

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE POSGRADO

CRECIMIENTO INICIAL DE GUABA SALADA (*Inga densiflora* Benth), GUABA  
CHILILLO (*Inga edulis* Mart) Y GUABA MACHETE (*Inga spectabilis* (Vahl) Willd) EN  
DOS SITIOS DE COSTA RICA.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del Programa de  
Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico  
Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar por el grado de

MAGISTER SCIENTIAE

OVIDIO ENRIQUE NOVOA SERRANO

Turrialba, Costa Rica

noviembre, 1992

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

*MAGISTER SCIENTIAE*

FIRMANTES:



Donald L. Kass, Ph.D.

Profesor Consejero

Assefaw Tewelde, Ph.D.

Jefe, Area de Posgrado

Ramón Lastra, Ph.D.

Director, Programa de Enseñanza



Ovidio E. Novoa Serrano

Candidato

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
BIOGRAFIA DEL AUTOR	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
SUMMARY	vi
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
2.3 HIPOTESIS	3
3. REVISION DE LITERATURA	4
3.1 ARBOLES, UN RECURSO CON POTENCIAL GENETICO VARIABLE	4
3.1.1 Interacción genotipo-ambiente	4
3.1.2 Variabilidad genética	4
3.2 ARBOLES DE SOMBRA EN SISTEMAS AGROFORESTALES	5
3.3 LA PRODUCCION DEL CULTIVO ASOCIADO BAJO SOMBRA	6
3.4 CARACTERISTICAS DEL ARBOL DE SOMBRA	8

3.5 EL GENERO <u>INGA</u> <i>spp</i>	9
3.5.1 ECOLOGIA DEL GENERO	10
3.5.2 USO Y MANEJO DEL GENERO EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE CAFE Y CACAO	11
3.5.3 SILVICULTURA DEL GENERO	11
3.5.4 <u>INGA</u> <i>SPP</i> COMO COMPONENTE ARBOREO EN SISTEMAS AGROFORESTALES	13
3.5.5 PROBLEMAS FITOSANITARIOS DEL GENERO	14
3.5.6 <i>INGA spp</i> PARA EL CONSUMO HUMANO	15
3.6 DESCRIPCION DE LAS ESPECIES DE <u>Inga spp</u>	16
3.6.1 <u>Inga densiflora</u> Benth	16
3.6.2 <u>Inga edulis</u> Mart	18
3.6.3 <u>Inga spectabilis</u> (Vahl) Willd	19
4. METODOLOGIA	21
4.1 DESCRIPCION DEL SITIO	21
4.1.1 FINCA UNIVERSIDAD NACIONAL. SAN ISIDRO DEL GENERAL.	21
4.1.2 PUENTE CAJON. FINCA EXPERIMENTAL CATIE.	22

4.2	UNIDAD EXPERIMENTAL	23
4.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	23
4.4	VARIABLES A EVALUAR	25
4.4.1	ALTURA TOTAL (Ht)	25
4.4.2	DIAMETRO BASAL (Db)	26
4.4.3	DIAMETRO DE COPA (Dc)	26
4.4.4	PRESENCIA DE EJES O BROTES (Ejes)	26
5.	RESULTADOS	28
5.1	EPOCA I (tres meses)	28
5.1.1	PUENTE CAJON (FINCA EXPERIMENTAL CATIE, TURRIALBA)	28
5.1.1.1	<u>Inga densiflora</u> Benth	29
5.1.1.2	<u>Inga edulis</u> Mart	29
5.1.1.3	<u>Inga spectabilis</u> (Vahl Willd)	30
5.1.2	FINCA UNA (SAN ISIDRO DEL GENERAL, PEREZ ZELEDON)	31
5.1.2.1	<u>Inga densiflora</u> Benth	31
5.1.2.2	<u>Inga edulis</u> Mart	32
5.1.2.3	<u>Inga spectabilis</u> (Vahl) Willd	33

5.2 EPOCA 2 (seis meses)	34
5.2.1 PUENTE CAJON, FINCA EXPERIMENTAL, CATIE.TURRIALBA	34
5.2.1.1 <u>Inga densiflora</u> Benth	35
5.2.1.2 <u>Inga edulis</u> Mart	36
5.2.1.3 <u>Inga spectabilis</u> (Vahl) Willd	37
5.2.2 FINCA UNA, SAN ISIDRO DEL GENERAL, PEREZ ZELEDON	38
5.2.2.1 <u>Inga densiflora</u> Benth	39
5.2.2.2 <u>Inga edulis</u> Mart	39
5.2.2.3 <u>Inga spectabilis</u> (Vahl) Willd	40
5.3 DISCUSION GENERAL DE RESULTADOS	41
5.3.1 CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO POR SITIO Y EPOCA DE MEDICION	43
5.3.1.1 Puente Cajón. Primera medición	43
5.3.1.2 Finca UNA. Primera medición	43
5.3.2.1 Puente Cajón. Segunda medición	44
5.3.2.2 Finca UNA. Segunda medición	45

6. CONCLUSIONES	46
7. RECOMENDACIONES	48
8. BIBLIOGRAFIA CITADA	51

## LISTA DE CUADROS Y APENDICES

N <sup>o</sup>	Titulo	Pág.
1.	Resultados de análisis de suelos. Ensayo de crecimiento libre de tres especies de <i>Inga spp.</i> Finca UNA, San Isidro del General, P.Z. 1992.	56
2.	Resultados de análisis de suelos. Ensayo de crecimiento libre de tres especies de <i>Inga spp.</i> Puente Cajón, CATIE. 1992.	56
3.	Familias de <i>Inga spp</i> y fuentes de origen. Crecimiento libre. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.	57
4a.	Grado de significancia del análisis de varianza para las variables de N <sup>o</sup> . de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en tres especies de <i>Inga spp.</i> Puente Cajón (CATIE) 1992. Primera medición (tres meses).	58
4b.	Grado de significancia del análisis de varianza para las variables de N <sup>o</sup> . de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en tres especies de <i>Inga spp.</i> Puente Cajón (CATIE) 1992. Segunda medición (seis meses).	59
5a.	Grado de significancia del análisis de varianza para las variables de N <sup>o</sup> . de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en tres especies de <i>Inga spp.</i> Finca UNA (San Isidro del General) 1992. Primera medición (tres meses).	60
5b.	Grado de significancia del análisis de varianza para las variables de N <sup>o</sup> . de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en tres especies de <i>Inga spp.</i> Finca UNA (San Isidro del General) 1992. Segunda medición (seis meses).	61



6. Promedios por especie de las variables de crecimiento y grados de diferencias significativas, mediante la prueba de Duncan. A los tres y seis meses de medición. *Inga spp.* Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 62
7. Valores medios por familia de las variables de crecimiento evaluadas en el Ensayo de Crecimiento libre de *Inga spp* en la primera época de medición. Puente Cajón (CATIE) Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 63
8. Valores medios por familia de las variables de crecimiento evaluadas en el Ensayo de Crecimiento libre de *Inga spp* en la segunda época de medición. Puente Cajón (CATIE) Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 64
9. Diferencias significativas por familia, según prueba de Duncan, de las tres especies de *Inga spp* con respecto al sitio Puente Cajón (CATIE) y a cada variable de crecimiento evaluada. 1992. 65
10. Diferencias significativas por familia, según prueba de Duncan, de las tres especies de *Inga spp* con respecto al sitio Finca UNA (San Isidro del General) y a cada variable de crecimiento evaluada. 1992. 66
11. Incremento de las variables de crecimiento entre la primera y segunda medición para tres especies de *Inga spp*. Puente Cajón. CATIE. 1992. 67
12. Incremento de las variables de crecimiento para tres especies de *Inga spp*. Finca UNA. San Isidro del General. 1992. 68

13.	Incremento en las variables de crecimiento para las tres especies de <i>Inga spp.</i> Finca UNA. San Isidro del General. 1992.	69
14.	Incremento en las variables de crecimiento para las tres especies de <i>Inga spp.</i> Puente Cajón. CATIE. 1992.	69
15.	Correlación de las variables de crecimiento por época y sitio de medición con respecto a las tres especies analizadas. <i>Inga spp.</i> 1992.	70
Apéndice 1.	Descripción botánica de guaba salada o guaba caite ( <i>Inga densiflora</i> Benth).	72
Apéndice 2.	Descripción botánica de guaba chilillo o guaba mecate ( <i>Inga edulis</i> Mart).	73
Apéndice 3.	Descripción botánica de guaba machete o guaba costa ( <i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd).	74

## LISTA DE FIGURAS

1.	<u>Inga densiflora</u> Benth.	75
2.	<u>Inga edulis</u> Mart.	76
3.	<u>Inga spectabilis</u> (Vahl) Willd.	77
4.	Climodiagramas. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.	78
5.	Humedad relativa. Puente Cajón y Finca UNA	79
6.	Comparación de la precipitación media anual. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General).	80
7.	No. ejes promedio. <u>Inga spp.</u> Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.	81
8.	Diámetro basal promedio. <u>Inga spp.</u> Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.	82
9.	Altura total promedio. <u>Inga spp.</u> Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.	83
10.	Diámetro de copa promedio. <u>Inga spp.</u> Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.	84
11.	Nº. ejes promedio por familia. <u>Inga densiflora</u> Benth. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.	85

12. Diámetro basal promedio por familia. Inga densiflora Benth. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 86
13. Altura total promedio por familia. Inga densiflora Benth. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 87
14. Diámetro de copa promedio por familia. Inga densiflora Benth. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 88
15. No. ejes promedio por familia. Inga edulis Mart. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 89
16. Diámetro basal promedio por familia. Inga edulis Mart. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 90
17. Altura total promedio por familia. Inga edulis Mart. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 91
18. Diámetro de copa promedio por familia. Inga edulis Mart. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 92
19. No. ejes promedio por familia. Inga spectabilis (Vahl) Willd. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 93
20. Diámetro basal promedio por familia. Inga spectabilis (Vahl) Willd. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992. 94

- |     |   |    |
|-----|---|----|
| 21. | <p>Altura total promedio por familia.<br/> <u>Inga spectabilis</u> (Vahl) Willd.<br/>         Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA<br/>         (San Isidro del General). 1992.</p>     | 95 |
| 22. | <p>Diámetro de copa promedio por familia.<br/> <u>Inga spectabilis</u> (Vahl) Willd.<br/>         Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA<br/>         (San Isidro del General). 1992.</p> | 96 |
| 23. | <p>Incremento en crecimiento. <u>Inga spp.</u><br/>         Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA<br/>         (San Isidro del General). 1992.</p>                                       | 97 |

## PLANOS

- |          |   |    |
|----------|---|----|
| Plano 1. | <p>Ensayo de crecimiento libre.<br/> <u>Inga spp.</u> Puente Cajón.<br/>         Finca Experimental. CATIE.</p>                         | 98 |
| Plano 2. | <p>Ensayo de crecimiento libre.<br/> <u>Inga spp.</u> Finca Universidad<br/>         Nacional. San Isidro<br/>         del General.</p> | 99 |

## DEDICATORIA

A mi hijo Anthony, mi mejor tributo a la vida.

A la mejor familia del mundo, la mía, por su enorme fé y confianza depositada en mi persona.

Al apoyo incondicional de los seres humanos llamados por mí *AMIGOS* que en todo momento me apoyaron y me mostraron fé a toda prueba.

## BIOGRAFIA

El autor nació el 8 de diciembre de 1956 en la ciudad de San José de David, provincia de Chiriquí, república de Panamá. Fué el segundo de cuatro hermanos del hogar formado por Ovidio Novoa y Eyda Serrano.

En 1974 obtuvo el título de Maestro de Enseñanza Primaria en el Instituto Normal de David, cargo que desempeñó entre 1975 y 1981 en el área rural de su país.

Ingresó en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (Cartago), donde recibió el grado de Ingeniero Forestal en febrero de 1990, presentando la tesis en Manejo de Cuencas Hidrográficas dentro del Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (Panamá), bajo la dirección del Dr. Julio C. Calvo Alvarado (ITCR) y del M Sc Anel Canto De Gracia (IRHE-PANAMA).

Desde junio de 1988 hasta agosto de 1989 colaboró como asistente de investigación con el Proyecto de Arboles Fijadores de Nitrógeno del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en el estudio básico del género *Inga* spp para Costa Rica dentro de sistemas de producción agroforestal, bosque natural, etc.

Desde setiembre de 1989 hasta octubre de 1990 coordinó y colaboró como Administrador de la Finca Forestal en el desarrollo de actividades de producción, reforestación, educación e investigación forestal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

En octubre de 1990 ingresó al Programa de Posgrado del CATIE, recibiendo en octubre de 1992 el grado de Magister Scientiae en Sistemas de Producción con énfasis en Silvicultura y Agroforestería.

## AGRADECIMIENTOS

Creo sinceramente que nos podemos quedar cortos al expresar en una o dos palabras lacónicas la gratitud que nos embarga cuando se ha tenido tanta ayuda en el desarrollo del presente documento. Interés por lo investigado y apoyo expedito por parte del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), en especial del Dr. Derek Webb. Apoyo incondicional y confianza en mi labor, como la brindada por el Dr. Donald L. Kass; la guía mesurada y práctica en el análisis biométrico de lo obtenido en campo que siempre se tuvo del Dr. Pedro Oñoro; la clara opinión técnica y la asesoría profesional y crítica que, entre otras, siempre se tuvo de la M Sc. Yael's Camacho y del Dr. Rodolfo Salazar.

También se contó con un apoyo logístico coordinado y permanente, en las personas de Edwin Pereira M., Alberto Campos, José B. Solís, Mario Chaves (MAG-Pérez Zeledón), Lilliana Barboza, Anabelle Sánchez, Benigno Granados, Manuel Brenes y Rodrigo Granados.

Se contó con el apoyo moral y confianza en mi labor a toda prueba en las personas de mis amigos y compañeros de promoción Carlos Morúa, Roger Delgado, Daniel Cabrelli y Silvia Rebottaro.

Un imprescindible apoyo...el de mi familia que fué en todo momento acicate y motivo viviente de fé y superación.

Un agradecimiento final, pero no por ello menos importante, al gestor de esta idea; a la persona que años atrás me enseñó a conocer la importancia de los árboles fijadores de nitrógeno: Dr. Germán A. Sánchez...(Gracias, viejo!)

A todos, mi sincero y eterno agradecimiento.



NOVOA S., O. 1992. Crecimiento inicial de guaba salada (*Inga densiflora* Benth), guaba chilillo (*Inga edulis* Mart) y guaba machete (*Inga spectabilis* (Vahl) Willd) en dos sitios de Costa Rica. Tesis M Sc. CATIE. Turrialba, C. R.

Palabras claves: crecimiento libre, *Inga* spp, *Inga densiflora* Benth, *Inga edulis* Mart, *Inga spectabilis* (Vahl) Willd, diámetro de copa, incremento, familias, San Isidro del General, CATIE.

## RESUMEN

El género *Inga* Miller es ampliamente utilizado en diferentes sistemas agroforestales desde Méjico hasta el norte argentino, donde se distribuye naturalmente y se sabe preliminarmente que existen diferencias estructurales y de crecimiento significativas, dependiendo del lugar donde esté.

La presente investigación tiene como propósito medir diferencias en crecimiento libre inicial de las especies de guaba salada o caite (*Inga densiflora* Benth), guaba chilillo o mecate (*Inga edulis* Mart) y guaba machete o guaba de costa (*Inga spectabilis* (Vahl) Willd) a los tres y seis meses de establecida la plantación, en dos sitios de Costa Rica: San Isidro del General y Turrialba (Finca Experimental CATIE).

Las variables evaluadas fueron: altura total, presencia de ejes o ramas, diámetro basal y diámetro de copa. El análisis se hizo por familia dentro de especie y, a su vez, especies dentro de sitio. El desarrollo mostrado por la plantación en Finca UNA (San Isidro) fue mayor al del sitio Puente Cajón (CATIE), en términos generales. Pero el incremento en crecimiento (entre una época de medición y otra) lo tuvo Puente Cajón con respecto a Finca UNA. Los resultados indicaron que, desde la primera medición, las tres especies mostraron diferencias significativas con respecto a las variables evaluadas, siendo *edulis* la que mostró el mejor desarrollo e incremento. También dentro de cada especie se logró detectar diferencias significativas a nivel de familia.

Las familias sobresalientes en crecimiento en ambas sitios y para ambas épocas de medición fueron:

Para Finca UNA (San Isidro) en cuanto a número de ejes, la familia 75 (*densiflora*, Puriscal); para diámetro basal, la familia 99 (*spectabilis*, CATIE); en cuanto a altura total, las familias 74 (*densiflora*, Turrubares), la 56 (*edulis*, Tinamastes) y la familia 99 (*spectabilis*, CATIE); para diámetro de copa, la familia 74 (*densiflora*, Turrubares). Para Puente Cajón (Turrialba), en cuanto a número de ejes, las familias 61 (*edulis*, San Vito) y la 49 (*spectabilis*, Palmares, P.Z.); para diámetro basal, la familia 61 (*edulis*, San Vito); para altura total, la familia 61 (*edulis*, San Vito) y la 75 (*densiflora*, Puriscal) y en cuanto a diámetro de copa, las familias 61 y 100 (*edulis*, San Vito y CATIE, respectivamente).

La presente investigación logró encontrar a los seis meses de establecidas ambas plantaciones correlaciones de crecimiento altamente significativas entre las variables diámetro de copa con altura total; diámetro de copa con diámetro basal; número de ejes con diámetro de copa y altura total con diámetro de copa.

El estudio logró ubicar dentro de una misma zona geográfica familias con crecimientos sobresalientes así como crecimientos inferiores a la media para cada

variable (por ejemplo, la 61 y la 60 (edulis, San Vito y Río Convento, respectivamente). Esto muestra la diferencia en crecimiento dentro de una misma especie y zona geográfica, lo que puede llegar a ser una herramienta que brinde criterios de selección para familias de un género importante en el agroecosistema.

Este estudio de comportamiento de crecimiento debe establecerse en otras zonas donde se logre discriminar cuales familias de las especies de Inga spp en estudio pueden ser potencialmente utilizables dentro de sistemas agroforestales de las zonas en evaluación. Lo ideal sería que se evaluaran en zonas de vida más secas donde las tres especies en estudio son utilizadas dentro de sistemas de producción agroforestal y poder verificar su comportamiento ante diferentes situaciones ambientales.

NOVOA S., O. 1992. Initial growth of guaba caite (*Inga densiflora* Benth), guaba chilillo (*Inga edulis* Mart) and guaba machete (*Inga spectabilis* (Vahl) Willd) in two sites in Costa Rica. M. Sc. Thesis. Turrialba, Costa Rica.

**Initial growth of guaba caite (*Inga densiflora* Benth), guaba chilillo (*Inga edulis* Mart) and guaba machete (*Inga spectabilis* (Vahl) Willd) in two sites in Costa Rica.**

Key words: free growth, *Inga* spp., *Inga densiflora* Benth, *Inga edulis* Mart, *Inga spectabilis* (Vahl) Willd, canopy diameter, increase, families, San Isidro del General, CATIE.

### SUMMARY

The genus *Inga* Miller is widely used in different agroforestry systems from Mexico to northern Argentina, where it is distributed naturally. It is known that there are significant structural and growth differences, depending on where it grows.

The purpose of this study is to measure differences in initial free growth of guaba salada or caite (*Inga densiflora* Benth), guaba chilillo or mecate (*Inga edulis* Mart) and guaba machete or guaba de costa (*Inga spectabilis* (Vahl) Willd) at three and six months after establishment in plantations, in two sites in Costa Rica: San Isidro del General and Turrialba (CATIE Experimental Station).

Variables evaluated were: total height, presence of axles or branches, basal diameter and canopy diameter. The analysis was done by family within each species and, at the same time, species within each site. The development shown by the plantation in Station One (San Isidro) was generally greater than that at the Puente Cajon (CATIE) site. The increase in growth (between one measurement time period and another) was a comparison between Puente Cajon and Station One. Results from the first measurement indicate that all three species show significant differences with respect to the variables evaluated, with *edulis* being the one which showed the best development and increase. Significant differences at the family level were evaluated within each species.

Families with outstanding growth in both sites for both measurement periods were:

For Station One (San Isidro) for number of axles, family 75 (*densiflora*, Puriscal); for basal diameter, family 99 (*spectabilis*, CATIE); for total height, families 74 (*densiflora*, Turrubares), 56 (*edulis*, Tinamastes), and 99 (*spectabilis*, CATIE); and for canopy diameter, family 74 (*densiflora*, Turrubares). For Puente Cajon (Turrialba), for number of axles, families 61 (*edulis*, San Vito) and 49 (*spectabilis*, Palmares, P.Z.); for basal diameter, family 61 (*edulis*, San Vito); for total height, families 61 (*edulis*, San Vito) and 75 (*densiflora*, Puriscal); and in canopy diameter, families 61 and 100 (*edulis*, San Vito and CATIE, respectively).

Highly significant growth correlations between the variables canopy diameter with total height, canopy diameter with basal diameter, number of axles with canopy diameter and total height with canopy diameter were found after six months in both plantations.

The study was also able to place geographical families with outstanding growth within the same area, as well as below average growths for each variable (i.e. families 61 and 60 (edulis, San Vito and Rio Convento, respectively). This shows the difference in growth within the same species and geographic area, which can be used as a tool for selection criteria for families of an important genus in the agroecosystem.

This growth pattern study should be established in other areas where there is a knowledge of which Inga spp. families under study can be potentially utilized within agroforestry systems in the evaluation areas. The ideal situation would be to make an evaluation in drier life zones where the three species under study are used within agroforestry production systems and where it is possible to verify their behavior in different environmental situations.

## 1. INTRODUCCION

La necesidad de intensificar la productividad de sistemas agropecuarios dentro del contexto centroamericano lleva al investigador y al productor a generar técnicas agroforestales capaces de proveer recursos de subsistencia social e, indirectamente, la protección al medio. El constante laborar en torno a esta temática ha logrado analizar y validar una serie de combinaciones de componentes capaces de generar una producción sostenible en el tiempo y el espacio. La investigación de estas actividades está en sus etapas iniciales. Con ésta, surgen alternativas de producción dentro de los sistemas agroforestales cuyo objetivo es "sostener" una producción alimentaria a bajo costo, de la mejor calidad y al menor daño ecológico posible.

El componente arbóreo dentro de un sistema de producción agropecuario brinda una serie de beneficios tal que es conocido en la región, por su multiplicidad y utilidad, como árboles de uso múltiple. BUDOWSKI (1983) define el árbol de uso múltiple como aquel que, además de los productos normalmente esperados tales como madera, influencias microclimáticas, mejoramiento del suelo y aporte de materia orgánica, suministra bienes y servicios adicionales significativos tales como fijación de nitrógeno, forraje, recursos alimenticios, gomas, resinas, fibras y productos medicinales. BURLEY y VON CARLOWITZ (1984) aseveran que árboles y arbustos de uso múltiple son aquellos deliberadamente cultivados y manejados preferentemente para más de un uso intencional, usualmente motivado económica o ecológicamente para obtener productos y/o servicios en cualquier sistema de uso múltiple de la tierra, especialmente en sistemas agroforestales.

Como elemento dentro de un sistema agroforestal, el gran grupo de leguminosas arbóreas está representado por una serie de géneros importantes dentro de éstos, lo que permite que su uso se haya extendido. Son múltiples las bondades que se le atribuyen a géneros como: Gliricidia, Leucaena, Calliandra, Erythrina, Sesbania e Inga, para mencionar algunos.

A nivel de Costa Rica se utilizan varias especies del género Inga dentro de sistemas de producción agroforestal; de éstas, Inga densiflora Benth, Inga edulis Mart e Inga spectabilis (Vahl) Willd son las más utilizadas.

Se hace necesario conocer el comportamiento de dichas especies en el proceso de establecimiento y desarrollo, bajo diferentes condiciones ecológicas, para poder determinar aquellas especies con un comportamiento sobresaliente, sin que se altere o cambie su rendimiento en los diferentes ambientes a donde se someta.

Esta investigación analizó el crecimiento inicial de las especies Inga densiflora Benth, Inga edulis Mart e Inga spectabilis (Vahl) Willd. Se contó con las cinco mejores familias de cada especie, las cuales fueron evaluadas en vivero durante 100 días en lo referente a crecimiento diametral y longitudinal.

La misma se estableció en dos áreas donde se analizaron respuestas al sitio de cada plantación (Puente Cajón en la finca experimental de CATIE y Finca UNA en San Isidro General, Pérez Zeledón).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

-Evaluar la variabilidad en el crecimiento inicial de las especies Inga densiflora Benth, I edulis Mart e I spectabilis (Vahl) Willd en dos sitios de Costa Rica.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

-Evaluar el crecimiento libre de cinco familias de cada una de las tres especies de Inga spp. incluídas en el trabajo.

-Medir el nivel diferencial de crecimiento libre dentro de las especies estudiadas.

-Comparar tasas de crecimiento de la especie/familia como respuesta a suelos ácidos.

### 2.3 HIPOTESIS

Las quince familias de Inga spp estudiadas no presentan diferencias en crecimiento a nivel de campo (altura total, diámetro basal, diámetro de copa y presencia de ejes) a los tres y a los seis meses de edad en la zona de San Isidro del General (Pérez Zeledón) y Turrialba.

### 3. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. ARBOLES, UN RECURSO CON POTENCIAL GENETICO VARIABLE

##### 3.1.1 Interacción genotipo-ambiente

La **interacción genotipo ambiente** es un cambio en el rendimiento de determinados genotipos cuando se cultivan en diferentes ambientes con respecto a una característica de interés. Para el desarrollo de proyectos de mejora genética forestal, es importante conocer la interacción antes mencionada. Con frecuencia en el mejoramiento genético forestal, un grupo de familias es probada en un sólo ambiente y su rendimiento es extrapolado a otros, cuando en realidad su rendimiento relativo podría ser distinto si se le cultivara bajo otras condiciones (ZOBEL y TALBERT, 1988).

##### 3.1.2 Variabilidad genética

Las diferencias entre árboles son el resultado de tres factores: los diferentes ambientes en los cuales los árboles viven, las diferencias genéticas entre éstos y las interacciones existentes entre el genotipo y los ambientes en los cuales aquellos crecen. Algunas de estas variaciones pueden ser predecibles y útiles en programas de mejora genética; otras son aleatorias, y por tanto, difíciles de manipular ZOBEL, *et al*, (1960). La variación ambiental es manejable por el hombre. Condiciones como la fertilidad del suelo, la humedad de éste, la estructura física del mismo, etc. pueden ser manipulados con miras al beneficio de la población forestal. Aquellas condiciones como la precipitación, nevadas, temperaturas, vientos, etc., son poco o nada manipuladas por el hombre. La variación ambiental no puede ser utilizada en programas de mejora genética forestal y con frecuencia, incluso, no puede predecirse. Sin embargo, las condiciones ambientales son la causa más importante de variabilidad de algunas características, por ejemplo, las relacionadas con el crecimiento. La forma y la calidad pueden ser también afectadas por la influencia ambiental, pero en general las características de calidad en los árboles forestales tienden a ser ampliamente heredables y menos afectadas por el ambiente que las características de crecimiento (ZOBEL y TALBERT, 1988).



