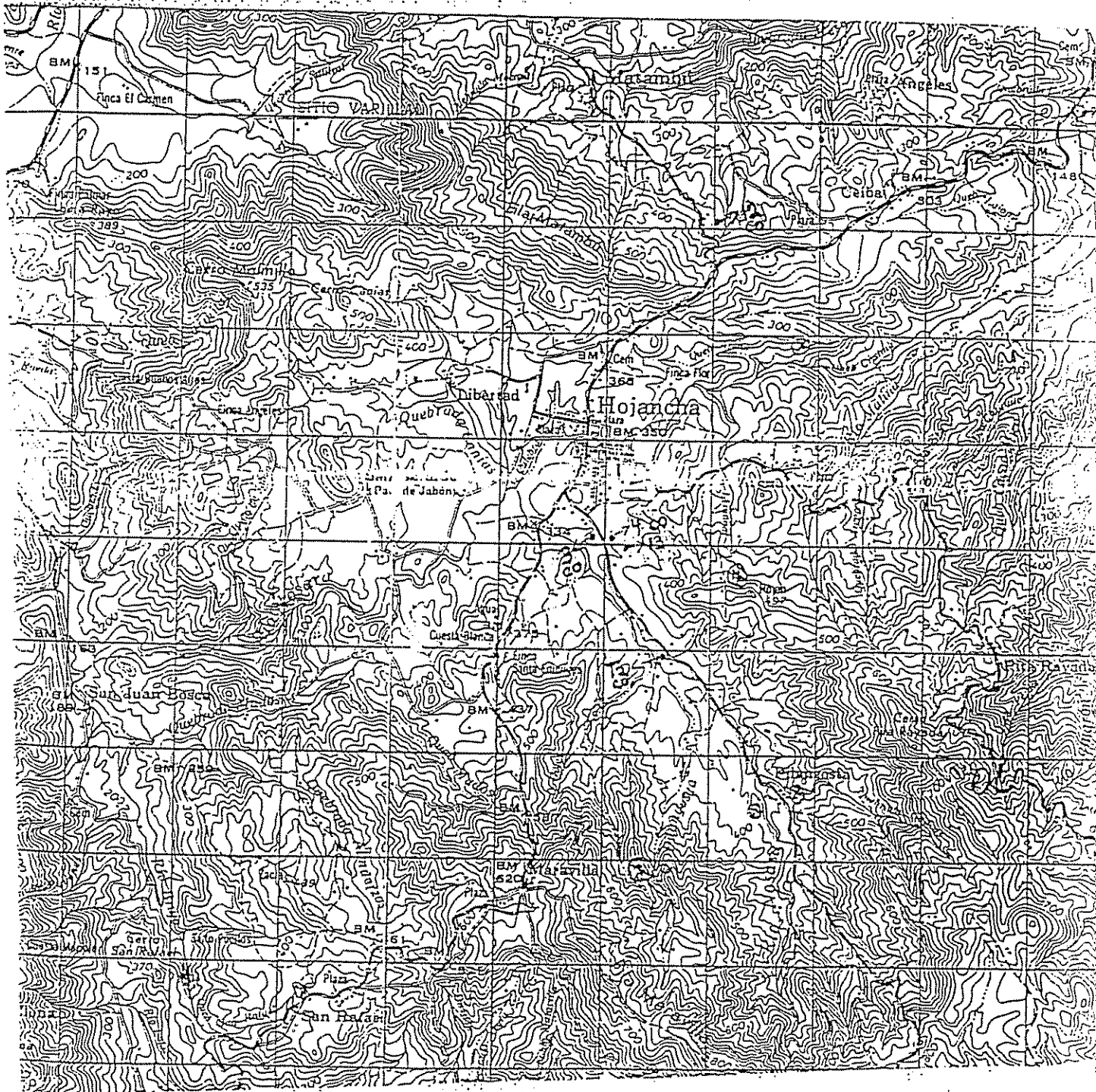
Cuadro A15. Análisis de varianza para la variable juvenil área foliar (A.F) a las 16 semanas.

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	F	Prob > 0.05
Bloque	1	1811706.10	1811706.10	1.86	0.17ns
Progenie	8	32344017.47	4043002.18	4.16	0.0003*
Nivfert	2	18582968.93	9291484.47	9.56	0.0002*
Prog*Nivfert	16	17748106.22	1109256.64	1.14	0.3335ns
Error	80	77751645.21			
Total	107				

Nivfert = nivel de fertilización; Prog * Nivfert = progenie por nivel de fertilización; * Significativo; ns No significativo.



Sitio 1. Ubicación del ensayo de *Gmelina arborea* Roxb. En Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.



Sitio 2. Ubicación del ensayo de Gmelina arborea Roxb. En Hojancha 1 y Hojancha 2, Guanacaste, Costa Rica