La variabilidad genética dentro de una especie es influenciada, generalmente, por el ámbito de distribución natural, la diversidad ambiental dentro del área natural y el grado de discontinuidad dentro del ambiente natural. Esta puede ser de carácter contínuo o clinal debido a la influencia de una gradiente geográfica y discontinua o ecotípica, que es el resultado de la acción selectiva de un ambiente particular y que muestra adaptación por ese ambiente. Los ecotipos pueden ser geográficos, climáticos, altitudinales o edáficos (WRIGHT, 1976; LANGLET, 1959).

### 3.2 ARBOLES DE SOMBRA EN SISTEMAS AGROFORESTALES

Son muchas las contradicciones que sobre el tema se plantean los productores y los investigadores. Al respecto y en general, la sombra reduce los rendimientos de los cultivos en sistemas agroforestales, pero tiende a conservar el suelo y a incrementar su fertilidad en el tiempo. (1)

Se da a continuación respuesta a la pregunta de cuán ventajoso es incorporar un componente arbóreo al cultivo en asocio; aseverando que:

- se regula la exposición al sol y al viento evitando que estos incidan sobre el cultivo en asocio, disminuyéndose también la transpiración del cultivo asociado y la evaporación del agua del suelo.
- la temperatura del suelo es más uniforme, lo cual permite al cultivo una mejor asimilación de los nutrimentos del mismo, actúan como mecanismo termo-protector, evitando un descenso pronunciado de la temperatura.
- retarda el agotamiento del cultivo en asocio. Mejora la calidad del producto.
- reduce el ataque de ciertas plagas y enfermedades.
- regula la producción del cultivo asociado, manteniendo casi constante la producción año a año.
- ayudan a evitar la erosión.

---

(1) LEON, J. Comunicación personal. CATIE. 1988.

-incorporan materia orgánica al suelo por el aporte de hojas. Mantiene constante los niveles nutricionales del suelo con el aporte de fitomasa, así como su estructura. Regula también el crecimiento vegetativo del cultivo asociado así como las malas hierbas.

-existe menos pérdida del nivel de  $N_2$  en el suelo, por ser más lenta la descomposición del mulch debido a la temperatura del suelo.

Esto último ayuda a reducir la temperatura del suelo, mantiene estable la humedad en el mismo durante todo el año e incorpora nutrientes (ALFEREZ, 1976; CAMARGO DE LEON, 1978; SERRANO, 1977).

Existen dos tipos de sombra en sistemas agroforestales: aquella denominada como temporal y la permanente. La primera se refiere a aquellas plantas que se utilizan para dar sombra los primeros años de vida de un cafetal. Su duración no sobrepasa los seis años. Ejemplos de éstos son: gandul o guandú (Cajanus cajan), leucaena (Leucaena leucocephala), higuera (Ricinus communis), banano o plátano (Musa spp), entre otros. La permanente se refiere a aquellas que por su larga duración y hábitos de crecimiento permite convivir con el cultivo asociado por muchos años, proporcionándole una sombra adecuada y regulando la actividad fotosintética. Algunos ejemplos de éstos serían: poró, bucaré o palo santo (Erythrina spp), madreño, madre cacao o madero negro (Gliricidia spp), Sesbania y guaba, guamo o cuajiniquil (Inga spp) (SERRANO, 1977).

### 3.3 LA PRODUCCION DEL CULTIVO ASOCIADO BAJO SOMBRA

El café, a modo de ejemplo, no se comporta como una especie de sombra en lo que respecta a su reacción a la luz. No existe evidencia de que la luz solar por sí misma sea dañina al café. En lugares cercanos al Ecuador, donde el café crece bajo sombra, experimentos de plantaciones hechas sin ésta muestran mayores rendimientos, siempre y cuando el suelo sea fertilizado y el control de las malas hierbas sea intenso.

La sombra reduce la fotosíntesis y por ende, se reduce la producción. La reducción en la demanda nutricional del cultivo asociado bajo sombra es un aspecto importante si se tiene en cuenta que la mayor parte de los cultivos bajo sombra de la región mesoamericana están sobre suelos pobres en nutrientes y sometidos a altas precipitaciones (ALVIM, 1959).

ALFEREZ (1976) asegura que la sombra en cafetales influye en el desarrollo de labores tales como: fertilización (mayor sombra, menor fertilización); deshierbes (mayor sombra, menos deshierbes); deshierbas (mayor sombra, menos deshierbas); poda de cafeto (mayor sombra, menos poda); resiembra (mayor sombra, menos resiembra); agobios (mayor sombra, menos agobios).

Para una plantación de café, la sombra es importante en el periodo seco pues una planta de café con 1000 hojas es capaz de expulsar a la atmósfera unos 15 litros de agua/día. Una planta de café de tres años tiene aproximadamente 1400 hojas y una de 20 años posee 5900 hojas (ALFEREZ, 1976).

ALVIM (1959); LEON (1988) en investigaciones llevadas a cabo con respecto a la pérdida de agua de sistemas de producción de café en Campinas, Brasil lograron medir una alta pérdida de agua de sistemas con sombra con respecto a aquellas de café al sol. También lograron evaluar que el déficit hídrico/año en el suelo es mayor en sitios con sombra (abril a setiembre) que en aquellas plantaciones al sol (junio a agosto). Los mismos autores aseguran que una situación diferente se da en Centroamérica, donde la disponibilidad de agua en el suelo para plantaciones de café bajo sombra se extiende hasta cuatro meses después del momento de que la precipitación se considera despreciable. Los mismos aseguran que los suelos centroamericanos parecían tener curvas de tensión de humedad menos inclinadas en comparación con los suelos de Sao Paulo, de modo que la velocidad de transpiración de las plantas sería más lenta, teniendo así humedad en el suelo por más tiempo aún cuando la plantación esté sombreada. En zonas bajas (0 a 800 msnm) con alta temperatura y luminosidad, períodos prolongados de sequía y baja fertilidad integral de los suelos es recomendable utilizar sombra en la plantación, lo cual se hace aún más necesario cuando el manejo alcanza un nivel óptimo de eficiencia. RAMIREZ (1986) asegura que en zonas más altas, con condiciones climáticas menos severas para los cultivos, con suelos de buena fertilidad y un manejo tecnificado se pueden establecer plantaciones a plena exposición solar. La sombra permite mayor longevidad a la planta

al impedir su agotamiento prematuro. Además aporta materia orgánica que ayuda a mejorar la estructura y la fertilidad del suelo.

Otro cultivo en asocio con sombra, Theobroma cacao, necesita menor cantidad de nutrimentos debido a las cantidades bajas requeridas para sus actividades metabólicas. El cacao bajo sombra requiere menor cantidad de N<sub>2</sub> y fósforo para formar proteínas y menor cantidad de potasio para estimular el crecimiento y acelerar la traslocación de carbohidratos hacia el sistema radicular. La sombra también disminuye la incidencia de plagas en el cacao, tales como: Phytophthora palmivora, Monilia roleri y Trips (MARTINEZ, 1984).

Una zona de Costa Rica conocida como el Valle del General (Cantón de Pérez Zeledón, Costa Rica) se dedica a labores eminentemente agrícolas, donde el cultivo de café ocupa un lugar importante. El clima en la zona se caracteriza por altas temperaturas y luminosidad, con suelos rojos de baja fertilidad integral, fuertemente erosionados y con pobres contenidos de materia orgánica. Se caracteriza el área por la presencia de pequeños agricultores que empiezan a variar en alguna medida el manejo tradicional que se le venía dando a las plantaciones sin sombra en el caso de fincas que cubren áreas importantes del cultivo en donde se realizan programas anuales de fertilización, control de malezas, etc., siendo éstos algunos de los factores que respaldan el criterio de la importancia de incluir sombra regulada como parte de un acertado manejo de plantación para la zona (ICAFE, 1986).

### 3.4 CARACTERISTICAS DEL ARBOL DE SOMBRA

El árbol de sombra debe ser de rápido desarrollo, de gran capacidad regenerativa, resistente al viento, poseer una copa extendida y de fácil manejo. Este debe poseer un sistema radical que no compita o se traslape con el del cultivo asociado. También es ideal que posea, en términos generales, un sistema radical profundo. Debe poseer una copa con buen follaje, de hojas compuestas, no caducifolio, de renovación foliar constante y sus ramas deben estar a una altura mínima de 4-5 m. La copa también debe ser capaz de interceptar los rayos solares pero que a la vez permita que la luz se filtre a través del follaje. Debe ser resistente a plagas y enfermedades. Debe poseer también características dendroenergéticas de buena calidad y, preferentemente, ser del género vegetal leguminoso (CARVAJAL, 1972; CAMARGO DE LEON, 1978; MARTINEZ, 1984).

### 3.5 EL GENERO INGA spp

Inga, de amplia distribución tanto latitudinal como altitudinal (m.s.n.m.) (desde Méjico hasta Brasil y Argentina), se utiliza para sombra en cultivos de café y cacao, cercas vivas, cultivos en callejones y huertos caseros, entre otros. Este es un género originario de la región amazónica. Se extiende desde allí hasta el sur de Méjico y hacia el sur del Mar de la Plata. (CONTRERAS, 1991). Pertenece a la familia Mimosaceae. Este género es heliófito, dependiendo generalmente, de la retención del agua en el suelo. Siempre se encuentra cercano a fuentes hídricas (LEON, 1987). Se conoce preliminarmente que la semilla de algunas especies es comestible; la hojarasca de la mayoría de sus especies dentro de un sistema es capaz de inhibir el desarrollo de malezas, controlar la erosión en cultivos en laderas, entre otros (GARZON, 1991; SZOTT, 1991; CONTRERAS, 1991).

El género consta entre 350 a 400 especies de árboles distribuidos en las zonas tropicales y subtropicales de América (POLHILL y RAVEN, 1981). En Costa Rica se conocen 44 especies del género Inga. Esto significa que Inga es el género arbóreo más grande del país. La taxonomía del género Inga es pobre; se considera poco estudiada por su enorme variabilidad (ZAMORA, 1990).

Constituye la sombra más fácil y económica de manipular en lo que respecta a la poda, ya que puede mantenerse estable su altura a 4-5 m., lográndose así resistencia al viento (CAMARGO DE LEON, 1978).

Según CAMARGO DE LEON, (1971; 1978) y HOLDRIDGE, (1957) Inga spp reúne las siguientes ventajas y desventajas:

#### Ventajas:

- Posee un rápido crecimiento, pues a los tres o cuatro años la sombra proyectada ya es útil.
- Las ramas cubren un área bien amplia; ésto facilita las labores de manejo.
- La altura de estos árboles permiten una buena ventilación.

-La mayoría de las especies de este género presentan un sistema radicular muy profundo.

-Son longevos.

-Proporcionan una abundante cantidad de materia orgánica, producto de la caída de las hojas.

Desventajas:

-Son perseguidas por las taltuzas, zompopas (Atta spp), larvas defoliadoras, etc.

-Cuando son muy viejos, pierden mucho follaje.

### 3.5.1 ECOLOGIA DEL GENERO

Inga spp posee una relación simbiótica con algunos géneros de hormigas. Esta simbiosis se basa en el hecho de que el insecto protege al árbol del ataque de defoliadores y chupadores que destruyen los crecimientos vegetativos del mismo; a cambio de ésto, el insecto se alimenta del néctar que proveen los nectarios interfoliolares de Inga spp. Esta simbiosis disminuye a medida que se sube en altura sobre el nivel del mar (KOPTUR, 1983). Sobre el árbol de Inga spp vive un helecho epífita mirmecofítico que sirve de hábitculo a la hormiga que vive en el árbol. Los principales especímenes que cohabitan sobre Inga spp son: Crematogaster limata palans, Camponotus substitutus, Pheidole biconstricta y Solenopsis sp. Los principales predadores de los primordios foliares del género Inga spp son saltamontes, larvas lepidópteras, escarabajos, monos, perezosos, arañas y pequeños ortópteros (KOPTUR, 1983). Los principales predadores del fruto y semilla son: aves, mamíferos (monos, ardillas, puercoespines), avispas y escarabajos (KOPTUR, 1983). La polinización dentro del género posee varios agentes. Inga vera es polinizada por gavilanes y murciélagos durante la noche. Inga densiflora es polinizada temprano en la mañana o temprano en la noche por halcones; mariposas (mañana y noche) así como polillas en la noche (KOPTUR, 1983).

La hibridación en Inga se da raras veces en la naturaleza por sí sola. La que se da es la hibridación interespecífica (entre especie) y es el hombre el principal dispersor de la semilla cuando migra de una región a otra y necesita material en su nuevo área de producción (2).

### 3.5.2 USO Y MANEJO DEL GENERO EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE CAFE Y CACAO

La poda en árboles ayuda a dar forma a la copa para la función de sombra dentro del sistema. La especie más manejable en este sentido es Inga edulis. La poda se realiza en función de la cosecha y la especie a la cual se le da sombra. Esta debe planificarse para los meses húmedos, liberándose así el exceso de humedad del sistema propio de la estación lluviosa.

La actividad y tipo de poda de Inga spp para café en Costa Rica varía dependiendo de la zona del país. En los cantones de Turrialba y Pérez Zeledón se cortan todas las ramas, pero en el Valle Central se deja parte del follaje. Con respecto a la poda, ésta es realizada una vez haya sido cosechado el grano de café, minimizando así la excesiva evaporación del suelo al cubrirse de mulch producido por la actividad de poda. La poda en Inga en plantaciones de café se realiza dos veces al año y en cacao es una vez cada dos años (2).

### 3.5.3 SILVICULTURA DEL GENERO

La semilla de Inga spp, posee una baja viabilidad, pues los cotiledones pierden rápidamente la turgencia, poniéndose en peligro la viabilidad del embrión.

El Proyecto AFN-CATIE logró, en 1990, conservar la semilla de las especies densiflora, edulis, spectabilis y vera hasta por 120 días a una temperatura constante de 5°C. y en envases plásticos con ventilación moderada. A la semilla se le aplicó, previo al almacenaje, un fungicida pulverizado para prevenir la aparición de hongos (CATIE, 1990). Por este método se logró preservar hasta en un 70 % la viabilidad de la semilla. En esta oportunidad, edulis fue la especie con mayor capacidad de conservación (CATIE, 1991). En el vivero, la semilla debe ser cubierta hasta la mitad, tratando que

---

(2) LEON, J. Comunicación personal. CATIE. 1988.

el extremo fisurado transversalmente quede hacia abajo. Por este último saldrá el hipocotilo radical. Se debe evitar el exceso de humedad para reducir el ataque de hongos.

Existen tres métodos de propagación por semillas: siembra de semilla directa en el campo; siembra de semilla en bolsa de polietileno y siembra en escoba o raíz desnuda (GUERRA, 1976).

#### **Siembra de semilla directa en el campo:**

Este sistema ofrece la ventaja de ser rápido y barato. Se siembra originalmente dos semillas y se protegen éstas con estacas para evitar ser removidas del sitio. Aproximadamente a los dos meses de sembrado se puede remover una planta y dejar en el sitio el mejor arbolito.

#### **Siembra de semilla en bolsa:**

Este es el sistema más efectivo pero el que conlleva más costo. Consiste en sembrar dos semillas por bolsa para seleccionar posteriormente una planta. Ofrece la ventaja que por estar compactas en su lugar, es improbable que se le hagan daños mecánicos.

#### **Siembra en escoba o a raíz desnuda:**

Se pica el área a plantar hasta unos 10 a 15 cm de profundidad. La semilla se coloca en surcos separados a 15 cm. Cuando han alcanzado un tamaño y estructura específica (30 cm de altura), se arrancan, se le realiza una poda drástica para evitar el estrés hídrico por exceso de transpiración. Luego se lleva al campo para la siembra (GUERRA, 1976).

En cuanto a reproducción vegetativa, CATIE (1990) menciona que el Proyecto AFN-CIID logra evaluar la reproducción por acodos de las especies densiflora y edulis, lográndose prendimiento de un 70 y 90 %, respectivamente. La técnica utilizada es similar a la utilizada para los géneros Erythrina y Glicicidia. Se anilla el eje, colocándose musgo y luego la parte anillada se envuelve en papel plástico para luego esperar la aparición de callos y, posteriormente, raíces por el proceso de



rediferenciación celular. Un mes o mes y medio es el tiempo mínimo para la obtención de acodos bien enraizados, dependiendo de la especie.

### 3.5.4 INGA spp COMO COMPONENTE ARBOREO EN SISTEMAS AGROFORESTALES

La restitución de sustancias nitrogenadas dentro de un sistema agroforestal se da por varios medios: aporte atmosférico, mineralización de desechos orgánicos, actividades metabólicas microbianas, etc., lo que asegura un nivel de retorno del elemento al sistema. En experimentos de descomposición de hojarasca, se detectó un aumento significativo del porcentaje de nitrógeno a través del proceso de desintegración del material. En el proceso de cosecha del producto, la pérdida de nitrógeno es de aproximadamente 45 kg/ha/año y retorna alrededor de 20 kg/ha/año en forma de residuos de cosecha. La salida neta de N<sub>2</sub> por cosecha puede ser ampliamente compensada por los ingresos de N<sub>2</sub> proveniente de la hojarasca de los árboles de sombra. La fijación biológica del N<sub>2</sub> en las especies de árboles leguminosos usados como sombra, pueden explicar los rendimientos sostenidos sin fertilizantes (ARANGUREN; ESCALANTE y HERRERA, 1982). En investigaciones realizadas en Yurimaguas, Perú, se analizó el potencial de Inga para cultivo en callejones y se encontró que el género produce una gran cantidad de biomasa aportable al sistema que mejora el nivel nutricional del suelo. También se logró reconocer en campo el distanciamiento óptimo a que se debe estructurar un cultivo en callejones de cultivos anuales con Inga edulis para el sitio SZOTT, (1991); SALAZAR y PALM, (1987). Los mismos autores, determinaron que sobre suelos ácidos, Inga crece hasta 30 cm por mes en los primeros 7 meses y que es capaz de producir hasta 5 ton ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> de biomasa después del segundo año, representando la masa foliar hasta un 59% (3 ton) de la biomasa total podada.

ROSKOSKI, *et al*, (1981) lograron analizar el proceso de fijación de nitrógeno en un sistema café e Inga jinicuil, plantada a 205 árboles/ha., y logra cuantificar que se producen 71 kg/ha de nódulos fijadores de nitrógeno efectivos. Lograron relacionar la fijación de nitrógeno a los procesos fenológicos inherentes a la especie. Relacionó la superficie fotosintética con la presencia de nódulos. Después de la floración, la actividad de fijación decreció. En los meses de junio y julio cuando desarrollaba la fructificación y el área fotosintética era mayor, la actividad de fijación fue máxima. Las legumbres en agosto maduran y caen y, subsecuentemente, decrece la actividad de

fijación. De setiembre a diciembre la actividad de fijación era mínima. En enero, con una masa foliar mayor, la actividad de fijación aumenta hasta el mes de marzo, que es cuando vuelve a disminuir dicha actividad. El proceso de fijación/nodulación está directamente relacionado con la producción fotosintética que genera carbohidratos, los que son utilizados para la formación de nódulos a nivel radical (ROSKOSKI, 1981),<sup>(3)</sup>.

En la zona de la Selva Alta peruana, con una zona de vida de Bh-PT y suelos semiprofundos se encuentran sitios con pasto y sombra de paca (*Inga* sp) donde ésta última es capaz de producir forraje hasta de 2.25 ton/ha (SANTOLALLA, *et al.* 1986).

### 3.5.5 PROBLEMAS FITOSANITARIOS DEL GENERO

En lo referente a problemas fitosanitarios del género *Inga* spp en Costa Rica, se conoce que el fogoto o jogoto (*Phyllophaga* sp) es capaz de descortezar la raíz de las plántulas a nivel de vivero y a los arbolitos en los primeros estadios de desarrollo. La chasparria negra o antracnosis (*Colletotrichum* spp), la enfermedad rosada (*Corticium salmonicolor* Berk y Br) (común en *vera* y *edulis*, LEON, (1987) y el ojo de gallo (*Cercospora* sp) son algunos de los problemas que se presentan en árboles de *Inga* spp viejos o que han sufrido daños mecánicos donde el hongo oportunista aprovecha para establecerse. (4)

En la actualidad en CATIE se está estudiando la llaga negra de la raíz (*Rosellinea bunodes* Berk y Br), la cual ataca el cafeto joven situado en lugares donde el terreno posee mucha materia orgánica. Se cree que en cafetales con *Inga* como sombra, ésta sirve de hospedero del hongo, también destruyendo la sombra. (5)

Algunos de los insectos observados que atacan la guaba están la mosca de la fruta (*Anastrepha* sp) que ataca la legumbre y el chapulín (*Schistocerca* sp) que defolia los árboles del género, especialmente lo de las especies *spectabilis* y *edulis*, visto en la zona Pacífica Sur costarricense<sup>(6)</sup>, (LEON, 1987).

---

(3) NYGREN, P. Comunicación personal. CATIE. 1992.

(4) BUSTAMANTE, E. Comunicación personal. CATIE. 1992.

(5) VASQUES, N. Comunicación personal. CATIE. 1992.

(6) CHAVES, M. Comunicación personal. Conservación de Suelos y Aguas-Zona Sur. MAG. 1992.

En Méjico, en algunos sistemas agroforestales de café y guaba se han encontrado algunos especímenes de las familias Homóptera y Coccidae, algunos conocidas como la palomilla del chalum (Inga spp) (INSTITUTO MEJICANO DEL CAFE, 1968).

El Instituto Mejicano del Café ha enfocado la prevención de plagas con control biológico. Se han identificado varias especies de avispas, las cuales son parásitos sobre larvas defoliadoras. Entre el material con que cuentan, se tiene al Bacilus thurigiensis, el cual parasita y momifica larvas de determinadas especies defoliadoras de Inga spp (INSTITUTO MEJICANO DEL CAFE, 1968).

En la península de Nicoya, Palmares (Valle Central), Turrúcares y en el cantón de Pérez Zeledón en Costa Rica se presenta un inconveniente en las plantaciones con sombra de Inga spp y Leucaena spp donde, al momento de intervenirse para labores de poda o cosecha, el personal que labora es atacado por una hormiguilla diminuta de color rojizo claro, a la cual llaman cuíscala (Wasmania auropunctata). El ataque de éstas causa escozor muy incómodo lo que hace que a veces los obreros se muestren renuentes a laborar bajo estas circunstancias. Días antes de iniciar labores en la plantación se debe fumigar con un insecticida para eliminar la hormiga.

### 3.5.6 INGA *spp* PARA EL CONSUMO HUMANO

La sarcotesta (testa carnosa) de sus frutos es comestible por su gran contenido de azúcares (21%) y carbohidratos hasta en un 50%. El fruto se comercializa en la región. Aparte de que la sarcotesta es comestible en la mayoría de las especies, en lugares como El Salvador y Honduras los pobladores tuestan al fuego la semilla de la paterna (Inga paterno) para comerla. <sup>(7)</sup> En la frontera suroeste de Costa Rica, en un lugar conocido como Laurel, algunos agricultores aseguran que comen la semilla tostada de guabo de costa (Inga spectabilis).

---

(7) BURGOS, C. Comunicación personal. CATIE. 1990.

### 3.6 DESCRIPCION DE LAS ESPECIES DE *Inga spp.*

#### 3.6.1 *Inga densiflora* Benth

Nativa de Costa Rica, Panamá y Colombia (HOLDRIDGE y POVEDA, 1975). En Colombia crece entre los 300 y 1700 msnm, con temperatura de 18 a 30 °C y precipitaciones de 1500 a 2500 mm año<sup>-1</sup>; en suelos de buen drenaje, porosos y profundos, con pH superior a 4,5. Se la encuentra en altitudes medianas con climas húmedos a muy húmedos (CONTRERAS, 1991).

Es una de las especies de más variabilidad estructural dentro del género HOLDRIDGE y POVEDA (1975). En Costa Rica se utiliza como sombra para café de altura. En estas zonas, las poblaciones existentes poseen hojuelas pequeñas y densamente tomentosas. La variabilidad también está basada en las distintas poblaciones para las que se tomó muestra para los herbarios que las estudian. El tipo más común en alturas medianas, denominada *Inga montealegrei* (hoy incluida específicamente como *densiflora*), posee hojuelas más glabras y más grandes (Apéndice 1 y Figura 1 ) (LEON, 1966).

Este último autor asegura que *Inga micheliana*, *I. schiedeana* e *I. davidsoniae* son poblaciones aberrantes de *Inga densiflora* Benth. También asevera que en Suramérica la especie *densiflora* recibe otros nombres. En Colombia se le llama *Inga sordida* Pittier, *I. langlassei* Pittier, *I. microdontha* Britton y Killip e *I. tiribiana* Britton y Killip. En Venezuela se tiene a *I. heinei* Harms, *I. limonensis* Pittier e *Inga java* Pittier.

Se puede encontrar en Costa Rica como sombra para café en la península de Nicoya (Monte Romo, Mansión, Nandayure), Pacífico Central (San Ramón, Palmares, Sarchí, Grecia, Alajuela), Región Huetaar Norte (San Carlos, Ciudad Quesada, Aguas Zarcas, Zarcero), Valle Central San José, Heredia, Tres Ríos), Zona Pacífico Sur (Pérez Zeledón, Buenos Aires), Vertiente Atlántica (Turrialba).

*I. densiflora* es muy usada como sombra de café, cacao y en cercas vivas. Sus hojas y frutos son comestibles por los animales (PARENT, 1989). Se le conoce como "guaba caite" o "guaba salada" en Costa Rica (HOLDRIDGE y POVEDA, 1975).

Una plantación de café bajo sombra de densiflora de siete años de edad en San Ramón de Alajuela (Costa Rica) es capaz de aportar en hojarasca hasta 23,12 tm/ha BADILLA, (1988). Por su parte y en la misma región, SALAZAR (1985) había cuantificado en 48,7 tm/ha (2,4 tm/ha/año) la producción de biomasa seca total de densiflora en una plantación de café de 20 años de edad y a un distanciamiento de 2 x 4 m. En CATIE, el Proyecto AFN-CIID logra evaluar una producción de biomasa en árboles de tres años de edad podados en 25 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (CATIE, 1991).

BADILLA (1988) analizó químicamente material foliar para observar los contenidos nutricionales de la especie a ese nivel. Estos fueron los resultados:

N (	P	K %	Ca	Mg )	Cu	Zn (ppm)	Mn
2.42	0.075	0.46	0.28	0.13	31.5	35.5	9.14

Con base en lo anterior, el mismo autor calculó el aporte nutricional (kg/ha) que la especie brinda al sistema: 399 kg/ha/año de N<sub>2</sub>; 19 kg/ha/año de P; 134 kg/ha/año de K y 22 kg/ha/año de Mg.

La especie extiende su período de floración abriendo en la época de mayor brillo solar y menor precipitación (de abril a octubre). Esto parece indicar la presencia de una relación fotoperiódica de la especie en el medio. La especie es alógama y la polinización natural se da en ella de forma directa y cruzada. La fructificación se genera en época de poco brillo solar y mucha precipitación (KOPTUR, 1984). KOPTUR (1985) logró probar que existe una relación simbiótica entre la especie y algunos géneros de hormigas donde la Inga provee de un néctar azucarado producido en las glándulas interfoliolares. La hormiga brinda protección a la especie contra descortezadores, defoliadores y chupadores. A medida que se sube altitudinalmente (m.s.n.m.), la hormiga va desapareciendo del árbol y éste entonces genera en forma química una serie de sustancias fenólicas capaces de repeler en gran medida a los predadores foliares.

### 3.6.2 *Inga edulis* Mart.

Es originaria de América del Sur y se distribuye desde Brasil y Ecuador hasta Honduras; fué introducida en Costa Rica, a principios de siglo posiblemente como sombra para las plantaciones de cacao establecidas en la vertiente atlántica. (8) Puede encontrarse desde el nivel del mar en la costa atlántica hasta los 900-1000 msnm en San Ramón y Palmares. Responde bien al desrame o poda, pues abre mucho la copa, siempre que no crezca en altura.

Se distingue por sus frutos llamativos que son legumbres de hasta 1.6 m de largo. Se le llama comúnmente "guabo", "guabo chilillo", "guamo", "guamo bejuco", "guamo santafereño", "rabo de mono", "cuajinicuil", "guajiniquil", "guabo mecate", etc (ARAYA, 1989). Se distinguen por tener hojas pinnadas simples, glándulas alargadas interfoliolares; inflorescencias en panículas terminales o axilares. Como es típico del género, las semillas están envueltas en una sarcotesta azucarada comestible y sus flores son ricas en néctar. (Apéndice 2 y Figura 2) Poseen una actividad fenológica muy dinámica pues logran floraciones y fructificaciones hasta tres veces al año en la vertiente atlántica costarricense. Puede crecer hasta 5 cm de diámetro por año en el Amazonas ecuatorial y provee excelente combustible de leña y carbón en menos de seis años. DEBACKER y OPENSHAW (1973) reportan una tasa de crecimiento de  $27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  plantado a 2m x 2m. En Colombia se han encontrado individuos hasta de 30 años de edad en plena vitalidad (MARRERO, 1954).

*Inga edulis* nodula abundantemente, y posee una buena habilidad de establecimiento y sobrevivencia. Es tolerante a la sequía rigurosa (hasta 100 días/año) y de fácil rebrote ante el ataque de los chapulines o langostas (*Schistocerca spp.*) y de las hormigas cortadoras de la hoja (*Atta spp.*). Su crecimiento rápido y rusticidad sugieren que podría ser útil para pequeños finqueros como fuente de leña y para su uso en barbechos mejorados (CONTRERAS, 1991).

Su uso como sombra en el cultivo del café se extendió desde el siglo pasado. De las diferentes especies reportadas, *Inga edulis* es la de mayor uso como árbol de sombra en Costa Rica (HOLDRIDGE y POVEDA, 1975).

---

(8) PHILLIPS, W. Comunicación personal. CATIE. 1992.

SZOTT (1991) asegura que edulis es capaz de aportar la mayoría de los macronutrientes (excepto fósforo) con la biomasa podada incorporada *in situ* para una producción moderada de arroz en cultivo en callejones. También logró demostrar que el distanciamiento óptimo de los callejones con un aumento en la productividad del cultivo es de 8m para esas condiciones. La especie puede ser podada entre 3-4 veces por año en condiciones de callejones, por lo que resulta apta para arroz, caupí y maíz. Es resistente a suelos ácidos. Estudios con mulch de edulis en Yurimaguas (Perú) indican que su descomposición es muy lenta, lo que asegura su presencia en el campo por un tiempo prolongado; después de 20 semanas permanece en el suelo hasta un 68% de materia seca. Dicha lentitud de descomposición también contribuye a un eficiente control de malezas y al mantenimiento de la humedad en las capas superficiales del suelo, aún en época seca (SZOTT, 1991; SALAZAR y PALM, 1987; SALAZAR, 1990; SUAREZ DE CASTRO, *et al*, 1961).

En cultivos en callejones en laderas utilizando la hojarasca como cobertura del suelo, I edulis puede controlar al máximo la pérdida de suelos por escorrentía superficial sobre áreas en laboreo (GARZON, 1991).

En el Ecuador amazónico en áreas habilitadas para alimentación de ganado con manejo de barbechos, se ha logrado combinar Inga edulis con Desmodium ovalifolium más el pasto existente en la zona. Se logra con esto mantener una reserva alimenticia ganadera de buena calidad. Aquí la hoja tierna de edulis sirve como alimentación por ramoneo. El sistema radicular profundo y fijador de nitrógeno transporta nutrientes hasta cerca del sistema radicular del pasto, mejorando así su nivel alimenticio (BISHOP, 1984).

### 3.6.3 Inga spectabilis (Vahl) Willd

Esta especie se extiende en forma natural desde Méjico hasta Colombia y Venezuela. Medra bien en sitios con bajas elevaciones y con climas de húmedos a muy húmedos. Se le conoce como "guaba machete", "guabo de costa", "guabo real", "guabo macheto" (Apéndice 3 y Figura 3) (LEON, 1966).

Esta especie es muy utilizada en huertos caseros y se intercala en plantaciones de café, cacao y pasturas LEON (1966). Su utilización tradicional ha sido para la producción de frutos a nivel comercial. Es de lento crecimiento en comparación a las

especies anteriormente citadas, pero se ha observado que es una especie propia para utilizar en sistemas agroforestales por su estructura, facilidad de manejo, producción de biomasa, materia seca, etc. El proyecto AFN-CIID logró evaluar una producción de biomasa de 24,4 ton/ha/año en una plantación destinada para fines evaluativos de tres años de edad (CATIE, 1991).



## **4. METODOLOGIA**

El ensayo fué establecido en setiembre de 1991 en la finca de la Universidad Nacional en San Isidro del General de Pérez Zeledón y en el sitio denominado Puente Cajón dentro de la Finca Experimental de CATIE, Turrialba, C.R. (Planos 1 y 2).

### **4.1 DESCRIPCION DEL SITIO**

#### **4.1.1 FINCA UNIVERSIDAD NACIONAL. SAN ISIDRO DEL GENERAL.**

La finca de la Universidad Nacional (UNA) se encuentra localizada en las coordenadas geográficas 9°23' de latitud norte y a los 83°41' de longitud oeste. La precipitación media anual para el sitio es de 2934 mm (MIRENEM, 1988). Este sitio se encuentra en la zona de Bosque muy Húmedo Tropical (Bmh-t) (HOLDRIDGE y TOSI, 1978).

En Finca UNA la estación seca está definida hasta abril, que es cuando los vientos alisios del SO empiezan su transporte de agua sobre la región. Durante este intervalo temporal seco, la temperatura aumenta hasta llegar al máximo entre mayo y abril. Como a partir de este momento las lluvias empiezan a ser importantes, la temperatura empieza a bajar hasta llegar a su punto mínimo en diciembre. La humedad relativa ambiental baja durante este intervalo (enero-abril) hasta marzo (mínimo) y luego continúa en ascenso hasta octubre, donde empieza a descender conforme descende el nivel de lluvias a partir de octubre (Figura 4 y 5). Se superpusieron los gráficos de precipitación de ambos sitios y se encontró que de enero a marzo, Finca UNA está muy por debajo del nivel de lluvias en comparación a Puente Cajón. Es allí, en marzo, donde empieza a aparecer lluvias más consistentes lo que eleva el nivel del primer sitio sobre el segundo a tal punto, que en la trayectoria Finca UNA supera a Puente Cajón hasta en un 100% de lluvias. Finca UNA posee una época seca bien definida y se distribuye sobre el sitio una estación lluviosa bastante consistente en comparación con Puente Cajón, el cual tiene un pequeño intervalo seco entre febrero y marzo con lluvias esporádicas durante ese periodo y luego se define el período lluvioso a partir de abril, el cual es no mayor al de Finca UNA pero mantiene húmedo el sitio durante el resto del año (Figura 6).

El suelo es de origen sedimentario de tipo aluvial, de textura franco arcilloso. En Finca UNA (P.Z.) la saturación de aluminio está entre un 25 y 40%. El fósforo está en bajos niveles pero relativamente más alto que en Puente Cajón. El contenido de potasio está relativamente bajo, al igual que el de magnesio. La materia orgánica es alta en este sitio. Esta área fué utilizada para el cultivo de yuca y posteriormente fué abandonada al barbecho. Tal vez la acumulación de material vegetal explique el alto contenido de materia orgánica en el sitio <sup>(9)</sup> (Cuadro 1).

#### 4.1.2 PUENTE CAJON. FINCA EXPERIMENTAL CATIE.

Puente Cajón está a los 9°52' de latitud norte y 83°41' de longitud oeste. Según datos de la estación CATIE, (1992), el área en Puente Cajón recibe una precipitación media anual de 2206 mm.; con una temperatura media anual de 22°C. y una humedad relativa media de 82%. Este sitio se encuentra en la zona de Bosque muy Húmedo Tropical (Bmh-t) (Plano 1) (HOLDRIDGE y TOSI, 1978).

En Puente Cajón, durante los meses de enero a abril y por encontrarse en la vertiente atlántica, la influencia de los vientos alisios del noreste definen sobre la zona una estación seca la cual presenta su mínima precipitación en febrero, la temperatura ambiental aumenta por la exposición directa de la superficie terrestre al sol. La humedad relativa ambiental decrece. A su paso por la superficie del océano, el alisio del NE es capaz de levantar humedad, la que permite mantener un nivel de humedad accesible a las plantas, aún en ausencia de lluvias.

El período lluvioso para Puente Cajón se inicia a partir de abril y continúa hasta alcanzar un máximo en octubre. Es a partir de aquí donde empieza a mermar la precipitación hasta que llega a su mínima en noviembre. Aquí empieza a aumentar un poco por el agua aportada por el alisio del NE. Dicha corriente es fría y por tanto la temperatura disminuye un poco (Figura 4 y 5).

El suelo de Puente Cajón se clasifica como originario de material sedimentario de tipo aluvial, de textura franco arcilloso (31% arena, 29% limo y 40% arcilla) CATIE, (1991). En términos generales se observó que el fósforo está bastante bajo. El calcio y el magnesio se encontraron a niveles altos. El potasio, relacionado con la

---

(9) KASS, D. Comunicación personal. Proyecto AFN-CIID. CATIE. 1992.

presencia de magnesio en el medio, no es tan bajo. Estas últimas apreciaciones pueden presentar problemas nutricionales para el sitio. La presencia de zinc, en el medio es alta y la acidez del suelo no representa una limitante para su manejo. La materia orgánica presente en el suelo posee un nivel bajo en comparación a los encontrados en otros sitios dentro de CATIE. Tal vez la deficiencia de materia orgánica se deba al hecho de que ese sitio fué manejado con quemas periódicas, ya que se cultivó por varios años con caña de azúcar <sup>(10)</sup> (Cuadro 2).

#### 4.2 UNIDAD EXPERIMENTAL

El área útil total para el ensayo en cada sitio fué de 17,280 m<sup>2</sup>. En ambos se realizó la limpieza total con aplicación posterior de Glifosfato (Round-up) para eliminar la gramínea que aparece después de chapeada el área. La unidad experimental la constituyó una parcela lineal de seis árboles, con una parcela útil de cuatro individuos (Planos 1 y 2).

Las semillas se obtuvieron de los árboles escogidos por el Proyecto AFN en las regiones de : Huetar Norte y Sur, Pacífico Central, Pacífico Seco, Pacífico Sur, Valle Central y Vertiente Atlántica. A nivel de vivero se produjeron las plántulas de 56 familias de las especies de interés bajo un sistema de manejo similar (germinación en invernadero y distribución en bancales al aire libre). Luego de 100 días se realizó una medición de altura total y diámetro basal (5 cm altura de cuello) y con los resultados de esta evaluación fueron seleccionadas las cinco mejores familias de cada especie de crecimiento diametral y longitudinal superior al promedio. En 1991 se colectó semillas de estas familias seleccionadas para el establecimiento de este ensayo. El mismo consta de quince familias, cinco por cada especie (Cuadro 3).

#### 4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental base fué de bloques completos al azar con tres repeticiones por sitio.

Para analizar los datos de campo se utilizará un diseño de bloques anidados completos al azar (DBCA) para varios sitios:

---

(10) KASS, D. Comunicación personal. Proyecto AFN-CIID. CATIE. 1992.

$$Y_{ijkl} = \mu + F_j + B_{k(i)} + S_{i(i)} + F * S_{i(i)} + B_{k[P_{i(i)}]} + E_{ijkl}.$$

donde:

$Y_{ijkl}$  = cualquier variable medida.

$\mu$  = efecto de la media poblacional.

$S_i$  = efecto del sitio i-ésimo.

$F_j$  = efecto de la familia j-ésima.

$B_{k(i)}$  = efecto del sitio i-ésimo dentro del bloque k-ésimo.

$S_{i(F_j)}$  = efecto de la familia j-ésima dentro del sitio i-ésimo.

$F*S_{ij}$  = efecto del sitio i-ésimo por la familia j-ésima.

$B_{k[P_{i(i)}]}$  = efecto de la familia j-ésima, referido a la especie el-ésima dentro del bloque k-ésimo.

$E_{ijkl}$  = error experimental

#### Análisis de varianza

F.V.	Grado de libertad	Cuadr. medio	Cuadr. medios esperados
Sitios (S)	s-1	CM <sub>S</sub>	A
Bloques B(S)	(b-1)s	CM <sub>B(S)</sub>	B
Especies P	(p-1)	CM <sub>P(S)</sub>	C
Familias (F)	f-1	CM <sub>F</sub>	D
F x S	(f-1)(s-1)	CM <sub>FxS</sub>	F
P x S	(p-1)(s-1)	CM <sub>EXS</sub>	
B x P	(b-1)(p-1)s	CM <sub>BXE</sub>	
Error (E)	s(f-1)(b-1)	CM <sub>E</sub>	E

donde:

$$A = \sigma^2E + b\sigma^2F \times S + f\sigma^2B(S) + fB\theta^2S$$

$$B = \sigma^2E + \sigma^2B(S)$$

$$C = \sigma^2E + sb\sigma^2P$$

$$D = \sigma^2E + sb\sigma^2F$$

$$F = \sigma^2E + b\sigma^2F \times S$$

$$E = \sigma^2E$$

s = número de sitios

f = número de familias

b = número de bloques por sitio

Cada especie fué representada por cinco familias en parcelas lineales de seis árboles, con parcela útil de cuatro individuos, dejando ambos extremos como borde. La distancia entre plantas es de 8 x 8 m.

La medición para este estudio se hizo a los tres y a los seis meses de establecida la plantación. Las mediciones posteriores serán responsabilidad del Proyecto AFN-CIID-CATIE.

#### 4.4 VARIABLES A EVALUAR

En la presente investigación se realizaron mediciones de las siguientes cuatro variables de crecimiento libre, a los tres y a los seis meses de realizada la plantación, para cada sitio (BRISCOE, 1990; SALAZAR, 1989).

##### 4.4.1 ALTURA TOTAL (Ht)

Se refiere a la distancia vertical (en cm.) desde el nivel medio del suelo (en un suelo relativamente nivelado) hasta el ápice terminal más alto del eje principal del árbol.

#### 4.4.2 DIAMETRO BASAL (Db)

Se refiere al diámetro medido (cm) a 10 cm de altura. En el caso de individuos con ejes múltiples (Inga tiene una característica de poliembrionía) se mide cada diámetro de cada eje y luego se calcula el diámetro cuadrático promedio, el cual se define con la siguiente fórmula:

$$dg = (a^2 + b^2 + \dots + n^2)^{0.5}$$

donde:

dg = diámetro promedio cuadrático

a,b,n = diámetro de los ejes presentes en el individuo.

#### 4.4.3 DIAMETRO DE COPA (Dc)

Se refiere a la distancia lineal en planta que conforma la copa del árbol, pasando por su centro geográfico. Si la copa del árbol quedase a unos 5 m de altura, se puede localizar el extremo de la copa situándose con los hombros paralelos a la cinta y la nariz colocada exactamente debajo del extremo de la copa (BRISCOE, 1990).

Si la copa era de tamaño regular, se logró medir a lo largo de dos ejes perpendiculares entre sí. Si la forma de la copa era irregular, se midió comúnmente los ejes largo y corto, siempre y cuando se pasara por su centro, como recomienda BRISCOE, (1990). Se le puede denominar como amplitud de copa. Su medición se hará en cm.

#### 4.4.4 PRESENCIA DE EJES, BROTES O RAMAS (EJES)

Esto se refiere al número de ejes o ramas en crecimiento activo, a partir del eje principal o aquel que presenta dominancia apical. Se le conoce también como reiteraciones. Su medición se hará en unidades.

Los resultados de las mediciones fueron analizados a través del análisis de varianza empleando el programa de SAS (Statistic Analysis System).

Se realizó una evaluación por separado respecto al momento de medición, dividiéndose éste en Epoca 1 (tres meses) y Epoca 2 (seis meses). Se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para comparar las variables de crecimiento entre especies y entre sitios e identificar diferencias significativas por especie y familias dentro de especies. Se calcularon también las correlaciones entre variables con respecto a las especies estudiadas, ésto con el propósito de relacionar o predecir el crecimiento estructural coordinado de las especies en cada sitio.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 EPOCA I (tres meses)

#### 5.1.1 PUENTE CAJON (FINCA EXPERIMENTAL CATIE, TURRIALBA)

Para la primera medición (tres meses), en Puente Cajón se determinaron diferencias estadísticamente significativas a nivel de sitio, bloque (sitio); especie y familia (especie) para diámetro basal, altura total, número de ejes y diámetro de copa (Cuadro 4a). Se presentaron diferencias en crecimiento a un nivel específico como lo es familia (especie) para las tres especies. Para la interacción sitio \* especie se observaron diferencias significativas para las variables anteriormente mencionadas, excepto para diámetro de copa. La interacción sitio \* familia (especie) para este primer período tuvo diferencias significativas del 95 %, únicamente para número de brotes, ésto puede estar relacionado a una condición meramente específica del género. (Cuadro 4a) Es importante destacar en ésto último que las interacciones familia (especie) y sitio \* especie presentan diferencias significativas importantes; ésto indica que desde la primera medición ya existía diferencias a nivel de familia dentro de especie y por sitio.

La especie densiflora presentó un crecimiento en altura total intermedio entre edulis y spectabilis, con excepción para el número de ejes, diámetro basal y diámetro de copa, donde la especie mostró el menor crecimiento en el sitio a los tres meses (Cuadro 6; Figuras 7, 8, 9 y 10).

En cuanto a número de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa, edulis presentó un mayor desarrollo de éstos, por encima de las especies densiflora y spectabilis (Cuadro 6; Figuras 7, 8, 9 y 10).

Spectabilis es la especie que mostró el menor crecimiento, con excepción del diámetro de copa, diámetro basal y número de ejes, en los cuales superó a densiflora en el análisis general específico (Cuadro 6; Figuras 7, 8, 9 y 10).



### 5.1.1.1 Inga densiflora Benth

A nivel de familia, la número 75 de I. densiflora mostró el más alto número de brotes, el mayor diámetro; la altura total mayor y el mayor diámetro de copa a los tres meses de establecida la plantación. En segunda posición, con excepción de número de brotes, está la familia número 74 (Turrubares), de la misma especie. Ambas familias, la número 75 (Puriscal) y la 74, pertenecen a la zona Pacífico Central de Puriscal y Turrubares, respectivamente. La familia 77 (Puriscal) dentro de la especie presentó el menor crecimiento de todas las variables, con excepción de altura total (Figuras 11, 12, 13 y 14).

En número de ejes, la familia número 75 superó la media (0,34) en un 105%; seguida de la familia 5 con un 23% (Figura 11). Para la variable diámetro basal, la familia 75 superó la media (0,41 cm) en un 45 %; seguida por la familia número 74 con un 9% por sobre la media (Figura 12).

Con respecto a la altura total, la familia 75 superó la media de 20 cm en un 80% (Figura 13). En relación con la variable diámetro de copa, la media (12,2 cm) fue superada por la familia número 75 en un 39% (Figura 14).

Cabe señalar que la familia 75 también mostró en vivero el crecimiento mayor al momento de la elección de las familias de densiflora.

### 5.1.1.2 Inga edulis Mart

El mayor desarrollo en número de brotes lo mostró la familia 100 (CATIE), la cual supera la media para la especie (0.54) en un 84%, seguida por la familia 61 (San Vito) en un 43% (Figura 15).

Para la variable diámetro basal, la familia 100 (CATIE) mostró un valor mayor que la media (0,47 cm) en un 23%, seguido por la familia 61 (San Vito) en un 11% y a su vez seguido por la familia 55 (Tinamastes) con un valor cercano al 10% por arriba de la media para la especie (Figura 16). En cuanto a altura total, la familia 55 (Tinamastes) superó la media (23,98 cm) en un 15%; seguido por la familia 100

(CATIE) con un 13% y también la familia 61 (San Vito) superó la media con un valor cercano al 10% (Figura 17). Para la variable diámetro de copa, la familia 100 (CATIE) superó la media (17.5 cm) en un 32%; seguida de la familia 61 (San Vito) en un 17% y a su vez por la familia 55 (Tinamastes) con un valor cercano al 10% (Figura 18).

Lo anterior refleja que las familias 100 (CATIE); la 55 (Tinamastes) y la 61 (San Vito) superaron las medias en el análisis de las cuatro variables para Puente Cajón, a los tres meses de establecido el ensayo. Las tres familias mencionadas mostraron también crecimiento sobresaliente en vivero, al momento de ser seleccionadas para formar parte del ensayo.

### 5.1.1.3 Inga spectabilis (Vahl Willd)

El análisis para el número de ejes, mostró que la familia 49 (Tinamastes) superó la media (0,40) en un 46%; seguida de la familia 18 (Palmares, P.Z.) en un 39% y seguida a su vez por la familia 66 (Quepos) con un 25% sobre la media (Figura 19). En el análisis de diámetro basal, la familia 49 (Tinamastes) superó la media (0,404 cm) en un 24%; seguida de la familia número 66 (Quepos) en un valor cercano al 10% (Figura 20).

En el análisis de altura total, se encontró que la familia 18 (Palmares, P.Z.) supera la media (17 cm) en un 30%, seguida por la familia 49 (Tinamastes) en un 18% (Figura 21). Para diámetro de copa, la familia 49 (Tinamastes) superó la media (13.2 cm) en un 30.4%; seguida a su vez por la familia 18 (Palmares,P.Z.) en un 12% (Figura 22).

Con respecto a Inga spectabilis, en Puente Cajón y en la primera medición, las familias que superaron a la media de las variables evaluadas son la 49 (Tinamastes), la 18 (Palmares, P.Z.) y la 66 (Quepos).

### 5.1.2 FINCA UNA (SAN ISIDRO DEL GENERAL, PEREZ ZELEDON)

En el análisis de varianza, las fuentes de variación; sitio; bloque (sitio); especie; familia (especie); sitio por especie, muestran diferencias estadísticamente significativas de importancia para el estudio planteado (Cuadro 5a).

Densiflora observó un crecimiento intermedio entre edulis y spectabilis. Excepto para diámetro de copa, las variables analizadas en Finca UNA con esta especie mantuvieron un nivel superior de desarrollo con respecto a Puente Cajón (Cuadro 6; Figuras 7, 8, 9 y 10).

Inga edulis mantiene un desarrollo superior sobre densiflora y spectabilis en este sitio (Cuadro 6; Figuras 7, 8, 9 y 10).

Spectabilis fué la especie que observó en términos generales, un número mayor de ejes y un diámetro basal mayor con respecto a densiflora, pero menor a edulis; el menor crecimiento en altura total de las tres especies, así como en diámetro de copa (Cuadro 6; Figuras 7, 8, 9 y 10).

#### 5.1.2.1 Inga densiflora Benth

En cuanto a número de brotes, la especie densiflora mostró un desarrollo medio de 0,71. Este valor fué superado por la familia 75 (Puriscal) en un 77%; seguido de la familia 5 (San Ramón) en un 18% (Cuadro 7 y Figura 11).

En diámetro basal, la media en la primera medición es de 0,5278 cm., la familia 74 (Turrubares) la superó en un 23%; seguida por la familia 75 (Puriscal) en un 22% (Cuadro 7 y Figura 12).

Para la altura total (Figura 13), la familia 75 (Puriscal) superó la media de 27.1 cm. en un 41%, seguido por la familia 74 (Turrubares) en un valor cercano al 10%.

Para diámetro de copa, en la primera medición presenta una media de 11.59 cm. la cual superó la familia 75 (Puriscal) en un 30%; seguida de la familia 74 (Turrubares) en un 13% y a su vez por la familia 5 (San Ramón) en un valor cercano al 5% (Figura 14).

#### 5.1.2.2 Inga edulis Mart

En lo referente a número de ejes, cuya media es 2,13 para este sitio y esta época de evaluación, la familia 55 (Tinamastes) la superó en un 37%; seguida de la familia 61 (San Vito) en un 21 % y a su vez la familia 56 (Tinamastes) en un 13%. Aquí puede observarse que tres familias procedentes de una misma región geográfica mantienen un desarrollo superior al promedio, posiblemente por una buena adaptación al medio, ya que la zona cuenta con las condiciones óptimas para el desarrollo de la especie (Figura 15).

Para diámetro basal, cuyo valor medio es 0,65 cm., la familia 100 (CATIE) la superó en un 25%; seguida por la familia 61 (San Vito) en un valor cercano al 10 % (Figura 16).

Para altura total, donde los árboles de la especie edulis en Finca UNA superan significativamente a los plantados en Puente Cajón, la media en altura para Finca UNA fué de 35,73 cm.; la familia 56 (Tinamastes) superó a ésta en un valor cercano al 10% (Figura 17).

El diámetro de copa mostró una media de 16.6 cm.; donde la familia 61 (San Vito) la superó en un 13%, seguida por la familia 100 (CATIE), quien sobrepasó la media en 12% y la familia 55 (Tinamastes) en un valor cercano al 10% por arriba de la media (Figura 18).

Aquí se observó que la familia 55 superó la media para número de ejes y en diámetro de copa. La familia 56 posee valores de crecimiento en número de ejes y altura total superiores a la media; la familia 61 (San Vito) destaca en número de brotes, diámetro basal y diámetro de copa y la familia 100 destaca en diámetro basal, altura total y en diámetro de copa.

### 5.1.2.3 Inga spectabilis (Vahl) Willd

En cuanto a número de ejes, la media de 1,3 la superó la familia 99 (CATIE) en un 25% y seguida por la familia 49 (Tinamastes) en un valor cercano al 10%. En la Figura 19 se muestra la enorme diferencia en número de brotes en ambos sitios.

Para diámetro basal, la media de 0.53 cm. la superó la familia 99 (CATIE) en un 10% y la familia 49 (Tinamastes) en un valor cercano al 5% (Figura 20).

El promedio de altura total (21,85 cm.) fué superado por la familia 18 (Palmares, P.Z.) en 11% y por la familia 99 (CATIE) en un 5% Figura 21.

El promedio de diámetro de copa, (10.95 cm.), fué superado por la familia 49 (Tinamastes) en un 30%. La Figura 22, muestra un crecimiento ligeramente superior para el desarrollo del diámetro de copa en Puente Cajón, con respecto a Finca UNA, en la primera medición.

En resumen, para este sitio y época de medición, la familia 99 (CATIE) superó la media de las variables número de brotes, diámetro basal y altura total. La 49 (Tinamastes) obtuvo un crecimiento superior a la media en número de brotes, diámetro basal y diámetro de copa. La familia 18 (Palmares, Pérez Zeledón) sobrepasa la media en altura total.

## 5.2 EPOCA 2 (seis meses)

A los seis meses de establecido el ensayo se observaron diferencias altamente significativas entre especies (99%) para la variable número de ejes, altura total y diámetro de copa. Se encontraron también diferencias significativas entre familias dentro de especies (95%) para altura y copa (Figura 7 y Cuadros 4b y 5b).

En el análisis general, para altura total, edulis mantiene el crecimiento mayor, seguido por densiflora y luego por spectabilis. En la Finca UNA el crecimiento fué superior al de Puente Cajón (Figura 9).

Para altura total se presentaron diferencias significativas para sitio (95%); especie y familia dentro de especie. Para diámetro de copa, se presentan diferencias altamente significativas (99%) para sitio; especie y familia dentro de especie. Para la interacción sitio por especie, se observó diferencias significativas al 95%. (Cuadro 4b y 5b). Lo importante para estas dos últimas variables es que existen diferencias de significancia entre familias dentro de especie.

Con respecto a diámetro de copa, a los seis meses de edad, Puente Cajón sobrepasó el desarrollo de la copa en Finca UNA en un 35% en el caso de densiflora, en un 43% para el caso de edulis y en un 30% para la especie spectabilis (Figura 10 y Cuadro 8). También a los seis meses, en cuanto a número de ejes, el ensayo de Puente Cajón superó al de Finca UNA porcentualmente en un 18% y al diámetro de copa en un 38%. (Figura 7). Aquí se aprecia que número de ejes está relacionado con diámetro de copa.

### 5.2.1 PUENTE CAJON, FINCA EXPERIMENTAL, CATIE. TURRIALBA

La especie densiflora, para número de ejes, mostró el crecimiento menor de las especies en estudio. Parece que la especie se caracteriza por, en desarrollo libre, un crecimiento longitudinal en sus primeros estadios de desarrollo para luego generar reiteraciones (ejes). En cuanto a diámetro basal, altura total y diámetro de copa densiflora ocupa un lugar intermedio entre edulis y spectabilis (Figuras 7, 8, 9, y 10; Cuadro 6).

La especie edulis mostró nuevamente un crecimiento mayor para todas las variables en análisis, por arriba de lo mostrado por densiflora y spectabilis (Figuras 7, 8, 9 y 10; Cuadro 6 ). Indistintamente, algunas familias de esta especie mostraron un desarrollo de ejes mayor o menor al observado en Finca UNA. Aquí se observa que el ambiente no influye en el desarrollo de características estructurales de crecimiento (Figura 15).

En número de ejes, la especie spectabilis a los seis meses en Puente Cajón presentó un desarrollo general superior de sus familias con respecto a las existentes en Finca UNA. Esta proporción se refleja en el crecimiento evidentemente mayor de las familias de Puente Cajón con respecto a Finca UNA, referida a diámetro de copa. Esto está relacionado al hecho de que la especie en Finca UNA fué atacada por chupadores y defoliadores, lo que afecta, sin duda, el desarrollo normal de la copa (Figuras 19 y 22).

#### 5.2.1.1 Inga densiflora Benth

En Puente Cajón, la media de número de ejes para la época de medición y especie (1,3) fué superada por la familia 85 (Puriscal) en un 32%, seguida por las familias 5 (San Ramón) y la 74 (Turrubares) con un valor cercano al 5% sobre el valor medio mencionado (Figura 11).

El promedio para diámetro basal (0,65 cm.), lo superó la familia 75 (Puriscal) en un 50%, seguida de la familia 74 (Turrubares) en un 5%. Aquí la familia 75 y la 77 superaron en crecimiento diamétrico a sus homólogos en Finca UNA (Figura 12).

El promedio de altura total fué de 31.74 cm., sólo superado por la familia 75 (Puriscal) en un 70%. Aquí las familias 75 y 77 superan el crecimiento experimentado por las mismas familias en Finca UNA (Figura 13).

El promedio para diámetro de copa (21,65 cm.), fué sólo superado por las familias 75 (Puriscal) en un 61% y la 74 (Turrubares) en un 13% (Figura 14).

La familia 75 (Puriscal) superó la media en todas las evaluaciones de las variables analizadas para el sitio Puente Cajón; la familia 5 (San Ramón) y la familia 85 (Puriscal) superaron el valor medio para número de ejes; la familia 74 (Turrubares)

sobrepasó la media para número de ejes, diámetro basal y diámetro de copa.

En cuanto a diferencias significativas, según Duncan, densiflora no posee diferencias alguna para número de ejes. Para diámetro basal y altura total, la familia 75 (Puriscal) posee diferencias significativas con respecto al resto de las familias de la especie. Para diámetro de copa, la familia 75 (Puriscal) posee diferencias significativas con la familia 77 (Puriscal) (Cuadro 9).

#### 5.2.1.2 Inga edulis Mart

Para el promedio de número de ejes (1,78), la familia 61 (San Vito) superó dicho valor en un 48% y la familia 56 (Tinamastes) lo hizo en un 20%. Dos familias en Puente Cajón, la 61 y la 56, superan a su homóloga en Finca UNA en lo referente a número de ejes. La familia 100 mantiene el mismo valor en número de ejes en ambas plantaciones; interpretándose ésto como que dicha familia se desarrolla en forma similar para ambos sitios sin que el ambiente determine diferencias en desarrollo (Figura 15).

La especie mostró en diámetro basal una media de 0,83 cm. Este valor medio fué superado por la familia 61 (San Vito) en un 20%, seguida por la familia 100 (CATIE) con un 11%, precedida por la familia 56 (Tinamastes) con 9% superior a la media. Cabe señalar que la familia 61 (San Vito) en Puente Cajón superó a su homóloga en Finca UNA. Esto último muestra que el crecimiento diamétrico de la familia antes mencionada no está supeditado a sitio y su crecimiento no fue similar al genérico con respecto a la variable en análisis (Figura 16).

Para altura total la media (39.56 cm.), fué superada por las familias 100 (CATIE) con un 27% y la 61 (San Vito) con un 15% (Figura 17).

La media para diámetro de copa (38.25 cm.), fué superada por la familia 100 (CATIE) en un 23%, seguida por la 61 (San Vito) en un 21% y la 56 (Tinamastes) en un 7% (Figura 18).

En resumen, la familia 61 (San Vito) superó la media para la medición de todas las variables. La 56 (Tinamastes) rebasó la media en número de ejes, diámetro basal y diámetro de copa. La familia 100 (CATIE) superó la media en diámetro basal, altura y



diámetro de copa.

En cuanto a diferencias significativas, según Duncan, *edulis* posee diferencias en número de ejes entre la familia 61 (San Vito) con respecto a la 60 (Río Convento) y la 55 (Tinamastes). Para diámetro basal, las familias 61 (San Vito) y la 100 (CATIE) difieren de la familia 60 (Río Convento). En cuanto a altura total, no existen diferencias. Para diámetro de copa, únicamente existe diferencias entre las familias 100 (CATIE) y la 60 (Río Convento) (Cuadro 9).

### 5.2.1.3 *Inga spectabilis* (Vahl) Willd

En número de ejes, la media (1,3) fué superada por la familia 49 (Turrubares) en un 57% y la familia 65 (Playa Herradura) la superó en un valor cercano al 10% (Figura 19).

Con respecto a diámetro basal, la media (0,64 cm.) fué superada por la familia 49 (Tinamastes) en un 27%; y por la familia 18 (Palmares, P.Z.) en un valor cercano al 5% (Figura 20)

Para altura total, la media (21.9 cm.) fué superada por las familias 49 (Tinamastes) en un 14% y por la 18 (Palmares, P.Z.) en un 7% (Figura 21).

Para diámetro de copa la media (21.1 cm.) fué superada por la familia 65 (Playa Herradura) en un 23%, seguida por la 49 (Tinamastes) en un 18% (Figura 22).

En cuanto a diferencias significativas, según Duncan, *spectabilis* presenta diferencias para número de ejes y diámetro basal entre la familia 49 (Palmares, P.Z.) y la familia 99 (CATIE). Para altura total, la familia 99 (CATIE) difiere significativamente con respecto al resto de familias. En cuanto a diámetro de copa, no existían diferencias significativas (Cuadro 9).

### 5.2.2 FINCA UNA, SAN ISIDRO DEL GENERAL, PEREZ ZELEDON

A los seis meses, el crecimiento en diámetro basal y altura total para las tres especies continuó siendo mayor en el ensayo de Finca UNA con respecto al ensayo de Puente Cajón.

Para número de ejes y diámetro de copa, Puente Cajón posee el mayor crecimiento de ambos sitios. Esta última diferencia está ligada a la predación experimentada en Finca UNA.

La especie densiflora tuvo un desarrollo menor para las variables número de ejes y diámetro de copa con respecto a las especies edulis y spectabilis. En cuanto a diámetro basal y altura total, densiflora mostró un crecimiento intermedio entre las otras dos especies antes mencionadas (Figuras 7, 8, 9 y 10). Para número de ejes, la especie mostró un desarrollo menor al encontrado para Puente Cajón (hasta en un 32%) en la misma época (Cuadros 7 y 8).

La especie edulis continuó mostrando el mayor crecimiento entre las especies en estudio (Figuras 7, 8, 9 y 10).

Aún a los seis meses, spectabilis continuó mostrando el menor de los crecimientos entre las especies analizadas (Figuras 7, 8, 9 y 10).

Para número de ejes, al igual que para diámetro de copa, el ensayo en Finca UNA mostró un crecimiento menor con respecto al de Puente Cajón. Esto se encuentra relacionado al hecho de que para la zona donde está Finca UNA, se presentó un ataque de chupadores y chapulines (Schistocerca spp), los cuales se alimentan de savia y primordios foliares. Este hecho es común en la zona, tanto para spectabilis como para edulis. (11) Esto trae como consecuencia que la presencia de ejes para algunas familias (55, 56, 61, 49, 65, 66 y 99) en Finca UNA es menor a los seis meses y el incremento (de una época a otra) en esta variable es negativo (Cuadro 13).

---

(11) CHAVES, M. Comunicación personal. Conservación de Suelos y Aguas-Zona Sur. MAG. 1992.

### 5.2.2.1 Inga densiflora Benth

Para número de ejes la media (0.8667) fué superada por la familia 75 (Puriscal) en un 35%; seguida por la familia 74 (Turrubares) y la 5 (San Ramón) con un 25% cada una (Figura 11).

En cuanto a diámetro basal, Finca UNA superó el crecimiento en Puente Cajón, con excepción de las familias 75 (densiflora, Puriscal) y 77 (densiflora, Turrubares). La media para ésta fué de 0.79 cm., la cual fué superada por la familia 74 (Turrubares) en un 66%, seguida de la 75 (Puriscal) con un 4% (Figura 12).

La media para altura total fué de 32.07 cm., la cual superó la familia 75 (Puriscal) en un 32%, seguida por la familia 74 (Turrubares) en un 21% (Figura 13).

Para diámetro de copa la media de 14.17 cm., fué superada por la familia 75 (Puriscal) en un 20%, seguida por la 74 (Turrubares) en un 19% (Figura 14).

En Finca UNA para esta segunda medición, densiflora mostró un crecimiento superior a la media de todas las variables analizadas para las familias 75 (Puriscal), la 74 (Turrubares) y la 5 (San Ramón).

En cuanto a diferencias significativas, según Duncan, densiflora observó para número de ejes diferencias entre la familia 77 (Puriscal) y las familias 75 (Puriscal), la 74 (Turrubares) y la 5 (San Ramón). Para diámetro basal, hubo diferencias entre la familia 74 (Turrubares) y el resto de las familias; también entre la 75 (Puriscal) y la 77 (Puriscal). Para altura total, no se evidenció diferencias. Para diámetro de copa, hubo diferencias entre las familias 75 (Puriscal) y la 74 (Turrubares) con respecto a la 85 (Puriscal) y a la 77 (Puriscal); también hubo diferencias entre la familia 5 (San Ramón) y la 77 (Puriscal) (Cuadro 9).

### 5.2.2.2 Inga edulis Mart

Para número de ejes, la Figura 15 muestra un desarrollo superior para Finca UNA con respecto a la familia 55 de la especie en análisis. Tuvo ésta variable una media de 1.8, la cual fué rebasada en un 17% por la familia 61 (San Vito); observándose, en términos generales, un crecimiento mayor para Puente Cajón con

respecto a Finca UNA.

La media para diámetro basal (0.94 cm.), fué superada por la familia 100 (CATIE) en un 11%, seguida por las familias 56 y la 55 (Tinamastes), con un valor de 10% para ambas (Figura 16).

Para altura total, la especie mostró un desarrollo superior con respecto al observado en Puente Cajón. (Figura 17). La media para ésta fué de 50.1 cm., la cual fué superada por la familia 100 (CATIE) y la 56 (Tinamastes) en un 15% y un 10%, respectivamente.

Para diámetro de copa, la media (21.8 cm.), fué superada por la familia 100 (CATIE) en un 19% (Figura 18).

En cuanto a diferencias significativas, según Duncan, *edulis* mostró para número de ejes diferencias entre las familias 55 (Tinamastes) y la 60 (Río Convento). Para diámetro basal y altura total no se evidenciaron diferencias significativas. Para diámetro de copa, la familia 100 (CATIE) difiere significativamente de las familias 55 (Tinamastes), 56 (Tinamastes) y la 60 (Río Convento) (Cuadro 9).

### 5.2.2.3 *Inga spectabilis* (Vahl) Willd

La media para número de ejes fué de 0,88, la cual superaron las familias 18 (Palmares, P.Z.), la 49 (Tinamastes) y la 66 (Quepos) en un 32, 13 y un 10%, respectivamente (Figura 19).

Para diámetro basal, la media (0,76 cm.) fué superada por las familias 18 (Palmares, P.Z.), la 49 (Tinamastes) y la 99 (CATIE) en un 12, 13 y un 10%, respectivamente (Figura 20).

En altura total, cuya media fué de 24,3 cm., las familias 99; 49 y 18, la superaron en un 16, 10 y 12%, respectivamente (Figura 21).

Para diámetro de copa la media (14.7 cm.) fué superada por las familias 18 (Palmares), la 49 (Tinamastes) y la 99 (CATIE), en un 11, 10 y 10%, respectivamente. Con respecto a ésta, Finca UNA presentó los menores desarrollos al compararlos a

Puente Cajón. (Figura 22).

En cuanto a diferencias significativas, según Duncan, spectabilis para número de ejes presenta diferencias entre las familias 99 (CATIE) y la 65 (Playa Herradura). Para diámetro basal y altura total no se evidenciaron diferencias significativas. Para diámetro de copa, hubo diferencias significativas entre la familia 49 (Palmares, P.Z.) y la 99 (CATIE) (Cuadro 9).

### 5.3 DISCUSION GENERAL DE RESULTADOS

Las variables analizadas a los tres y seis meses presentaron diferencias estadísticamente significativas a nivel de especie, de familia y de sitio por especie (Cuadros 4a; 4b; 5a y 5b).

Comparativamente, el ensayo establecido en la finca de la Universidad Nacional en San Isidro del General (Finca UNA) mostró un desarrollo mayor con respecto a número de ejes, diámetro basal y altura total con respecto al de Puente Cajón, con la excepción del diámetro de copa en donde éste último supera a Finca UNA.

En términos generales, es edulis la especie que mejor se adaptó a ambos sitios y que dió los mayores valores de crecimiento y desarrollo, seguido por densiflora y spectabilis (Figuras 7, 8, 9 y 10). En experimentos de crecimiento libre en Yurimaguas (Perú), sobre suelos marginales, esta especie ha logrado crecer hasta 45 cm de altura en cinco meses, en comparación a los 48 cm de crecimiento promedio que se logró aquí en seis meses (RICSE y MARCHAND, 1991). Esto muestra un desarrollo rápido, lo que la hace una especie de interés en el establecimiento de sistemas agroforestales.

La relación de crecimiento de diámetro de copa/altura total, una herramienta utilizada para analizar el comportamiento de desarrollo vegetativo de especies forestales en respuesta al sitio, logró encontrar una relación mayor para el crecimiento experimentado en Puente Cajón con el de Finca UNA. La relación diámetro de copa/altura total para densiflora en Puente Cajón es de hasta un 33% mayor al mostrado en Finca UNA; para edulis dicha relación es hasta 45% mayor en Puente Cajón con respecto a Finca UNA y para spectabilis es hasta de un 36% mayor en el primer sitio con respecto al segundo. El bajo crecimiento en altura mostrado en el

ensayo de Puente Cajón por la limitante nutricional del suelo, se ve compensado por un desarrollo de copa amplia; contrario a lo que ocurre en el ensayo de Finca UNA donde la disponibilidad nutricional e hídrica es mayor, el crecimiento en altura es sobresaliente y la copa es estrecha. Por regla general, los bosques muy húmedos con buena disponibilidad de agua desarrollan árboles altos y copas estrechas. (12) Esto explica la situación que se ha mostrado hasta el momento en el ensayo de Finca UNA donde, independientemente del ataque de predadores sobre crecimientos terminales vegetales, se desarrolla una copa estrecha con un fuste alto. La presencia de un nivel alto de materia orgánica en el suelo en Finca UNA y la posibilidad de un buen proceso de reciclaje de nutrimentos en las capas superficiales del suelo, permiten una fertilidad inicial accesible, al momento de plantar el ensayo. Esto, aunado a la alta presencia de agua en el ambiente, permitió un crecimiento inicial superior al ensayo en Finca UNA, con respecto al experimentado en Puente Cajón, donde la materia orgánica está en niveles bajos y se percibe una precipitación que es la mitad de la que se recibe en Finca UNA.

El ataque de chapulines (*Schistocerca spp*) y otros predadores mermaron en Finca UNA el número de ejes o brotes terminales. Esto contribuye al bajo crecimiento en diámetro de copa para las especies *edulis* y *spectabilis*. La especie *densiflora* mantuvo un desarrollo normal por la protección que posee con hormigas y de sustancias alelopáticas capaces de mantener alejados a los predadores de la especie (KOPTUR, 1983; 1984; 1985). La situación anómala de ataque de predadores no se observó en Puente Cajón por tanto, el nivel de incremento de una época de medición a otra en cuanto a número de ejes y diámetro de copa fué positivo para las tres especies (Cuadro 14). La tasa de incremento general con respecto a número de ejes en el ensayo de Finca UNA para las tres especies observó una tasa negativa para *edulis* y *spectabilis* por la situación anteriormente explicada.

El diámetro basal, altura y diámetro de copa, en general, posee una tasa de incremento mayor en el ensayo de Puente Cajón por sobre el de Finca UNA. Es posible que el incremento de crecimiento inicial en Finca UNA por sobre Puente Cajón (el cual se explica por la presencia de materia orgánica en el suelo) y que aún se mantuvo en la segunda medición, no logró superar la tasa de incremento entre la época 1 y la época 2 que presentó el ensayo de Puente Cajón. En cuanto a la tasa de incremento (diferencia

---

(12) COREA, E. Comunicación personal. Mejoramiento Genético Forestal. CATIE. 1992.

de crecimiento entre época 1 (tres meses) y época 2 (seis meses)), se observó un alto nivel para Puente Cajón con respecto a Finca UNA (Cuadros 13 y 14 y Figura 23 ).

### 5.3.1 CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO POR SITIO Y EPOCA DE MEDICION

#### 5.3.1.1 Puente Cajón. Primera medición

En cuanto a correlación de las variables analizadas, densiflora mostró una correlación de un  $r^2 = 0,93$  y un grado de confiabilidad del 95% entre las variables diámetro basal y altura total. También mostró una relación entre diámetro basal y diámetro de copa con un  $r^2 = 0,98$  y un grado de confiabilidad del 99%. Con respecto a altura y diámetro de copa, evidenció una correlación de un  $r^2 = 0,87$  con un grado de confiabilidad del 95%. Aquí se evidencia claramente que las variables altura total, diámetro de copa y diámetro basal mantienen una estrecha relación al momento de iniciarse el proceso de crecimiento, referido a la especie, al sitio y al momento de medición (Cuadro 15).

Inga edulis mostró una correlación entre diámetro basal y diámetro de copa de un  $r^2 = 0.96$  con un grado de confiabilidad del 95%. (Cuadro 15)

Con respecto a correlación entre variables, I. spectabilis para Puente Cajón durante la primera medición, mostró una respuesta entre las variables número de brotes y diámetro basal de un  $r^2 = 0.92$  con un grado de confiabilidad del 95% y entre diámetro y diámetro de copa de un  $r^2 = 0.96$  con un grado de confiabilidad de 95% (Cuadro 15).

#### 5.3.1.2 Finca UNA. Primera medición

En cuanto a correlación entre variables, densiflora a los tres meses de establecida la plantación, se observó una relación de crecimiento de un  $r^2 = 0,94$ , con un grado de confiabilidad del 95% entre las variables número de ejes y diámetro basal; entre número de brotes y altura total de un  $r^2 = 0,88$  y un grado de confiabilidad de 95% entre diámetro basal y diámetro de copa con un  $r^2 = 0,93$  con un grado de confiabilidad de 95%. (Cuadro 15). Para la primera medición, densiflora mostró la mayor cantidad de correlaciones importantes a tan temprana edad en comparación con

las otras especies en estudio. Esto indica que es posible establecer mediciones de otras variables (longitud de ramas, diámetro de éstas, área foliar, biomasa edible, etc), con el propósito de explicar mejor el desarrollo estructural de la especie, sin tomar en cuenta las variables ya medidas que explican en casi su totalidad el crecimiento correlacionado entre ellas. Esto, a pesar de que es la especie de mayor variabilidad anatómica estructural (HOLDRIDGE y POVEDA, (1975); LEON, (1966)).

La especie edulis no mostró correlación en esta primera etapa de medición en Finca UNA. Se supone que la especie en este momento de desarrollo crece en forma irregular, lo que no permite asociar respuesta de crecimiento de una parte estructural con respecto a otra (Cuadro 15).

La especie spectabilis no mostró correlación de ningún par de variables en este sitio y en este período de medición. Se considera que por una condición meramente relacionada a la especie o por la predación experimentada por chupadores y defoliadores, no se consiguió un desarrollo estructural correlacionado (Cuadro 15).

### 5.3.2.1 Puente Cajón. Segunda medición

I. densiflora observó una relación de crecimiento coordinado para las variables diámetro basal y altura total con un  $r^2 = 0,99$  y un grado de significancia del 99%. Para las variables diámetro basal y diámetro de copa, posee una correlación de  $r^2 = 0,94$  y un grado de confiabilidad del 95%. Para la relación de crecimiento altura total versus diámetro de copa el  $r^2 = 0,89$  con un grado de confiabilidad del 95% (Cuadro 15).

Inga edulis a los seis meses de edad correlaciona en Puente Cajón entre número de ejes y diámetro basal con un  $r^2 = 0,91$  al 95% de confiabilidad; diámetro basal y diámetro de copa con un  $r^2 = 0,94$  al 95% de confiabilidad y altura total con diámetro de copa con un  $r^2 = 0,89$  al 95% de confiabilidad (Cuadro 15).

La especie spectabilis a los seis meses, correlaciona las variables número de ejes y diámetro basal con un  $r^2 = 0,91$ , con un grado de confiabilidad del 95%. Para diámetro basal y altura total, la  $r^2 = 0,92$  y un grado de confiabilidad de 95%. La relación de crecimiento coordinado entre diámetro basal y diámetro de copa es de  $r^2 = 0,94$  con un grado de confiabilidad de 95%. El crecimiento entre altura total y



diámetro de copa es de un  $r^2 = 0.95$  con un grado de confiabilidad de 95% (Cuadro 15).

### 5.3.2.2 Finca UNA. Segunda medición

La especie densiflora mostró correlación entre altura y diámetro de copa en un  $r^2 = 0,96$  con 99% de confiabilidad (Cuadro 15).

La especie edulis a los seis meses y para Finca UNA, no correlaciona su crecimiento (Cuadro 15).

La especie spectabilis presentó correlaciones entre diámetros basal y altura total con un  $r^2 = 0.97$  y un 95% de confiabilidad. También presentó correlaciones entre diámetro de copa y diámetro basal con  $r^2 = 0.99$  con un nivel de confiabilidad de 99% y otra entre altura total y diámetro de copa con un  $r^2 = 0,95$  y un grado de confiabilidad de 95% (Cuadro 15).

## 6. CONCLUSIONES

-Durante los seis meses de análisis, tanto en el ensayo de Finca UNA como en el ensayo de Puente Cajón, las familias mostraron diferencias estadísticas significativas en cuanto a las variables: número de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa, tanto a nivel de sitio y bloque como de especie y familias.

- Las familias establecidas en el ensayo de Finca UNA mostraron, tanto a los tres meses como a los seis meses, un desarrollo superior al mostrado por el ensayo de Puente Cajón. Esto se relaciona al hecho de la presencia en el sitio de materia orgánica nutricional en las capas superficiales del suelo en el ensayo de Finca UNA, así como un nivel mayor hídrico producto del régimen de precipitación de la zona con respecto al ensayo en Puente Cajón.

-Al establecerse una relación diámetro de copa/altura total, las familias en Puente Cajón muestran una proporción mayor de crecimiento con respecto a Finca UNA; de 33 % para densiflora, de 45 % para edulis y de 36 % para spectabilis.

- Las tasas mayores de incremento en número de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa entre una época y otra se observaron en Puente Cajón. Finca UNA observó un crecimiento mayor a Puente Cajón, pero el incremento en desarrollo es mayor en este último.

- La especie I. edulis mostró los crecimientos e incrementos mayores en lo que respecta a presencia de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en ambos periodos de medición, dentro del grupo en estudio para ambos sitios. I. densiflora se ubica en la posición intermedia e I. spectabilis ocupa el tercer lugar.

- Las familias dentro de especies que lograron valores superiores a la media, para ambas épocas de medición y para ambos sitios fueron:

Especie	Familia	Ejes	Diám. basal	Altura	Copa
<u>densiflora</u>	5	X			
<u>densiflora</u>	74		X		
<u>densiflora</u>	75		X	X	X
<u>densiflora</u>	77				
<u>densiflora</u>	85				
<u>edulis</u>	55				
<u>edulis</u>	56				
<u>edulis</u>	60				
<u>edulis</u>	61	X			
<u>edulis</u>	100		X		X
<u>spectabilis</u>	18			X	
<u>spectabilis</u>	49	X	X		
<u>spectabilis</u>	65				
<u>spectabilis</u>	66				
<u>spectabilis</u>	99				

- Las familias con valores superiores a la media para ambas épocas y en un sitio en particular, fueron: (\* Finca UNA; \*\* Puente Cajón)

Especie	Familia	Ejes	Diám. basal	Altura	Copa
<u>densiflora</u>	5				
<u>densiflora</u>	74			FU*	FU
<u>densiflora</u>	75	FU		PC**	
<u>densiflora</u>	77				
<u>densiflora</u>	85				
<u>edulis</u>	55				
<u>edulis</u>	56			FU	
<u>edulis</u>	60				
<u>edulis</u>	61	PC	PC		PC
<u>edulis</u>	100				PC
<u>spectabilis</u>	18				
<u>spectabilis</u>	49	PC			
<u>spectabilis</u>	65				
<u>spectabilis</u>	66				
<u>spectabilis</u>	99		FU	FU	

- La familia 77 (densiflora, Puriscal) y la 60 (edulis, Río Convento) tuvieron valores inferiores a la media en ambos eventos de evaluación en todas las variables estudiadas.

- Existen correlaciones significativas entre las variables estudiadas, lo que indica la necesidad de incluir otras variables menos correlacionadas y que permitan predecir el crecimiento del árbol, basados en la relación del crecimiento coordinado de las estructuras de interés en investigación forestal.

- Sirven ambos ensayos para conservar el pool genético en sitios accesibles y con condiciones climáticas y edáficas diferentes.

## 7. RECOMENDACIONES

- Debido a que la madurez y el inicio del proceso reproductivo para las especies en estudio se da alrededor de los tres años, se debe continuar la medición hasta que la plantación haya alcanzado su madurez y entre en el proceso reproductivo con el propósito de lograr datos que ayuden a predecir crecimiento para ambos sitios con respecto a las especies analizadas.

- Se debe seguir el desarrollo de las familias sobresalientes para ver su crecimiento a fin de lograr un esquema de predicción de crecimiento libre para cualesquiera de ellas, con respecto al sitio evaluado. También se puede lograr predecir el comportamiento en crecimiento por zona de procedencia de algunas de ellas. Al respecto, el Proyecto AFN-CIID guarda datos climáticos y edáficos del sitio de colección de la semilla de cada familia; con esto y los datos de crecimiento referido a los sitios de los ensayos, se puede generar una serie de correlaciones y regresiones preliminares de crecimiento para cada sitio. Esto podría generar, a largo plazo, una estrategia de uso y manejo por zona geográfica de donde provienen las familias en sistemas de producción de esos lugares.

- Existen otros parámetros a medir en estadíos de desarrollo mas avanzados y de interés agroforestal, como serían: elongación del tallo, altura de copa, cantidad de RAFA (radiación fotosintéticamente activa) que penetra la canopia y que, potencialmente pudiese llegar al cultivo en asocio. También se puede analizar la producción de los diferentes componentes de biomasa (tallo tierno, tallo leñoso y hojas), fijación de nitrógeno, impacto en cultivos y suelo, características dendroenergéticas de las especies, análisis de biomasa nodular/época del año.

-Con los parámetros anteriormente enunciados, generar temas de investigación de los ensayos con respecto a su condición de componente arbóreo agroforestal en lo referente a sombra para cultivos, abono verde para plantaciones con cultivos asociados como los realizados en Yurimaguas (Perú) RICSE y MARCHAND, (1991), fijación de nitrógeno dentro del sistema a través de la medición indirecta de la respiración de raíces, elaboración de patrones fenológicos relacionados a la producción de masa nodular ROSKOSKI, (1981), reciclaje de nutrimentos y proceso de degradación de la biomasa en el sustrato.

- Desarrollar este tipo de ensayos en otras zonas de vida más secas dentro del ámbito natural del género para observar la respuesta de crecimiento al sitio. Relacionado a esto último, se podría establecer una relación genotipo-ambiente, el cual podría ser utilizado como una herramienta más al elegir el componente arbóreo dentro de programas de desarrollo regional. Se debería desarrollar estos ensayos en zonas donde *Inga spp* es un componente arbóreo dentro de un sistema de producción agroforestal.

- Tener bien ubicadas las familias más sobresalientes en desarrollo para que, eventualmente, sirvan como fuentes semilleras para su utilización en programas de extensión agroforestal donde se necesite material selecto para los sitios en evaluación.

## 8. BIBLIOGRAFIA CITADA

- AGUILAR, J. 1966. Relación de unos aspectos de la flora útil de Guatemala. II ed. Gua. 383 p.
- ALFEREZ, A. 1976. Manejo de árboles para sombra en cafetales. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Manual Técnico del cultivo del café en El Salvador. Santa Tecla, Salv. 223 p.
- ALPIZAR, L; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J. 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. I- Biomasa y Reservas Nutritivas. Revista Turrialba. Turrialba, C. R. 35(3):233-242.
- ALVIM, P. 1959. Recientes progresos en nuestro conocimiento del árbol de café. In Materiales de Enseñanza en café y cacao. IICA, C. R. p (11-24).
- ARANGUREN, J.; ESCALANTE, G.; HERRERA, R. 1982. Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. II- Cacao. Plant and Soil (67):259-269.
- ARAYA, V.M. 1989. Uso y manejo de sombra en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). In Curso Regional sobre fundamentos de Caficultura Moderna. (7, 1989) Antigua, Guatemala). Memorias, IICA/PROMECAFE/AID-ROCAP/ANACAFE. Gua. 56 p.
- BADILLA, E. 1988. Guía para la visita a San Ramón, Alajuela. (24/nov./88). Proyecto MADELEÑA-CATIE-DGF-ROCAP. San Ramón, C. R. s.p. (mimeografiado).
- BISHOP, J. 1984. The dynamics of the shifting cultivation rural poor, cattles complex on marginal lands in the humid tropics. In Jackson, J.K. (ed.). UNU, Tokyo, Japan. Social, economics and institutional aspects of agroforestry. p (36-42).
- BRISCOE, B. 1990. Field trials manual for multipurpose tree species. Multipurpose tree species network research series. Manual N°3. Winrock International Institute for Agricultural Development. Washington, USA. 143 p.
- BUDOWSKI, G. 1983. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. In Huxley, P.A. ed. Plant Research and Agroforestry. ICRAF. Nairobi, Kenya. p. (43-62).
- BURLEY, J. and CARLOWITZ, P. 1984. Multipurpose tree germoplasm. Proceedings of a Workshop to discuss. International Cooperation. ICRAF. Nairobi, Kenya. 298 p.
- CALLAHAN, R. Z. 1964. Provenance research: Investigation of genetic diversity asociated with geography. UNASYLVA 18(2-3):73-74.

- CAMARGO DE LEON, S. 1978. La sombra del cafeto. Mazatenango, Guatemala. Federación de cooperativas agrícolas de productores de café de Guatemala. Gua. 30 p.
- CARVAJAL, J. 1972. Cafeto: cultivo y fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza. 141 p.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R. p (27-38).
- \_\_\_\_\_. 1990. Primer Curso Corto de Mejoramiento Genético Forestal. CATIE-MGF-MDC-ODA-USAID. Agosto 1990. Apuntes de clases.
- \_\_\_\_\_. 1991. Ensayo de procedencias y descendencias/Vochysia hondurensis. Proyecto Mejoramiento Genético Forestal. Programa Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido. CATIE. Turrialba, C.R. sp.
- \_\_\_\_\_. 1990. Informe anual del Proyecto AFN-CIID-CATIE. CATIE. Turrialba, C.R. sp.
- \_\_\_\_\_. 1991. Informe anual del Proyecto AFN-CIID-CATIE. CATIE. Turrialba, C.R. sp.
- \_\_\_\_\_. 1991. Resumen acumulado de datos meteorológicos. Programa de Manejo integrado de recursos naturales. Estación La Montaña. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R. sp.
- CONTRERAS, M., et al. 1990. Estudio del efecto del mulch de Inga densiflora Benth sobre el control de malezas y conservación de la humedad del suelo. Informe Técnico. Proyecto AFN-CATIE. CATIE. Turrialba, C.R. 159 p.
- \_\_\_\_\_. 1991. Efecto de la cobertura muerta de Inga densiflora Benth e Inga edulis Mart en el crecimiento inicial de cafeto (Coffea arabica cv. catuai) y maíz (Zea mays híbrido salvadoreño H-5). Tesis Mg Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R. 102 p.
- DEBACKER, M.; OPENSHAW, K. 1973. Thailand: present and future forest policy goals: a timber trends study. (FAO. Series UNDP/TA, 3156). s. 1., FAO. p (1-13).
- GARZON, H. 1991. Evaluación de la erosión hídrica y el escurrimiento superficial bajo cultivo en callejones, en un lote experimental en Turrialba. Tesis M Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba. C. R. 121 p.
- GUERRA, A. 1976. Tipos de sombras más comunes. Manual Técnico del cultivo del café en El Salvador. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Santa Tecla, Salv. p (109-111).
- HOLDRIDGE, L. 1957. Árboles de sombra para el cacao. Manual del curso de cacao. IICA. Servicios técnicos de café y cacao. Edición provisional. Turrialba, C. R. pp. 113-117.



- \_\_\_\_\_; POVEDA, L. 1975. Arboles de Costa Rica. vol.1. Centro Científico Tropical. San José, C. R. 546 p.
- \_\_\_\_\_; TOSI, J. 1978. Mapa de Zonas de Vida y Asociaciones Ecológicas de Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, C. R. Color.
- INSTITUTO DEL CAFE. 1986. El uso de la sombra en plantaciones de café en la zona de Pérez Zeledón. Noticiero del Café. Ed. Jorge E. Ramírez. Programa Cooperativo ICAFE-MAG. 1:(8). San José, C. R. sp.
- INSTITUTO MEJICANO DEL CAFE. 1968. Plagas y enfermedades del Cafeto. Ed. Café de Nicaragua. 204:(4-5). Managua, Nicaragua.
- JIMENEZ, E. y MARTINEZ V., 1979. Estudios Ecológicos del Agroecosistema cafetalero. II-Producción de materia orgánica en diferentes tipos de estructura. Biotica. 4(3):109-126.
- KOPTUR, S. 1983. Costa Rican Natural History. Edited by Daniel Jantzen. The University of Chicago Press. Chicago, USA. p 259-261.
- \_\_\_\_\_. 1984. Outcrossing and pollinator limitation of fruit set: breedings systems of Neotropical *Inga* trees. Evolution. 38:1130-1143.
- \_\_\_\_\_. 1985. Alternative defenses against herbivores in *Inga* (Fabaceae: Mimosoideae) over on elevational gradient. Ecology 66(5):1639-1650.
- LANGLET, O. 1959. Cline or not cline, a question of scth pine. Silvae Genetica. 8:13-22
- LEON, J. 1966. Central American and West Indian species of *Inga* (Leguminosae). Annals of the Missouri Botanical Garden. Missouri Botanical Garden. St. Louis. USA. Vol 53:(3)265-356.
- \_\_\_\_\_. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. IICA. Turrialba, C. R. 487 p.
- MARRERO, J. 1954. Especies del género *Inga* como sombra de café en Puerto Rico. Caribbean Forester. P. R. 15(1-2):54-71.
- MARTINEZ, A. 1984. La sombra para el cacao. Revisión de literatura y bibliografía anotada. Eds. Alfonso Martínez y Gustavo Enríquez. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C. R.
- MIRENEM. 1988. Catastro de la serie de precipitaciones medidas en Costa Rica. Instituto Metereológico Nacional. San José, C.R. 325 p.
- ORTIZ, A. y TREJO, A. Plagas del cafeto. Manual Técnico del cultivo del café en El Salvador. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Santa Tecla, Salv. p (164-167).
- PARENT, G. 1989. Guía de reforestación Bucaramanga, Col. CRMB/ACDI. 214 p.
- POLHILL, R.M.; RAVEN, P.H. 1981. (eds.). Advances in Legume Systematics, part 1. Royal Botanical Garden, Kew.

- RAMIREZ, J. 1986. El uso de la sombra en plantaciones de café en la zona de Pérez Zeledón. *Noticiero del Café*. Programa Cooperativo ICAFE-MAG. ICAFE. 1(8):1-3. San José, C. R.
- RICSE, A. y MARCHAND, S. 1991. Proyecto Inga. Informe técnico. Proyecto CIID. Yurimaguas, Perú.
- ROSKOSKI, 1981. Nitrogen fixation by tropical woody legumes: potential source of soil enrichment. *Biological Nitrogen Fixation*. Eds. Peter H. Graham and Susan Harris (1982). In Workshop held at the Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Col. p (447-454).
- \_\_\_\_\_.; VAN KESSEL, C. 1981. Nodulation and N<sub>2</sub> fixation by Inga jinicuil a woody legume in coffee plantations. Effect of soil nutrients on nodulation and N<sub>2</sub> fixation. *INIREB, Mex. Plant and Soil* 59:207-215.
- \_\_\_\_\_. 1982. Nitrogen fixation in a Mexican coffee plantation. *INIREB. Mex. Plant and Soil* 67:283-291.
- SALAZAR, A.; PALM, CH. 1987. Screening of leguminous trees for alley cropping on acid soils of the humid tropics. In Gliricidia sepium (Jacq) Walp.: management and improvement. (1987, Turrialba, C.R.) proceedings. Eds. D. Withington; N. Glover; J. L. Brewbaker. Honolulu, Hawaii, EE UU. NFTA-CATIE. p 61-67.
- SALAZAR, A. 1990. Cultivo en callejones. Algunos avances de investigación en Yurimaguas-Cuenca amazónica del Perú. In Taller RISTROP. (9-13) Julio de 1990. Red Internacional de Suelos Tropicales.
- SALAZAR, R. 1985. Producción de leña y biomasa de Inga densiflora Benth en San Ramón, Costa Rica. *Silvoenergía (C.R.)* 3:1-4. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, C.R.
- SANTOLALLA, A.; VASQUEZ, L.; FLORES, M.; TREJO, S.; BOHORQUEZ, M. 1986. Asociación pasto-paca. In Instituto Nacional de Desarrollo. Lima, Perú. Agroforestería: algunas referencias sobre la experiencia peruana. Lima, Perú. 12 p.
- SERRANO, A. 1977. Tipos de sombras mas comunes. Manual Técnico. Café de Nicaragua. Nicaragua. 307:20-23.
- SUAREZ DE CASTRO, F.; MONTENEGRO, L.; AVILES, C.; MORENO, M.; BOLAÑOS, M. 1961. Efecto del sombrero en los primeros años de vida de un cafetal. *Café (CR)*. San José, C.R. 3 (10):81-102
- SZOTT, L. 1991. Agroforestry systems for acid soils in the humid tropics. *Advances in Agronomy*. 26 p.
- WRIGHT, W. 1976. Introduction to forest genetics. Academy Press. New York, USA. 463 p.

ZAMORA, N. 1990. Nuevas especies de Inga Miller (Mimosaceae) para Mesoamérica. *Brenesia* 33: 99-118. Depto Historia Natural. Museo Nacional. San José, Costa Rica.

ZOBEL, B. J.; THORBJORNSEN, E. y HENSON, F. 1960. Geographic site and individual tree variation in wood properties of loblolly pine. *Silvae Genetica* 9(6): 149-158.

\_\_\_\_\_.; TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. I ed. Trad. Manuel Guzmán. Revis. Gabriela Barbosa y Teobaldo Eguiluz. Editorial Limusa, Méjico. Méx. 541 p.

Cuadro 1. Resultados de análisis de suelos. Ensayo de crecimiento libre de tres especies de *Inga spp.*  
Finca UNA, San Isidro del General, P.Z. 1992.

Bloque	Prof cm	pH H <sub>2</sub> O	P (a)	Ca (a)	Mg (b)	K (b)	Acid. Ext. (b)	Cu (a)	Zn (a)	Mn (a)	M.O. %
I	0-20	5.2	3.4	0.94	0.21	0.19	0.60	5.0	0.8	7.8	13.39
	20-40	5.2	1.9	0.61	0.13	0.09	0.40	6.3	0.6	4.1	8.83
	40-60	5.0	1.9	0.25	0.08	0.06	0.20	5.8	0.5	2.0	4.00
II	0-20	5.2	4.7	0.36	0.21	0.16	0.50	4.8	0.8	12.5	11.73
	20-40	5.0	2.8	0.23	0.10	0.07	0.50	5.6	0.9	5.4	7.80
	40-60	5.0	1.4	0.20	0.06	0.03	0.30	5.3	0.3	3.0	4.00
III	0-20	5.2	4.2	0.90	0.29	0.18	0.40	4.1	0.71	0.71	7.84
	20-40	4.7	3.2	0.29	0.10	0.08	0.55	4.7	0.20	3.81	6.01
	40-60	5.0	3.2	0.25	0.08	0.05	0.25	6.2	1.20	3.50	7.87

Cuadro 2. Resultados de análisis de suelos. Ensayo de crecimiento libre de tres especies de *Inga spp.*  
Puente Cajón. CATIE. 1992.

Bloque	Prof cm	pH H <sub>2</sub> O	P (a)	Ca (a)	Mg (b)	K (b)	Acid Ext (b)	Cu (a)	Zn (a)	Mn (a)	M.O. %
I	0-20	4.7	4.2	5.85	2.50	0.23	0.65	9.9	1.9	21.7	3.86
	20-40	4.9	2.3	2.75	3.75	0.12	0.35	10.6	1.3	15.2	2.00
	40-60	5.3	9.2	5.50	3.75	0.13	0.20	12.3	3.0	6.8	0.97
II	0-20	5.3	3.2	8.23	2.71	0.13	0.10	9.2	1.6	26.8	3.59
	20-40	5.0	1.9	6.51	4.17	0.08	0.95	9.5	1.0	13.1	1.24
	40-60	5.3	1.4	4.59	4.79	0.08	1.65	5.3	1.3	15.0	0.07
III	0-20	5.9	3.2	9.45	2.29	0.27	0.10	11.2	2.1	17.0	4.14
	20-40	5.8	2.8	8.46	0.10	0.12	0.10	13.4	1.1	5.2	2.69
	40-60	5.7	4.2	5.91	2.50	0.10	0.10	15.8	1.4	4.8	1.38

Fuente: Laboratorio de Suelos. CATIE. 1992.

nota:

a = mg/l

b = meq/100 ml suelo

Cuadro 3. Familias de *Inga spp* y fuentes de origen. Crecimiento libre. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.

Especie	familia	fuentes de origen
<u>densiflora</u>	05	Piedades Norte, San Ramón. Alajuela
<u>densiflora</u>	74	Turrubares. San José
<u>densiflora</u>	75	Bajo Burgos, Puriscal. San José
<u>densiflora</u>	77	Bajo Burgos, Puriscal. San José
<u>densiflora</u>	85	B° Carit, Puriscal. San José
<u>edulis</u>	55	Tinamastes, San Isidro del General. San José
<u>edulis</u>	56	Tinamastes, San Isidro del General. San José
<u>edulis</u>	60	Río Convento, Buenos Aires. Puntarenas
<u>edulis</u>	61	San Vito, Coto Brus. Puntarenas
<u>edulis</u>	100	CATIE, Turrialba. Cartago
<u>spectabilis</u>	18	Palmares, San Isidro del General. San José
<u>spectabilis</u>	49	Tinamastes, San Isidro del General. San José
<u>spectabilis</u>	65	Playa Herradura. Puntarenas
<u>spectabilis</u>	66	Quepos. Puntarenas
<u>spectabilis</u>	99	CATIE, Turrialba. Cartago

Cuadro 4a. Grado de significancia del análisis de varianza para las variables N° de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en tres especies de *Inga spp.* Puente Cajón (CATIE). 1992.

Primera medición (tres meses)

F. de variación	G.L.	ejes	Ht	Db	Dc
Sitio	1	19.90**	1359.81**	0.35**	33.61ns
Bloque	2	33.70**	231.76**	0.110**	530.01**
Especie	2	5.10**	809.27**	0.078**	256.24**
Sitio * especie	2	2.83**	99.08**	0.013ns	5.70ns
Bloque * especie	4	1.06ns	63.01*	0.003ns	11.99ns
Bloque (sitio)	4	0.89ns	55.91*	0.019*	113.65**
Familia (especie)	12	0.48ns	154.57**	0.046**	136.44**
Bloque * especie(sitio)	8	0.29ns	20.22ns	0.004ns	6.52ns
Sitio * familia(especie)	12	0.59ns	18.05ns	0.016ns	4.05ns
Bloque * familia(especie)	24	1.72*	58.55*	0.016ns	47.76ns
Error	86	1.60	47.21	0.017	59.04
Coef. variación		55.83	15.90	13.13	27.45
$r^2$		0.82	0.88	0.86	0.72

nota:

- \* = significancia al 95 %
- \*\* = significancia al 99 %
- ns = no significativo
- ejes = número de ejes
- Ht = altura total
- Db = diámetro basal
- Dc = diámetro de copa

Cuadro 4b. Grado de significancia del análisis de varianza para las variables N° de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en tres especies de *Inga spp.* Puente Cajón (CATIE). 1992.

Segunda medición (seis meses)

F. de variación	G.L.	ejes	Ht	Db	Dc
Sitio	1	32.50**	255.59**	0.820**	1777.78**
Bloque	2	49.22**	1900.52**	0.747**	5073.15**
Especie	2	12.32*	987.83**	0.623**	5032.45**
Sitio * especie	2	21.27**	611.57**	0.141*	266.29*
Bloque * especie	4	8.71*	499.02**	0.049ns	210.52ns
Bloque(sitio)	4	8.43*	242.07**	0.012ns	395.65**
Familia(especie)	12	10.22**	805.41**	0.246*	603.68**
Bloque * especie(sitio)	8	0.62ns	49.13ns	0.028ns	11.16ns
Sitio * familia(especie)	12	0.79ns	27.72ns	0.124*	356.64**
Bloque * familia(especie)	24	26.01**	288.57**	0.070ns	296.90*
Error	86	7.22	217.85	0.072	233.58
Coef. variación		34.95	27.16	13.36	26.86
$r^2$		0.89	0.82	0.93	0.87

nota:

- \* = significancia al 95 %
- \*\* = significancia al 99 %
- ns = no significativo
- ejes = número de ejes
- Ht = altura total
- Db = diámetro basal
- Dc = diámetro de copa

Cuadro 5a. Grado de significancia del análisis de varianza para las variables N° de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en tres especies de *Inga spp.* Finca UNA (San Isidro del General). 1992.

Primera medición (tres meses)

F. de variación	G.L.	ejes	Ht	Db	Dc
Sitio	1	22.19**	1438.15**	0.410**	48.76*
Bloque	2	4.81**	175.07*	0.028*	306.66**
Especie	2	46.30**	2944.68**	0.290**	573.02**
Sitio * especie	2	6.03**	119.82*	0.035*	12.35ns
Bloque * especie	4	2.87**	74.67*	0.028*	38.16*
Bloque (sitio)	4	1.96*	87.65*	0.021*	109.71**
Familia (especie)	12	3.49**	231.02**	0.110**	63.34**
Bloque * especie(sitio)	8	1.01ns	42.03ns	0.006ns	10.54ns
Sitio * familia(especie)	12	1.99*	49.10ns	0.005ns	9.33ns
Bloque * familia(especie)	24	2.28*	55.43ns	0.016ns	58.61*
Error	107	1.127	58.13	0.019	15.51
Coef. variación		55.33	15.90	13.13	27.45
$r^2$		0.82	0.88	0.86	0.72

nota:

- \* = significancia al 95 %
- \*\* = significancia al 99 %
- ns = no significante
- ejes = número de ejes
- Ht = altura total
- Db = diámetro basal
- Dc = diámetro de copa



Cuadro 5b. Grado de significancia del análisis de varianza para las variables N° de ejes, diámetro basal, altura total y diámetro de copa en tres especies de *Inga spp.* Finca UNA (San Isidro del General). 1992.

Segunda medición (seis meses)

F. de variación	G.L.	ejes	Ht	Db	Dc
Sitio	1	24.12**	1532.51**	0.47*	1902.67**
Bloque	2	7.81*	198.67*	0.025ns	92.24*
Especie	2	52.21**	1147.20**	0.819**	1046.22**
Sitio * especie	2	2.48*	92.17ns	0.032ns	294.47*
Bloque * especie	4	3.47*	261.39*	0.153**	26.08ns
Bloque(sitio)	4	13.49**	415.72*	0.002ns	345.56**
Familia (especie)	12	9.68**	375.78*	0.132**	60.09*
Bloq * especie(sitio)	8	0.92ns	71.29ns	0.062*	39.68*
Sitio * famil(esp)	12	1.78ns	60.09ns	0.045*	92.98*
Bloque * familia(especie)	24	8.19*	272.97*	0.058*	59.58*
Error	107	2.17	182.88	0.033	29.18
Coef. variación		25.17	25.14	13.14	8.83
$r^2$		0.89	0.77	0.91	0.96

nota:

- \* = significancia al 95 %
- \*\* = significancia al 99 %
- ns = no significativo
- ejes = número de ejes
- Ht = altura total
- Db = diámetro basal
- Dc = diámetro de copa

Cuadro 6. Promedios por especie de las variables de crecimiento y grados de diferencias significativas, mediante la prueba de Duncan. A los tres y seis meses de medición. *Inga spp.* Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.

Especie	ejes	Db (cm)	Ht (cm)	Dc (cm)
Tres meses				
<u>edulis</u>	1.34a	0.56a	29.86a	17.03a
<u>densiflora</u>	0.52 b	0.47 b	23.67 b	11.88 b
<u>spectabilis</u>	0.83 b	0.48 b	19.54 c	12.06 b
Seis meses				
<u>edulis</u>	1.78a	0.89a	44.82a	30.03a
<u>densiflora</u>	1.07 b	1.72a	31.91 b	17.91 b
<u>spectabilis</u>	1.08 b	0.70a	23.08 c	17.89 b

nota:

Db = diámetro basal

Ht = altura total

Dc = diámetro de copa

letras diferentes entre sí evidencian diferencias significativas.

Cuadro 7. Valores medios por familia de las variables de crecimiento evaluadas en el Ensayo de Crecimiento libre de *Inga spp* en la primera época de medición. Finca UNA (San Isidro del General) y Puente Cajón (CATIE). 1992. (FU) = Finca UNA; (PC) = Puente Cajón.

Especie	Sitio/Familia	Ejes	Db (cm)	Ht (cm)	Dc (cm)
<u>densiflora</u>	(FU)05	0.83	0.49	26.42	11.75
<u>densiflora</u>	(PC)05	0.42	0.33	16.17	10.67
<u>densiflora</u>	(FU)74	1.08	0.64	28.67	13.08
<u>densiflora</u>	(PC)74	0.0	0.45	17.56	14.00
<u>densiflora</u>	(FU)75	0.69	0.60	36.42	16.92
<u>densiflora</u>	(PC)75	0.69	0.60	36.42	16.92
<u>densiflora</u>	(FU)77	0.08	0.38	21.83	8.25
<u>densiflora</u>	(PC)77	0.25	0.32	15.28	8.81
<u>densiflora</u>	(FU)85	0.28	0.47	20.47	9.78
<u>densiflora</u>	(PC)85	0.33	0.36	15.56	10.50
<u>edulis</u>	(FU)55	2.92	0.65	35.67	16.92
<u>edulis</u>	(PC)55	0.22	0.50	27.67	17.56
<u>edulis</u>	(PC)56	0.33	0.45	22.50	14.33
<u>edulis</u>	(FU)56	2.42	0.63	36.75	15.00
<u>edulis</u>	(FU)60	1.08	0.49	32.42	13.67
<u>edulis</u>	(PC)60	0.39	0.35	18.22	11.62
<u>edulis</u>	(FU)61	2.58	0.66	21.83	18.75
<u>edulis</u>	(PC)61	0.78	0.52	15.28	20.42
<u>edulis</u>	(FU)100	1.67	0.81	20.47	18.67
<u>edulis</u>	(PC)100	1.00	0.58	15.56	23.08
<u>spectabilis</u>	(FU)18	0.92	0.53	24.33	10.92
<u>spectabilis</u>	(PC)18	0.56	0.47	22.49	14.69
<u>spectabilis</u>	(FU)49	1.42	0.53	20.25	14.25
<u>spectabilis</u>	(PC)49	0.58	0.50	20.33	17.17
<u>spectabilis</u>	(FU)65	1.25	0.49	20.08	10.17
<u>spectabilis</u>	(PC)65	0.17	0.40	15.67	10.92
<u>spectabilis</u>	(FU)66	1.17	0.49	21.58	9.83
<u>spectabilis</u>	(PC)66	0.50	0.43	13.11	11.75
<u>spectabilis</u>	(FU)99	1.58	0.58	23.00	9.58
<u>spectabilis</u>	(PC)99	0.19	0.39	14.56	11.31

Cuadro 8. Valores medios por familia de las variables de crecimiento evaluadas en el Ensayo de Crecimiento libre de *Inga spp* en la segunda época de medición. Finca UNA (San Isidro del General) y Puente Cajón (CATIE). 1992. (FU) = Finca UNA; (PC) = Puente Cajón; % S = % sobrevivencia.

Especie	Sitio/Familia	% S	Ejes	Db (cm)	Ht (cm)	Dc (cm)
<u>densiflora</u>	(FU)05	92	1.08	0.67	30.72	14.86
<u>densiflora</u>	(PC)05	92	1.42	0.54	25.33	18.44
<u>densiflora</u>	(FU)74	100	1.08	1.30	38.75	16.92
<u>densiflora</u>	(PC)74	92	1.27	0.66	29.92	24.58
<u>densiflora</u>	(FU)75	100	1.17	0.82	42.42	17.00
<u>densiflora</u>	(PC)75	83	1.42	0.98	54.08	34.83
<u>densiflora</u>	(FU)77	75	0.17	0.52	23.58	10.69
<u>densiflora</u>	(PC)77	75	0.56	0.55	26.78	12.56
<u>densiflora</u>	(FU)85	83	0.83	0.62	24.89	11.36
<u>densiflora</u>	(PC)85	83	1.67	0.54	22.61	17.83
<u>edulis</u>	(FU)55	100	1.92	0.98	46.50	21.33
<u>edulis</u>	(PC)55	92	1.25	0.73	34.00	28.50
<u>edulis</u>	(FU)56	100	1.67	0.98	51.42	20.50
<u>edulis</u>	(PC)56	92	2.14	0.91	39.83	41.08
<u>edulis</u>	(FU)60	100	1.50	0.78	44.42	20.33
<u>edulis</u>	(PC)60	92	1.11	0.60	28.22	28.11
<u>edulis</u>	(FU)61	100	2.08	0.90	50.58	20.92
<u>edulis</u>	(PC)61	92	2.64	1.00	45.64	46.47
<u>edulis</u>	(FU)100	100	1.75	1.04	57.50	25.91
<u>edulis</u>	(PC)100	100	1.75	0.93	50.08	47.08
<u>spectabilis</u>	(FU)18	92	1.17	0.80	24.78	16.25
<u>spectabilis</u>	(PC)18	100	1.25	0.65	23.42	18.83
<u>spectabilis</u>	(FU)49	92	1.00	0.80	25.69	15.72
<u>spectabilis</u>	(PC)49	100	2.00	0.81	25.08	24.92
<u>spectabilis</u>	(FU)65	100	0.67	0.71	22.00	13.42
<u>spectabilis</u>	(PC)65	100	1.33	0.54	20.25	25.92
<u>spectabilis</u>	(FU)66	100	0.92	0.70	20.69	12.86
<u>spectabilis</u>	(PC)66	67	1.00	0.59	20.50	19.25
<u>spectabilis</u>	(FU)99	92	0.67	0.79	28.14	15.19
<u>spectabilis</u>	(PC)99	75	0.78	0.61	20.28	16.53

Cuadro 9. Diferencias significativas por familia, según prueba de Duncan, de las tres especies de *Inga spp* con respecto al sitio Puente Cajón (CATIE) y a cada variable de crecimiento evaluada. 1992.

Inga edulis

ejes	Db	Ht	Dc
61a	61a	100ab	100a
100ab	100a	56abc	61ab
56ab	56ab	55abc	56abc
60 bcd	55abcd	61abc	55abcd
55 bcd	60 cde	60 bc	60 cde

Inga densiflora

ejes	Db	Ht	Dc
75abc	75a	75a	75abc
85abcd	74 bcde	74 bc	74 cd
5abcd	85 de	77 bc	5 cd
74 bcd	5 de	5 bc	85 cd
77 cd	77 de	85 bc	77 e

Inga spectabilis

ejes	Db	Ht	Dc
49ab	49abc	18a	49abc
18abcd	18 bcde	49a	65 bc
65 bcd	66 bcde	65a	18 bc
66 bcd	65 cde	66a	66 bc
99 d	99 e	99 b	99 cd

nota: familias con diferentes letras evidencian diferencias significativas.

Cuadro 10. Diferencias significativas por familia, según prueba de Duncan, de las tres especies de *Inga spp* con respecto al sitio Finca UNA (San Isidro del General) y a cada variable de crecimiento evaluada. 1992.

---

<u>Inga edulis</u>			
ejes	Db	Ht	Dc
55a	100ab	56a	100a
61ab	55abc	55ab	61ab
56abc	56abcd	100abc	55 bc
100abcd	61abcd	60abc	56 bcd
60 cde	60 bcdef	61abc	60 bcd
<u>Inga densiflora</u>			
ejes	Db	Ht	Dc
75ab	74a	75abc	75abc
74ab	75 bcde	74abc	74 bcd
5ab	5 def	5abc	5 cde
85 bc	85 ef	77 bc	85 ef
77 c	77 f	85 bc	77 f
<u>Inga spectabilis</u>			
ejes	Db	Ht	Dc
99abc	18abcd	18abc	49abc
49 cd	49abcd	99 bc	18 bcd
18 cd	65abcd	49 bc	65 cde
66 cd	66abcd	66 c	66 de
65 d	99 bcd	65 c	99 e

---

nota: familias con diferentes letras evidencian diferencias significativas.

Cuadro 11. Incremento de las variables de crecimiento entre la primera y segunda medición para tres especies de *Inga spp.* Puente Cajón. CATIE. 1992.

Especie	Familia	ejes	Db (cm)	Ht (cm)	Dc (cm)
<u>densiflora</u>	5	1.00	0.21	9.17	7.78
<u>densiflora</u>	74	1.28	0.21	12.36	10.58
<u>densiflora</u>	75	0.72	0.38	17.67	17.92
<u>densiflora</u>	77	0.31	0.23	11.50	3.75
<u>densiflora</u>	85	1.33	0.18	7.05	7.33
<u>edulis</u>	55	1.03	0.23	6.33	10.94
<u>edulis</u>	56	1.81	0.45	17.33	26.75
<u>edulis</u>	60	0.72	0.26	10.00	16.49
<u>edulis</u>	61	1.86	0.48	30.36	26.06
<u>edulis</u>	100	0.75	0.35	34.53	24.00
<u>spectabilis</u>	18	0.69	0.16	0.92	4.13
<u>spectabilis</u>	49	1.42	0.31	4.75	7.75
<u>spectabilis</u>	65	1.17	0.14	4.58	15.00
<u>spectabilis</u>	66	0.50	0.16	7.39	7.50
<u>spectabilis</u>	99	0.58	0.22	5.72	5.22

nota:

ejes = número de ejes

Db = diámetro basal

Dc = diámetro de copa

Ht = altura total

Cuadro 12. Incremento de las variables de crecimiento entre la primera y segunda medición para tres especies de *Inga spp.* Finca UNA. 1992.

Especie	Familia	ejes	Db (cm)	Ht (cm)	Dc (cm)
<u>densiflora</u>	5	0.25	0.17	4.31	3.11
<u>densiflora</u>	74	0.10	0.66	10.08	3.83
<u>densiflora</u>	75	0.47	0.22	6.00	0.08
<u>densiflora</u>	77	0.08	0.14	1.75	2.44
<u>densiflora</u>	85	0.56	0.15	4.42	1.58
<u>edulis</u>	55	-1.00	0.33	10.83	4.42
<u>edulis</u>	56	-0.75	0.35	14.67	5.50
<u>edulis</u>	60	0.42	0.29	12.00	6.67
<u>edulis</u>	61	-0.50	0.24	28.75	2.17
<u>edulis</u>	100	0.08	0.23	37.03	7.25
<u>spectabilis</u>	18	0.25	0.27	0.44	5.33
<u>spectabilis</u>	49	-0.42	0.27	5.44	1.47
<u>spectabilis</u>	65	-0.58	0.22	1.92	-9.83
<u>spectabilis</u>	66	-0.25	0.20	0.89	3.03
<u>spectabilis</u>	99	-0.91	0.22	5.14	5.61

nota:

ejes = número de ejes

Db = diámetro basal

Dc = diámetro de copa

Ht = altura total



Cuadro 13. Incremento en las variables de crecimiento para las tres especies de *Inga spp.* Finca UNA. San Isidro del General. 1992.

especie	ejes	Db (cm)	Ht (cm)	Dc (cm)
<u>densiflora</u>	0.1611	0.2599	4.9278	2.5778
<u>edulis</u>	-0.3500	0.2877	14.3500	5.2000
<u>spectabilis</u>	-0.3833	0.2335	2.4111	3.7389

nota:

ejes = número de ejes

Db = diámetro basal

Dc = diámetro de copa

Ht = altura total

Cuadro 14. Incremento en las variables de crecimiento para las tres especies de *Inga spp.* Puente Cajón. CATIE. 1992.

Especie	ejes	Db (cm)	Ht (cm)	Dc (cm)
<u>densiflora</u>	0.9278	0.2413	11.5500	9.4722
<u>edulis</u>	1.2334	0.3555	15.5723	20.7889
<u>spectabilis</u>	0.8722	0.2027	4.6778	7.4222

nota:

ejes = número de ejes

Db = diámetro basal

Dc = diámetro de copa

Ht = altura total

Cuadro 15. Correlación de las variables de crecimiento por época y sitio de medición con respecto a las tres especies analizadas. *Inga spp.* 1992.

Epoca	Sitio	Especie	var	ejes	Db	Ht	Dc
1	FU	dens	ejes Db Ht		0.94*	0.88*	0.98* 0.94* 0.93*
1	FU	edul	ejes Db Ht				
1	FU	spec	ejes Db Ht				
1	PC	dens	ejes Db Ht			0.93* 0.87*	0.98**
1	PC	edul	ejes Db Ht				0.96*
1	PC	spec	ejes Db Ht		0.92*		0.96*
2	FU	dens	ejes Db Ht				0.96**
2	FU	edul	ejes Db Ht				
2	FU	spec	ejes Db Ht			0.97*	0.99** 0.95*
2	PC	dens	ejes Db Ht			0.99**	0.94* 0.89*
2	PC	edul	ejes Db Ht		0.91*	0.91*	0.94* 0.89*
2	PC	spec	ejes Db Ht		0.91*	0.92*	0.94* 0.95*

nota:

1 = primera época de medición (tres meses)

2 = segunda época de medición (seis meses)

PC = Puente Cajón. Finca Experimental de CATIE, Turrialba.

FU = Finca UNA. San Isidro del General, Pérez Zeledón.

ejes = número de ejes presentes

Db = diámetro basal

Ht = Altura total

Dc = diámetro de copa

\* = significativo al 95%

\*\* = significativo al 99%

var = variable

Apéndice 1. Descripción botánica de guaba salada o guaba caite (Inga densiflora Benth). (LEON, 1966.)

Nombre científico: Inga densiflora Benth.

Nombre común: guaba salada, guaba caite.

Sinónimos: Inga langlassei Pittier, Inga mollifoliola Pittier, Inga monticola Pittier, Inga sordida Pittier Inga montealegrei Standl.

Arbol: tamaño mediano

Ramificación: ramas cilíndricas, estriadas y prolongadas, densamente amarillo-tomentosas cuando jóvenes y cuando maduras, glabras y lenticeladas.

Hojas: pinnadas simples, con (4-6) pares de hojuelas (generalmente cuatro). De hojuelas asimétricas, oblongas a obovadas; de ápice agudo a acuminado, algunas veces mucronado; de base oblícua, aguda a redondeada, de haz lustroso u opaco, con pubescencia rala; de nerviación inserta y mas pubescentes que el resto de la superficie adaxial; de envés pálido, pubescencia densa a rala, nerviación prominente. El par terminal de elíptico a obovado-elíptico, (2.5-4.0) cm de largo y 1.5 cm de ancho; de peciolulo muy corto, hasta 1 mm de largo. De raquis marginado a levemente alado adaxialmente, cilíndrico abaxialmente, de (5-10) cm de largo, de pubescencia amarillenta, especialmente sobre la nervadura central. De glándulas interfoliolares pateliformes, pediceladas, de (1.5-2.0) mm de diámetro; de peciolo cilíndrico o marginado, de )1-2) cm de largo, densamente amarillo-pubescentes; con pulvínulos cónicos, suculentos y oscuros.

Estípulas: subuladas, de (2-5) mm de largo, estriadas y caducas.

Flores: Inflorescencias axilares (2 a 4); pedúnculo cilíndrico (4 a 6) cm de largo, estriados, pubescentes; raquis corto de (1 a 3) cm de largo; de brácteas linear-lanceoladas, de (3-4) mm de largo, pubescentes y semi-persistentes. De flores congestionadas, sésiles, con cáliz tubular de (2.5-5.0) mm de largo; con pubescencia rala a inexistente adaxialmente; densamente pubescente en la base; corola tubular, ensanchada hacia el apéndice, (6.5-9.0) mm de largo, de pubescencia adpresa; lóbulos agudos hasta de 1 mm de largo, incluso el tubo estaminífero.

Frutos: legumbre plana, oblonga, de (8-22) cm de largo y (3-8 cm) de ancho; finamente pubescente cuando joven y glabra cuando madura; transversalmente estriada y de bordes gruesos.

Semillas: de color verde claro brillante.

Apéndice 2. Descripción botánica de guaba chilillo o mecate (Inga edulis Mart).  
(LEON, 1966.)

Nombre científico: Inga edulis Mart.

Nombres comunes: guamo bejuco, guaba chilillo, guamá, guaba mecate, guamo santafereño, rabo de mono, cuajinicuil, guajiniquil.

Sinónimos: Mimosa ynga Vell., Inga vera H.B.K., Inga ynga (Vell).

Arbol: de hasta 15 m de altura.

Ramificación: ramas cilíndricas o anguladas, densamente tomentosas.

Hojas: con 4-6 (generalmente 5) pares de hojuelas, pinna-das simples, subcartáceas, oblongas a lanceoladas; de ápice agudo, angostamente acuminado a mucronado; de base redondeada; con pubescencia velutina a vilosa en la parte adaxial; de nervadura delgada, prominente y algo pubescente. De envés pálido, pubescencia rala y nervios prominentes. El par de hojuelas terminal es de angostamente elíptico a rómbico, de (8-18) cm de largo y de (3-8) cm de ancho. El par basal es lanceolado, de (3-7) cm de largo y (2-4) cm ancho; de peciolulo cónico, de (1-2) mm de largo, densamente pubescente; raquis alado, (6-14) cm de largo, de alas cuneadas; de glándulas interfoliolares entre pateliforme a crateriforme, de bordes suculentos, ovaladas y pediceladas; peciolo cilíndrico, de (2-6) cm largo, densamente tomentoso; de sección pulvinar gruesa

Estípulas: anchamente ovadas, arriba de 3 mm de largo, pubescentes y caducas.

Flores: Inflorescencias (1-6), en panículas axilares, de pedúnculos cilíndricos o angulados, algo delgados, (2-6) cm de largo, estriados, tomentosos; raquis de (3-4) cm de largo; de brácteas lanceoladas, (4-6) cm de largo caducas. Flores sésiles, distantes en la parte baja del raquis, congestionadas arriba; caliz tubular, (7-9) mm de largo, cenizo-pubescente; de corola tubular, (14-20) mm de largo, de pubescencia adpresa; con lóbulos agudos, (2-5) mm largo, delgados; tubo estaminal exserto; filamentos polínicos de (2-3) mm de largo; ovario oblongo glabro.

Fruto: legumbre profundamente sulcada longitudinalmente, tomentosa, indehiscente, de hasta mas de 120 cm de largo.

Semillas: de color amarillo, lila y combinación de éstos; son vivíparas es decir, que inician su desarrollo dentro del fruto aún cerrado. (HOLDRIDGE y POVEDA, 1975; LEON, 1966.)

Apéndice 3. Descripción botánica de guaba machete o guaba de costa (Inga spectabilis (Vahl) Willd). (LEON, 1966.)

Nombre científico: Inga spectabilis (Vahl) Willd

Nombres comunes: guaba real, guaba de costa, guaba caite,  
guaba machete

Sinónimos: Mimosa spectabilis Vahl, Inga fulgens Kunth, Inga lucida H.B.K.,  
Feuilleea spectabilis (Vahl) O. Ktze, Inga smithii. LEON, 1966.

Arbol: sobrepasa los 12 metros, de copa amplia.

Ramificación: ramas glabras, anguladas y lenticeladas.

Hojas: con (2-3) pares de hojuelas, elípticas a obovadas, coriáceas; de ápice redondeado a mucronado; de base asimétrica, obtusa a cordada; haz de color verde oscuro, glabro, lustroso y de nerviación fuertemente impresa; envés pálido, escasamente pubescente, con nerviación principal prominente y pubescente. El par de hojuelas terminal de (19-28) cm de largo y (8-15) cm de ancho; el par basal mide (10-16) cm de largo y (5-9) cm de ancho; de peciolulos cónicos, de (3-5) mm de largo, pubescentes; raquis cilíndrico a alado, sobrepasa los 11 cm de largo, pubescente o lenticelado, de alado cuneado distal, de 12 mm de ancho; de glándulas interfoliolares subpateliforme, pediceladas, de (2-3) mm de diámetro. De peciolo robusto, sub-cilíndrico, algunas veces alado, de (6-15) mm de largo, pubescente.

Estípulas: linear-lanceoladas a agudas, de (6-9) mm de largo y casi 4 mm de ancho, subpersistentes.

Flores: Inflorescencias en panículas terminales, solitarias y axilares; pedúnculos angulados, (3-8) cm de largo, estriados, pubescentes; raquis (1-5) cm de largo; de brácteas foliares basales cordadas, de (8-14) mm de largo y (6-11) mm de ancho, tomentosa y subpersistente; las brácteas foliares terminales elípticas, de (8-10) mm de largo y (3-5) mm de ancho, densamente tomentosas. Flores congestionadas, sésiles; de cáliz tubular, fisurado a un lado, (8-9) mm de largo, densamente pubescente; corola tubular, de (18-24) mm de largo, tomentosa; lóbulos amplios; tubos estaminales erectos, de filamentos de mas de 4 mm de largo.

Fruto: Legumbre plana, oblonga, leñosa, rectas o levemente curveada, hasta de 70 cm de largo, 8 cm de ancho y hasta de 3 cm de espesor; glabras, de márgenes no elevados.

Semillas: grandes, aplanadas y de color café oscuro.



Figura 1. Inga densiflora Benth

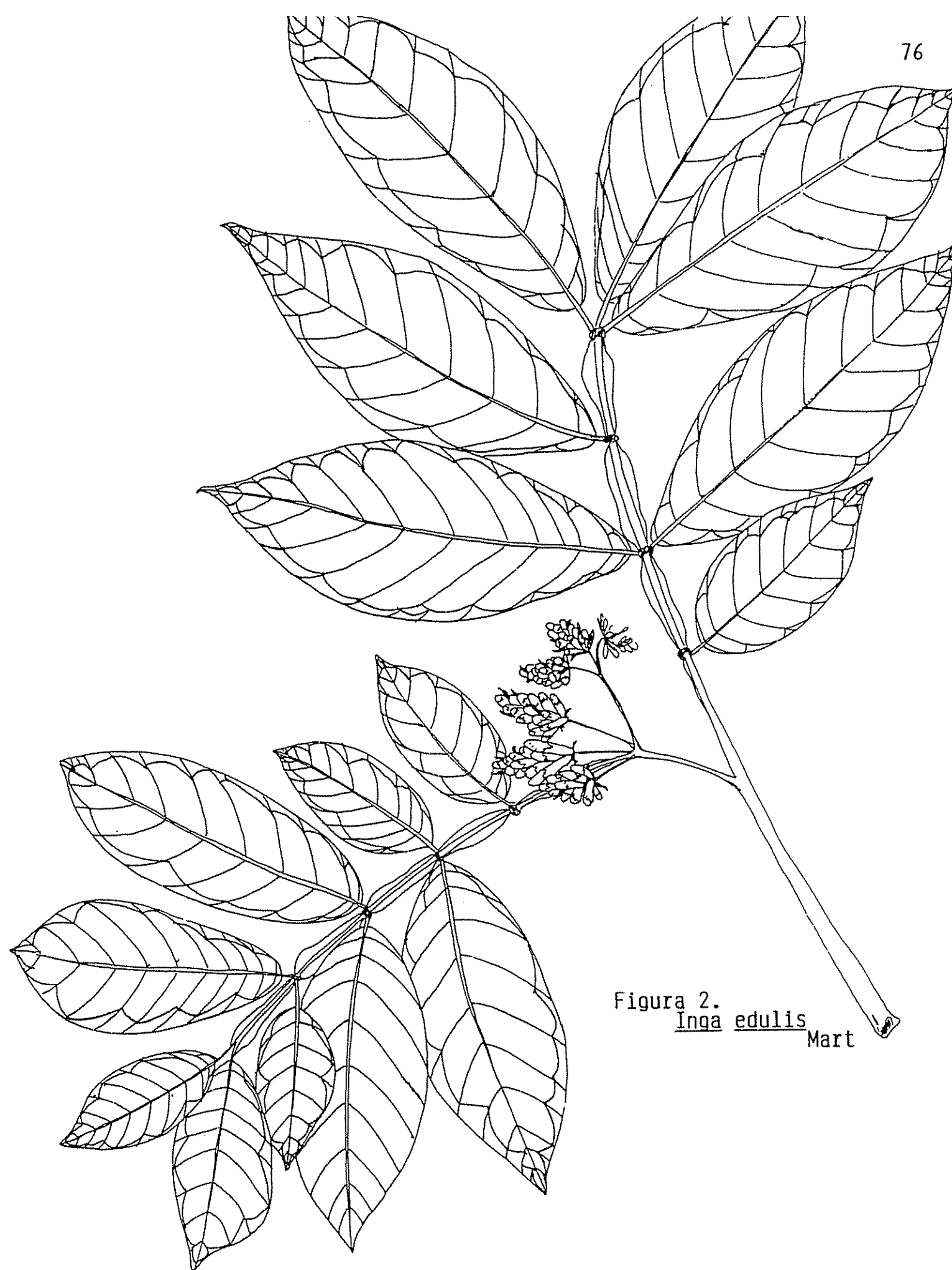


Figura 2.  
Inga edulis  
Mart



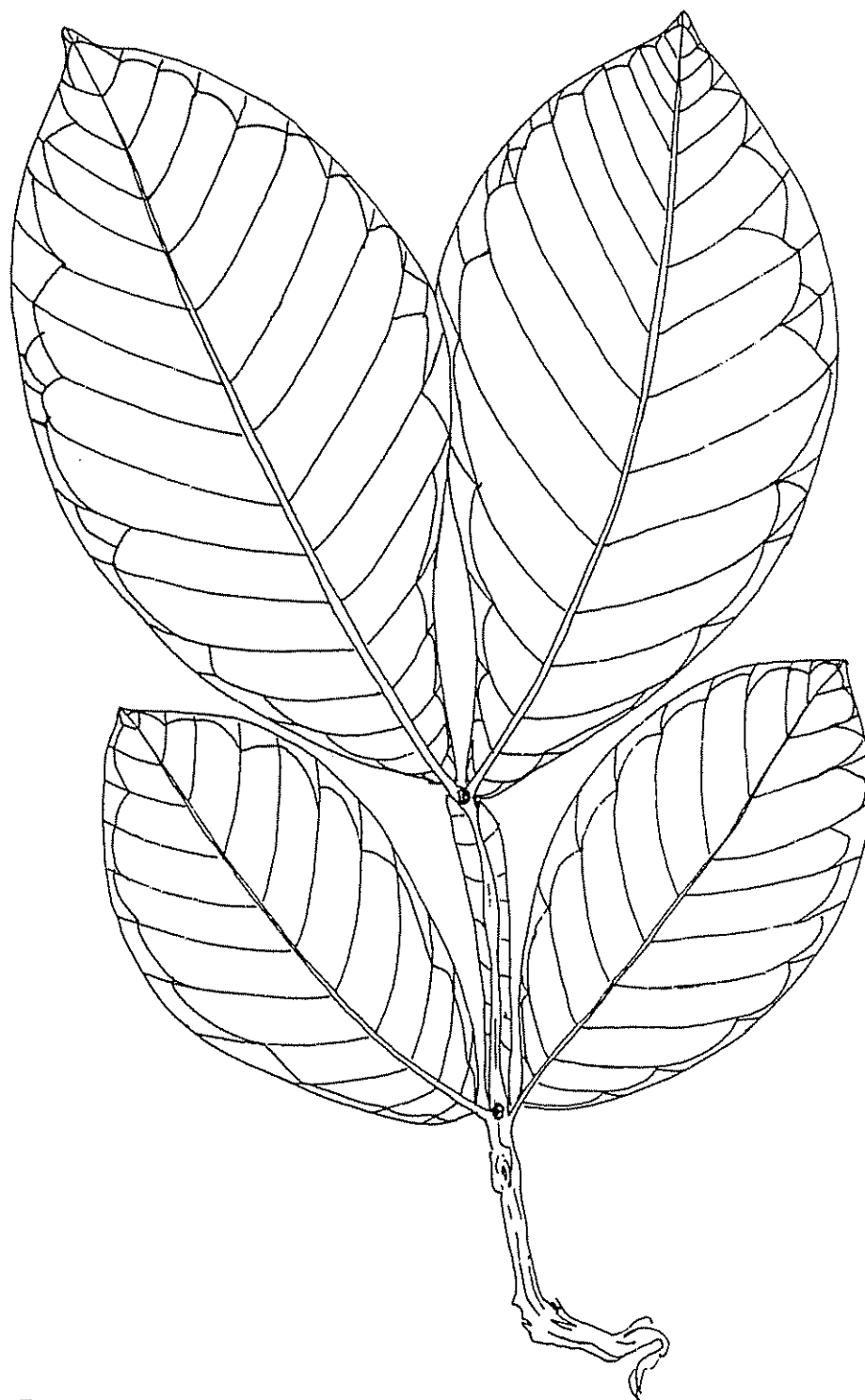


Figura 3. Inga spectabilis (Vahl) Willd.

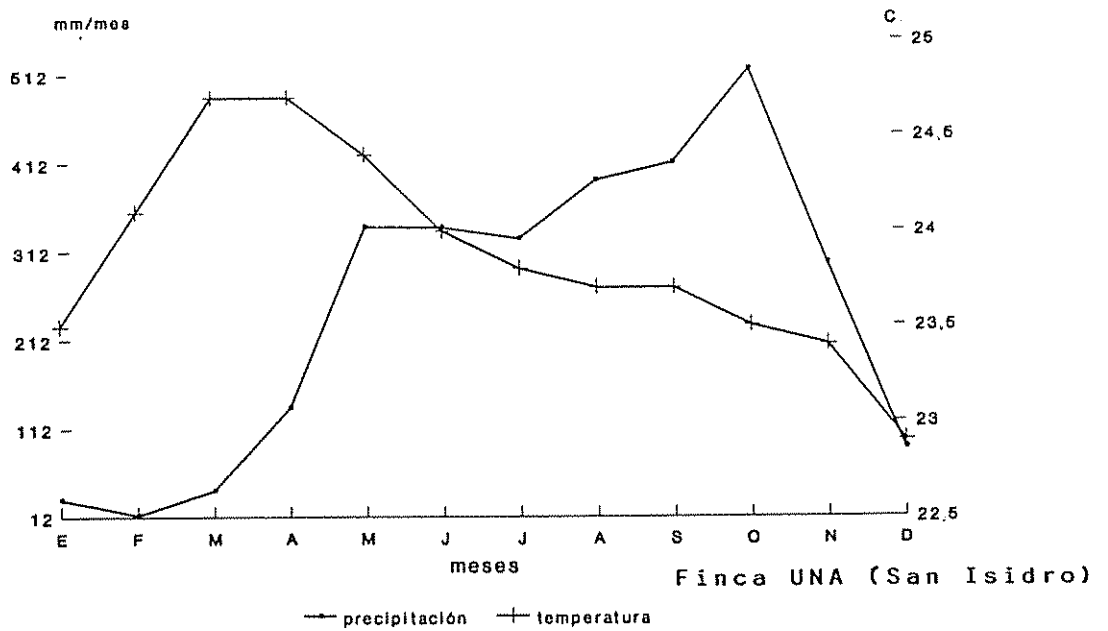
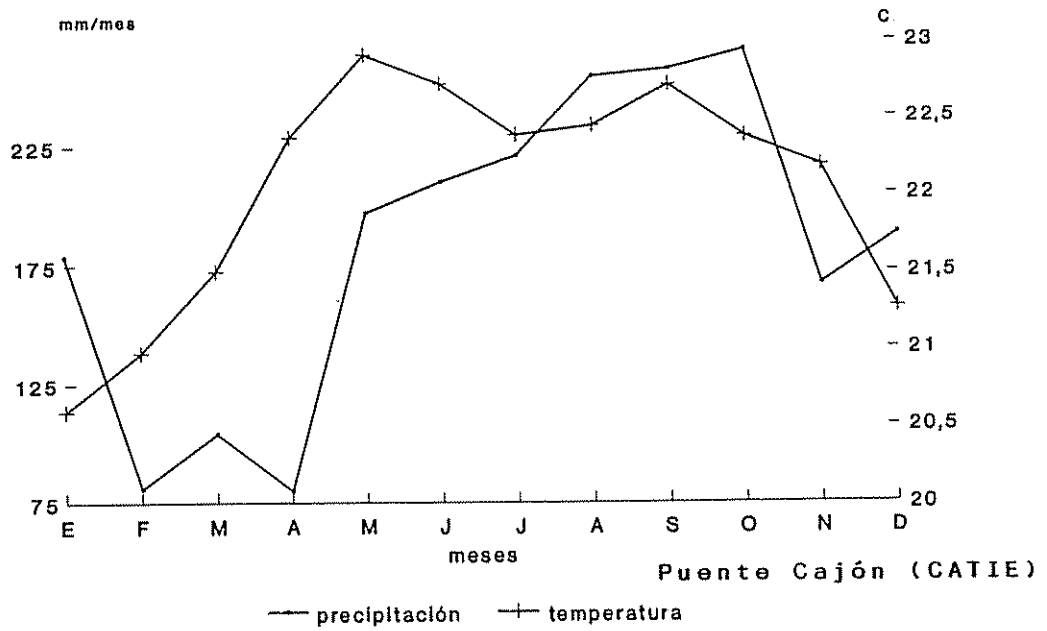


Figura 4. Climodiagramas. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

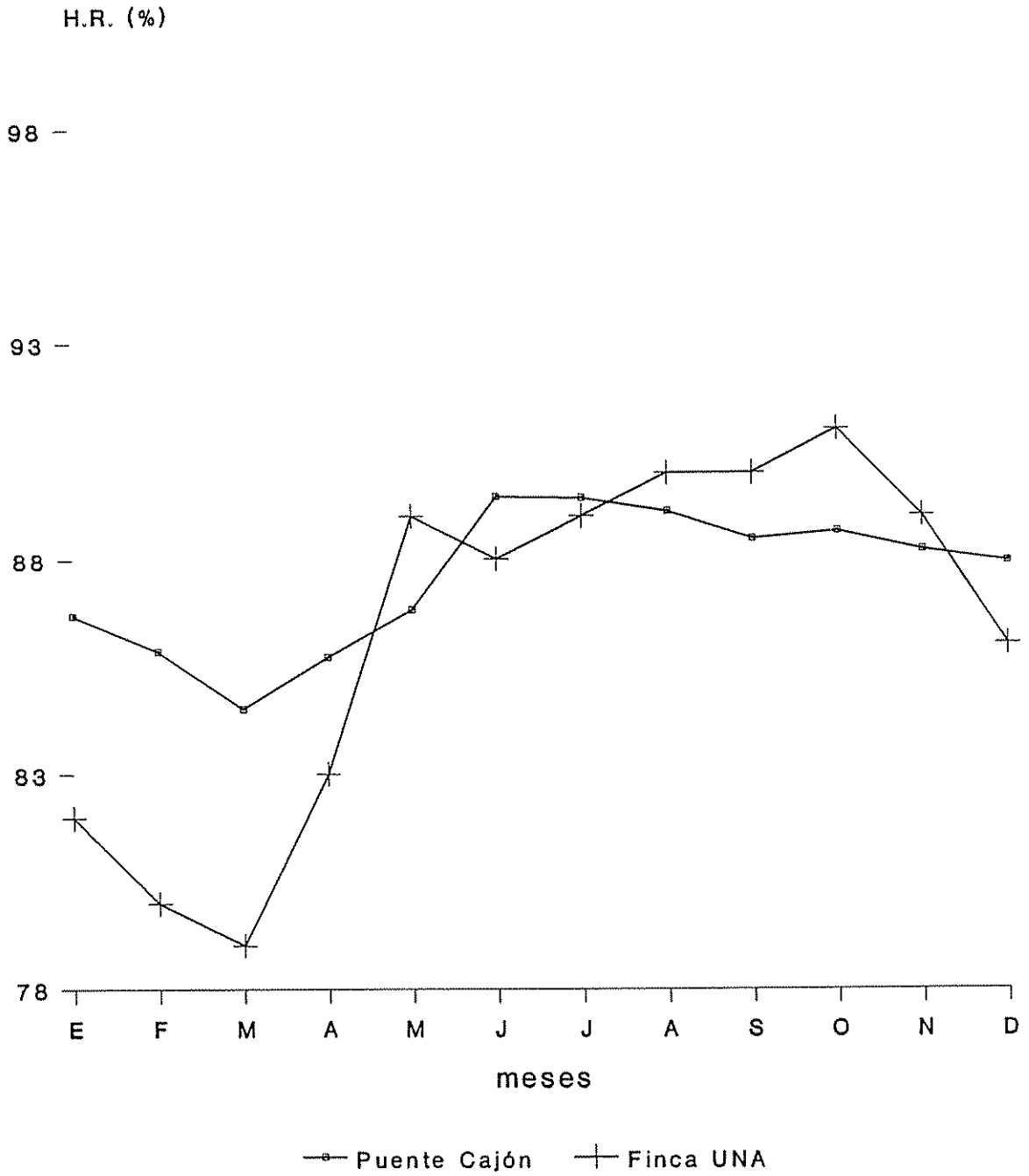


Figura 5. Humedad relativa media mensual.  
Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

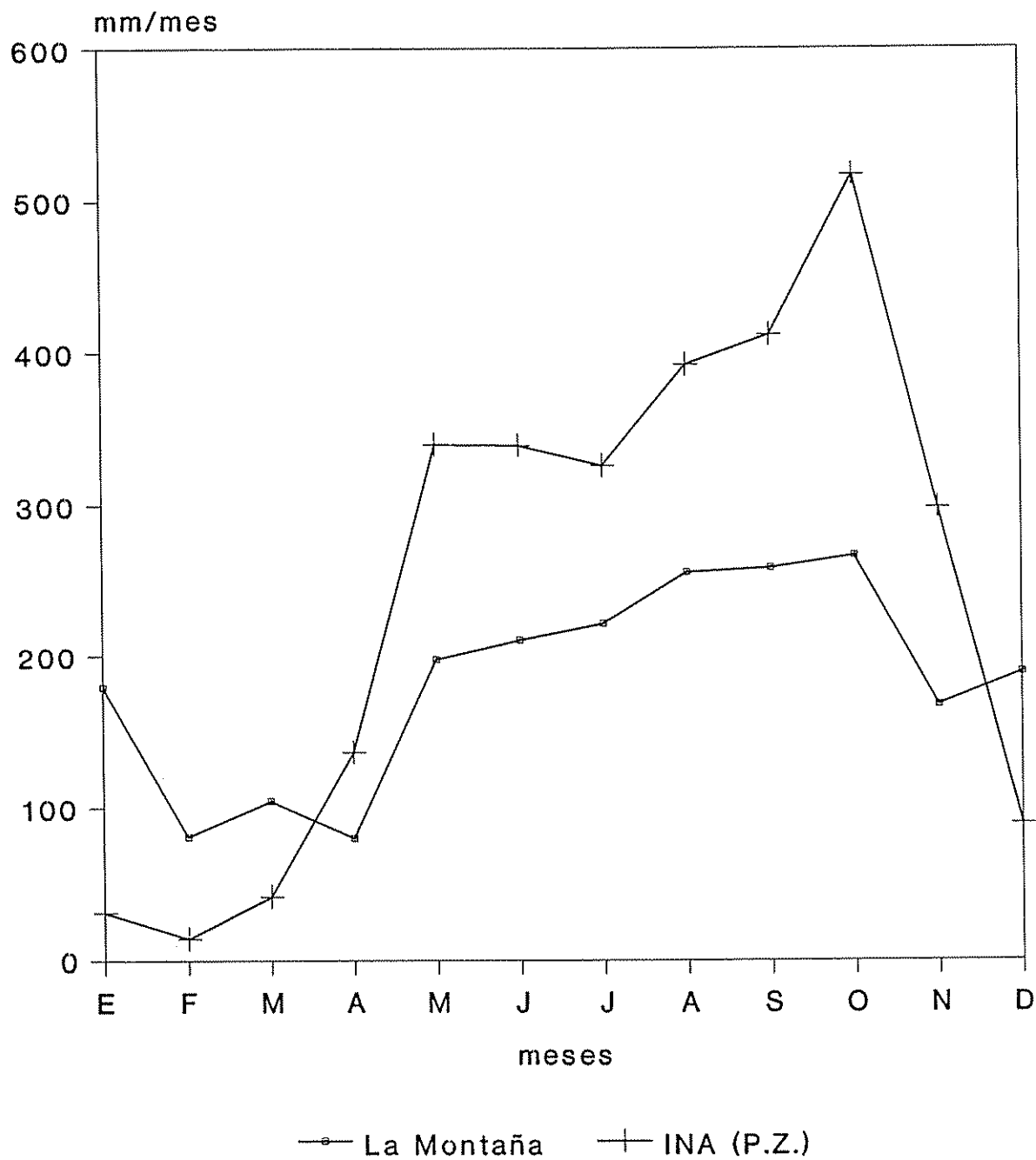


Figura 6. Comparación de la precipitación media anual. Puente Cajón y Finca UNA. Estaciones metereológicas: INA (P.Z.) y La Montaña (CATIE). 1992.

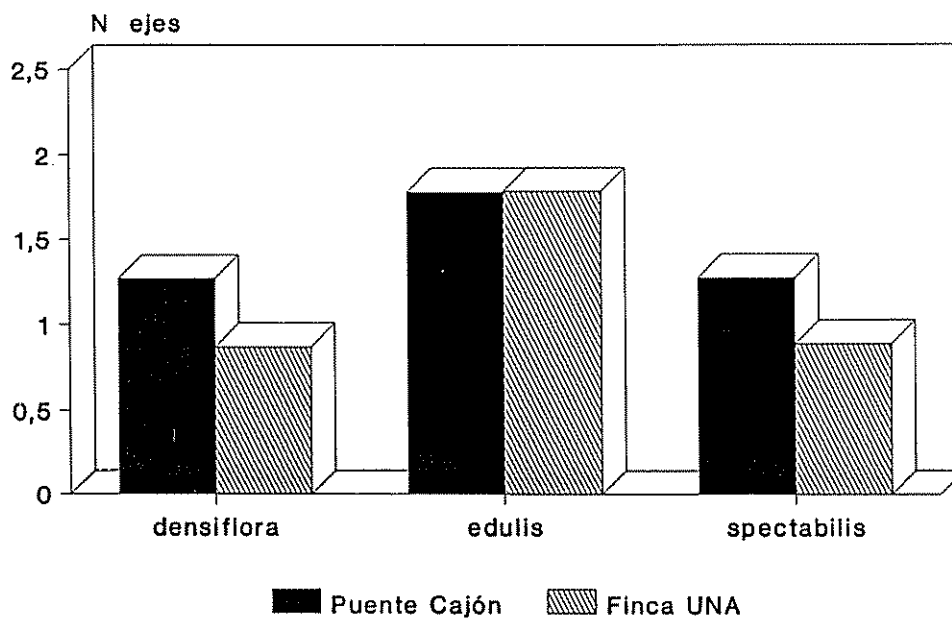
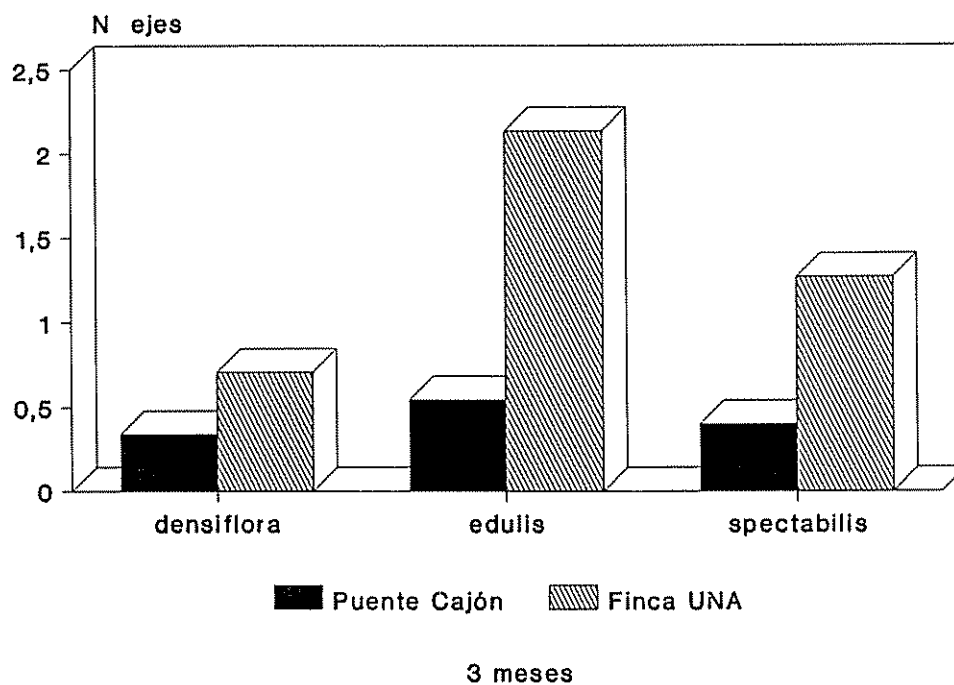


Figura 7. Nº de ejes promedio. *Inga* spp. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.

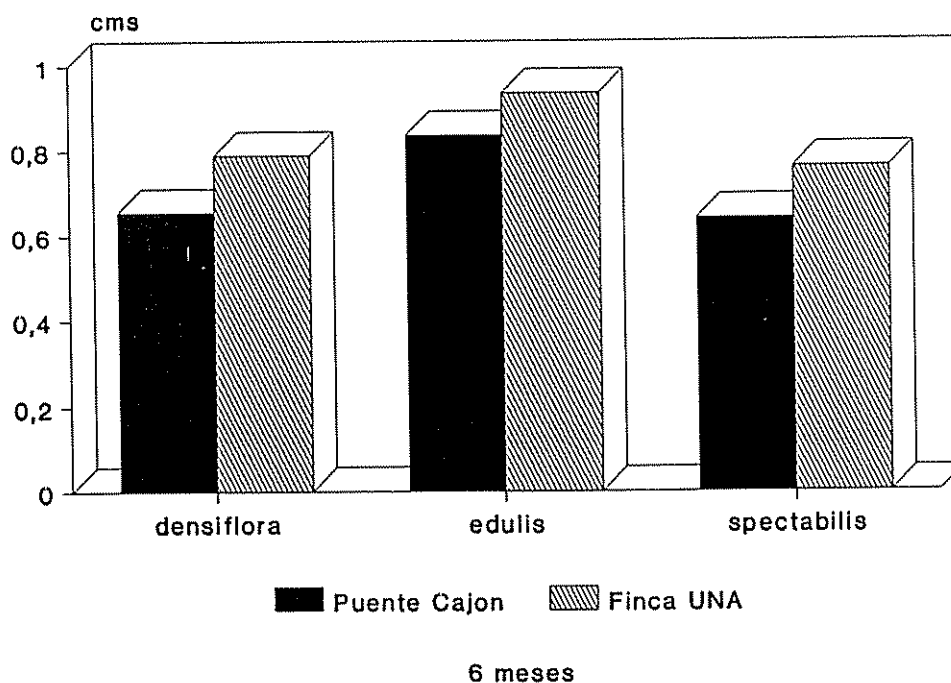
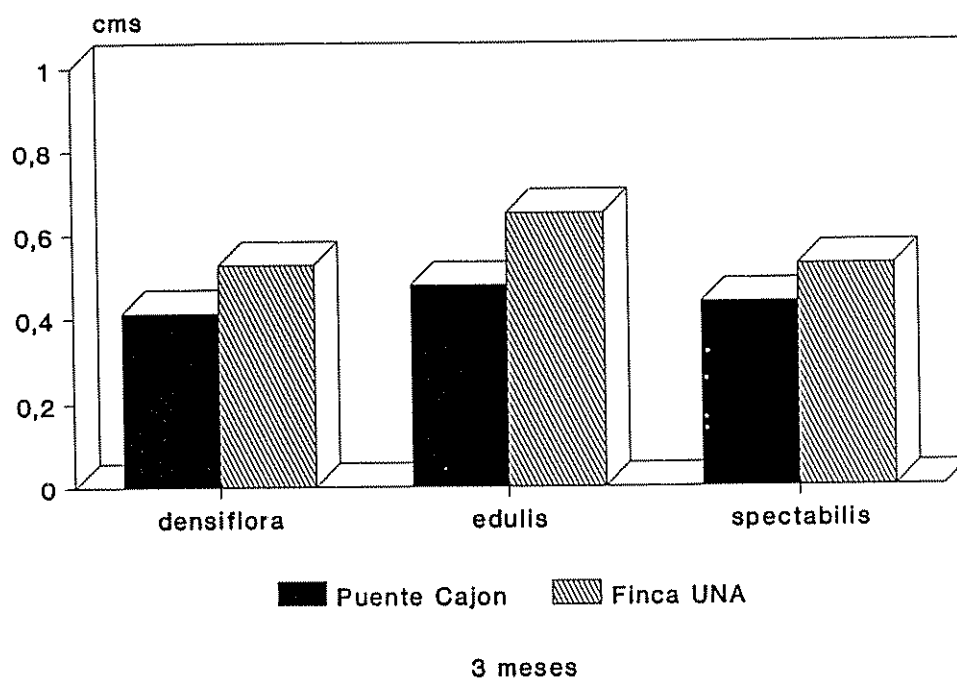


Figura 8. Diámetro basal promedio. *Inga* spp. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.

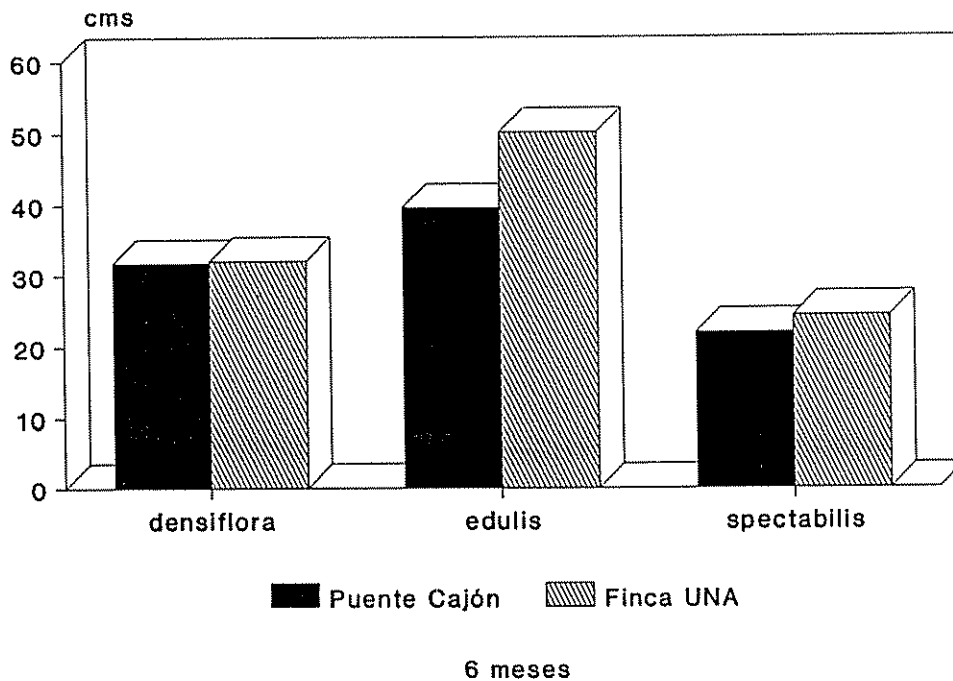
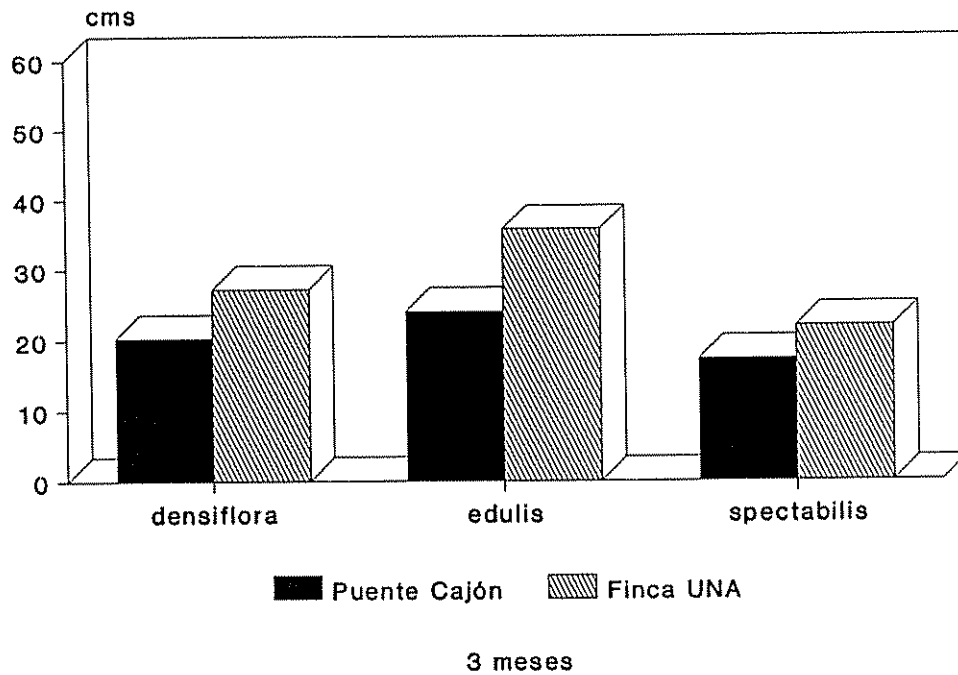


Figura 9. Altura total promedio. *Inga* spp. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA (San Isidro del General). 1992.

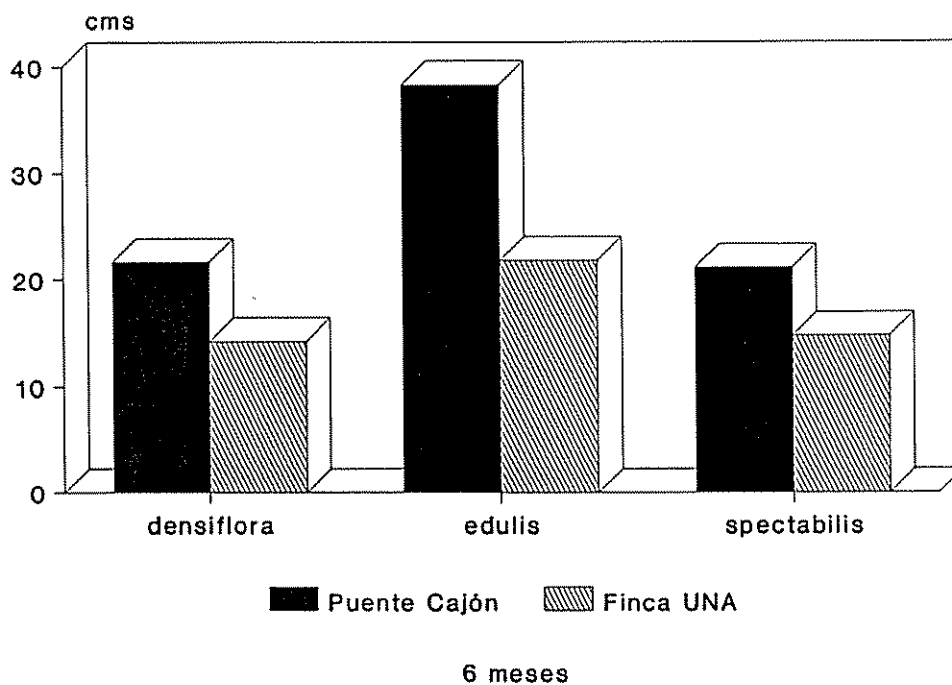
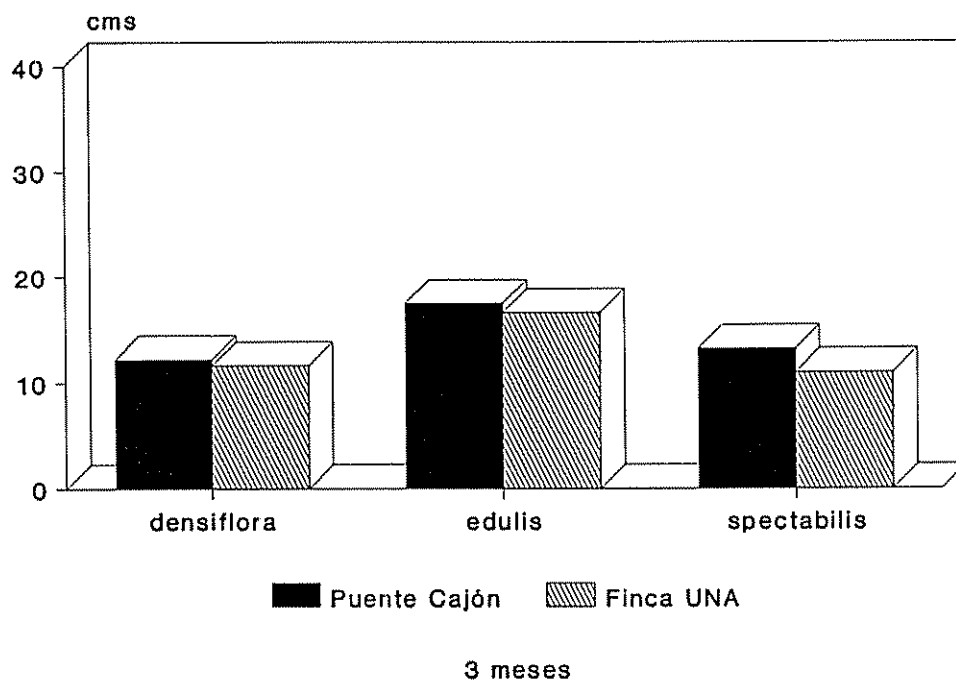


Figura 10. Diámetro de copa promedio. *Inga* spp. Puente Cajón (CATIE) y Finca UNA



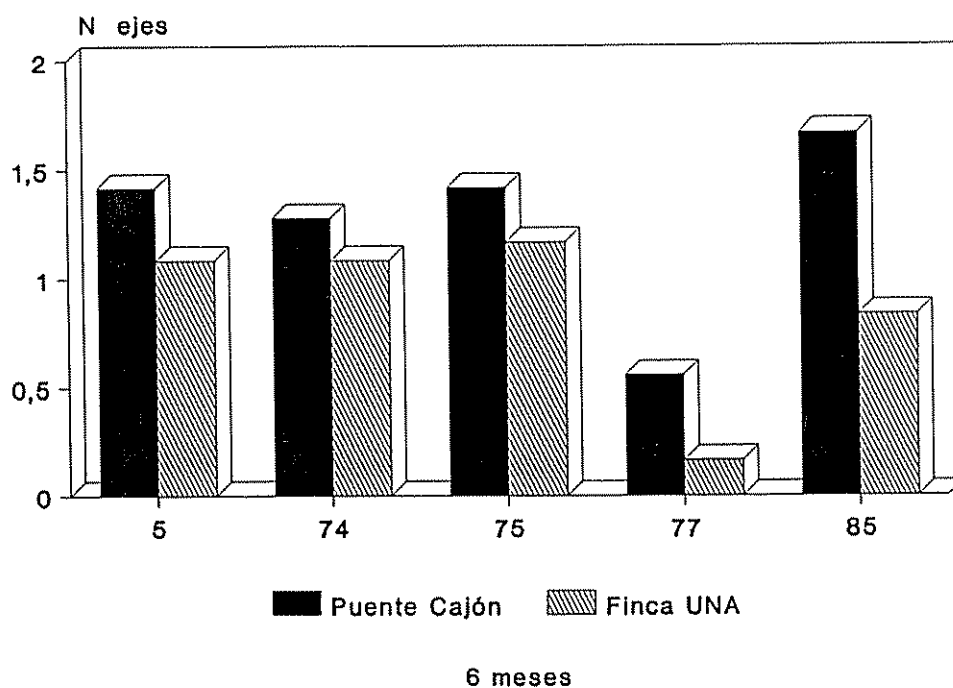
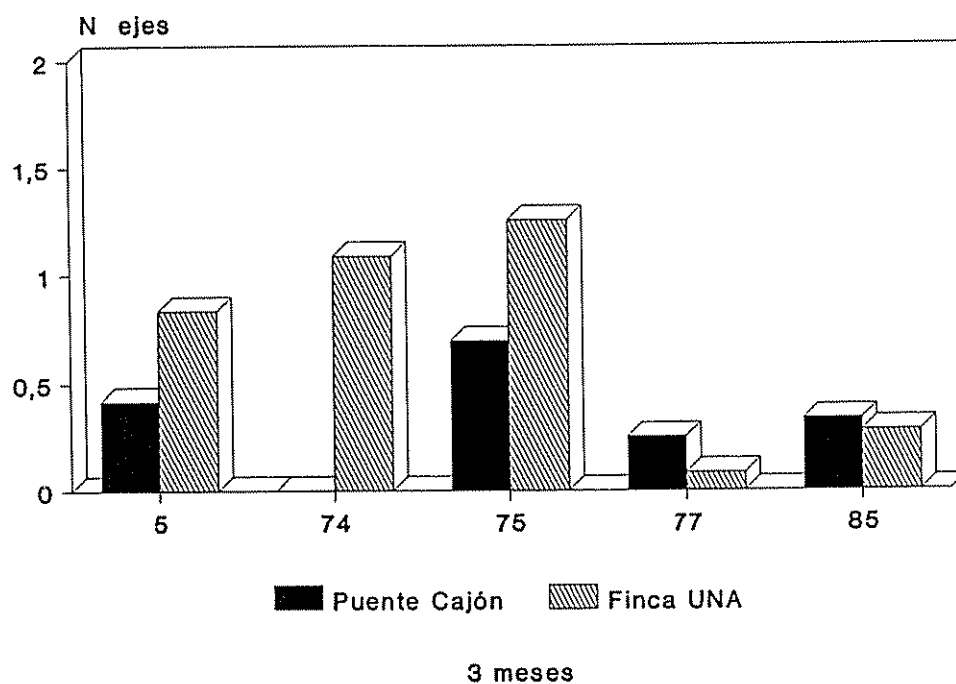


Figura 11. Nº de ejes promedio. *Inga densiflora* Benth. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

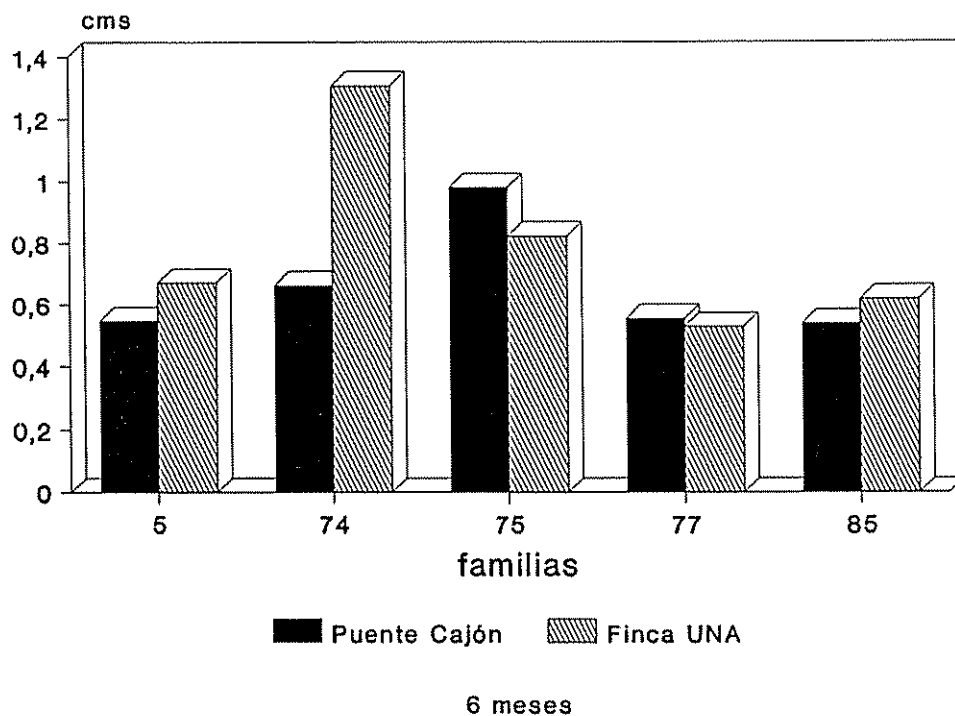
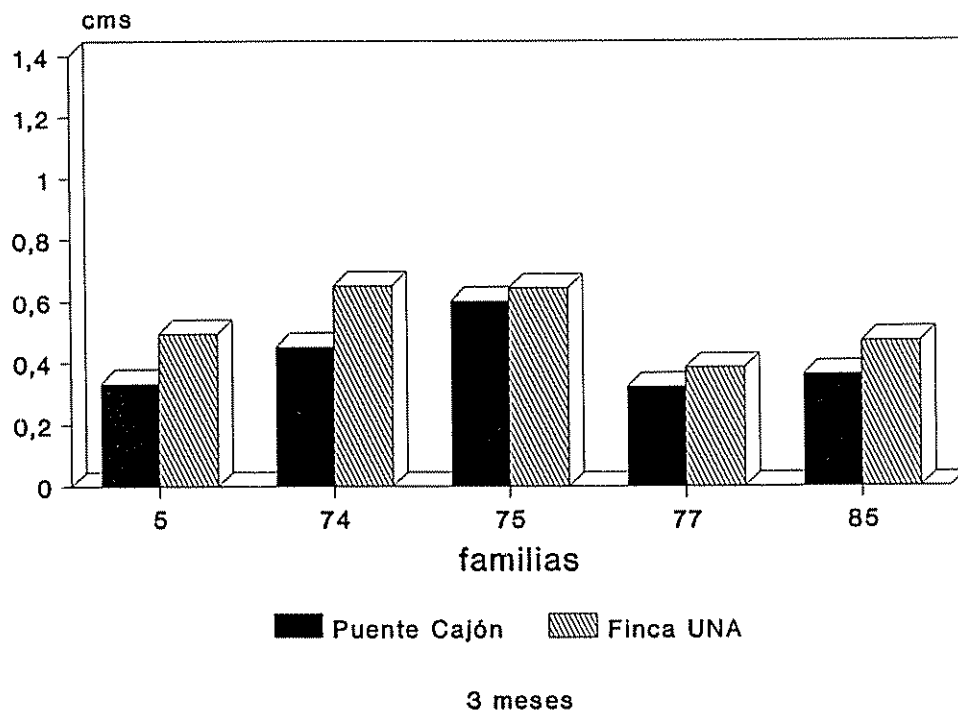


Figura 12. Diámetro basal promedio. *Inga densiflora* Benth. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

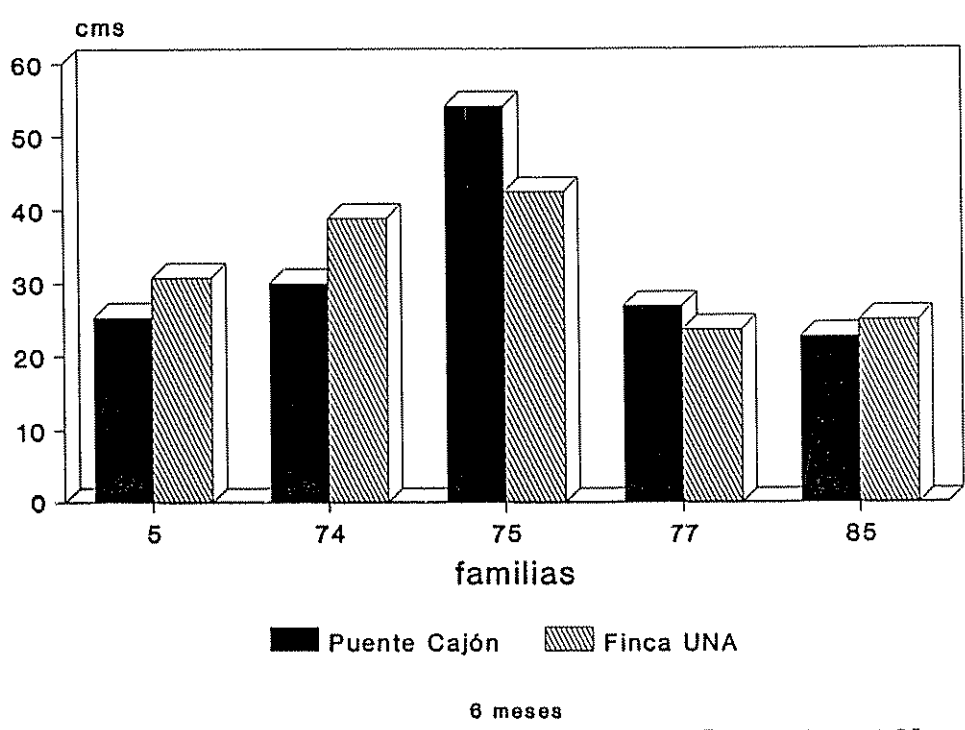
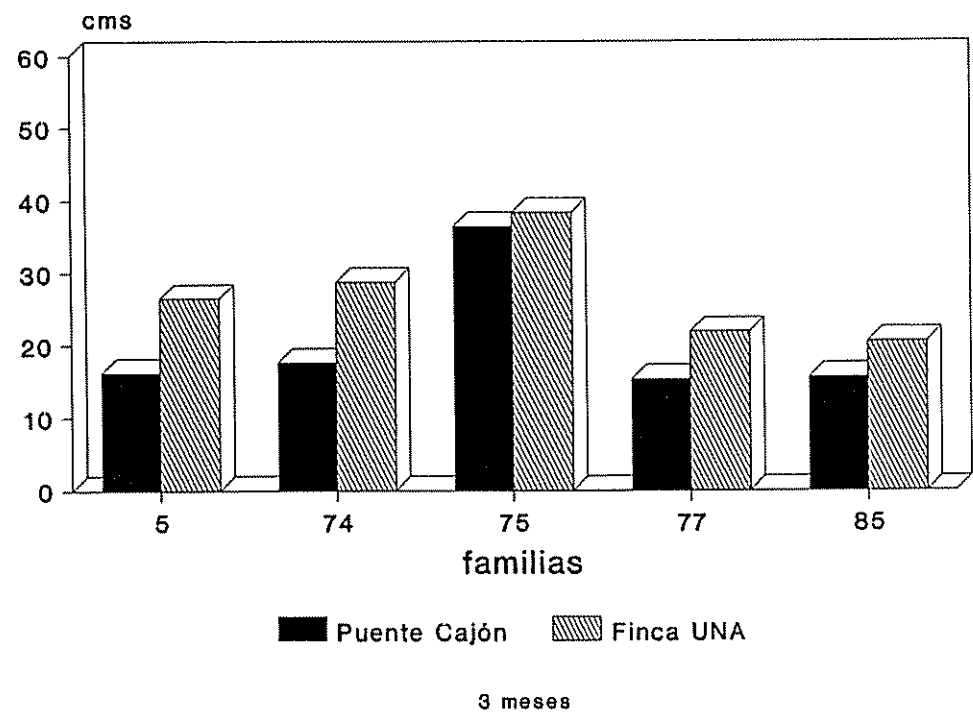


Figura 13. Altura total promedio. *Inga densiflora* Benth. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

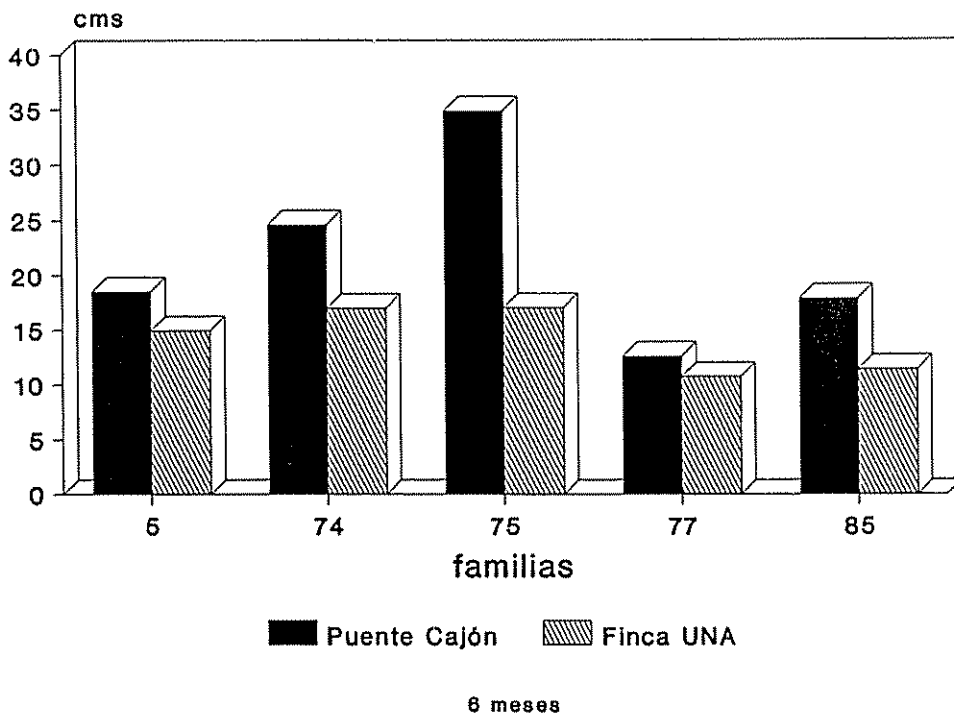
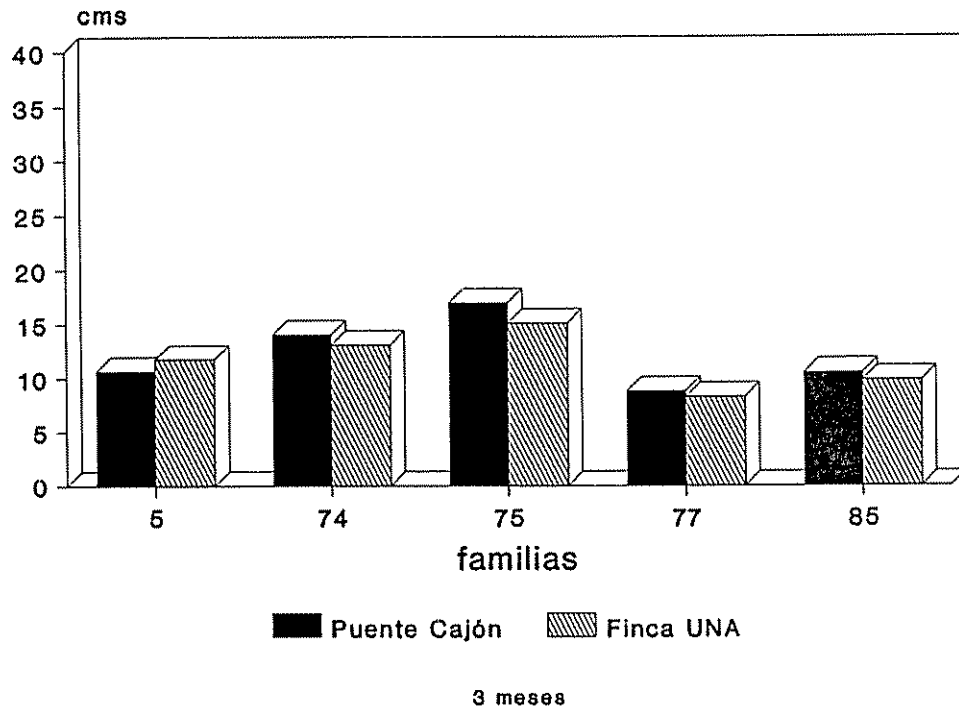


Figura 14. Diámetro de copa promedio.  
*Inga densiflora* Benth. Puente Cajón  
y Finca UNA. 1992.

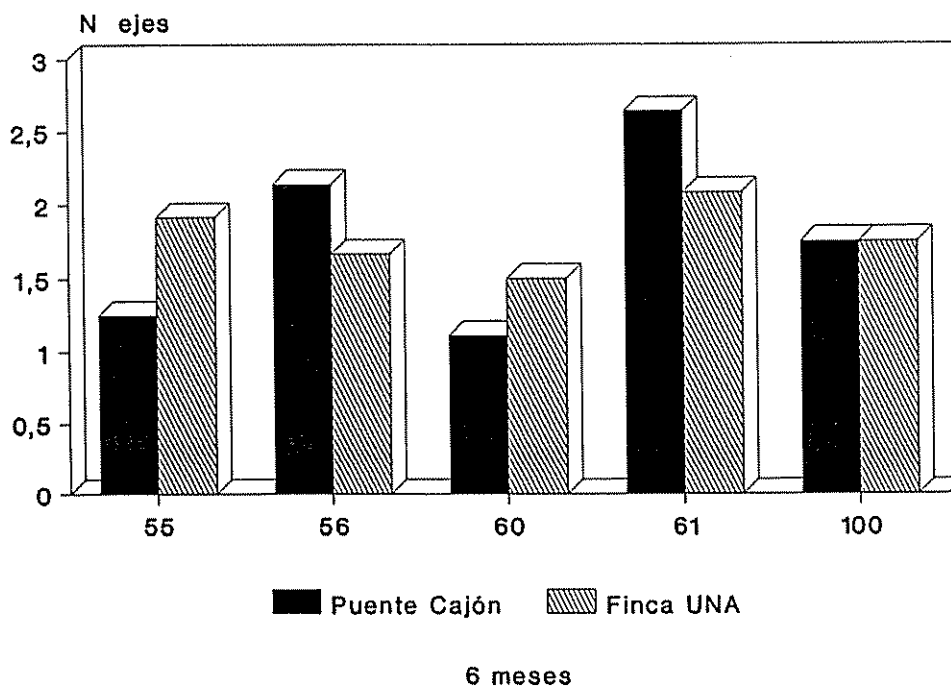
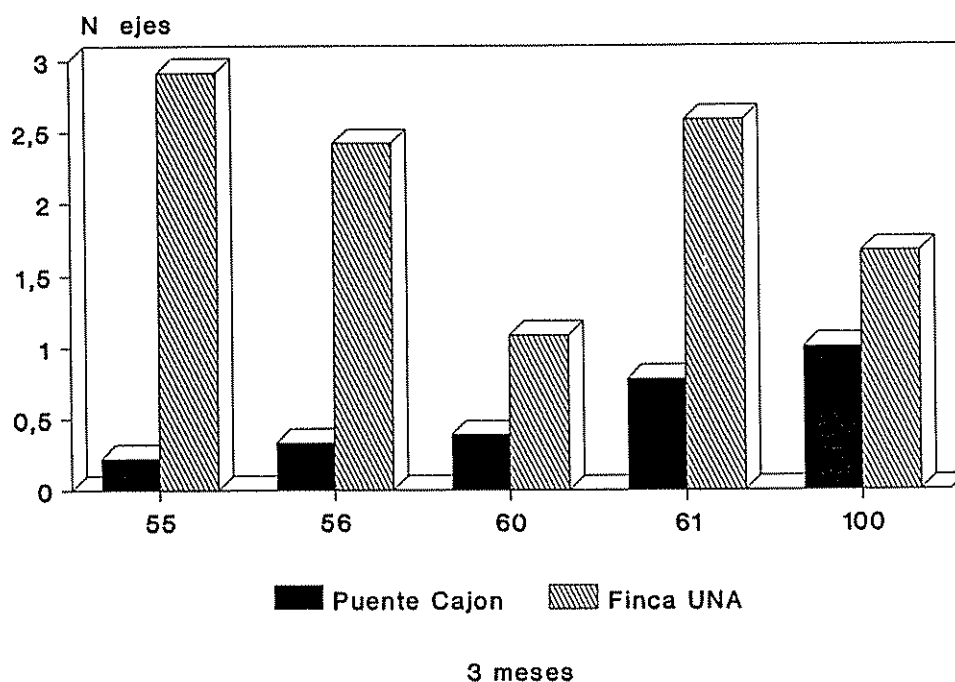


Figura 15. Nº de ejes promedio. *Inga edulis* Mart. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

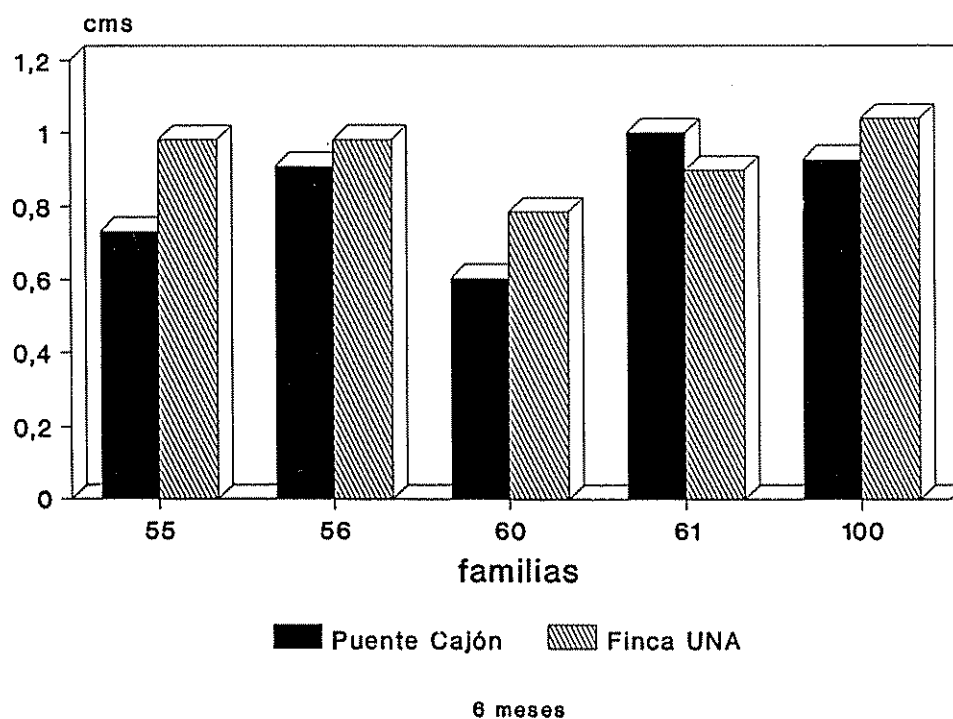
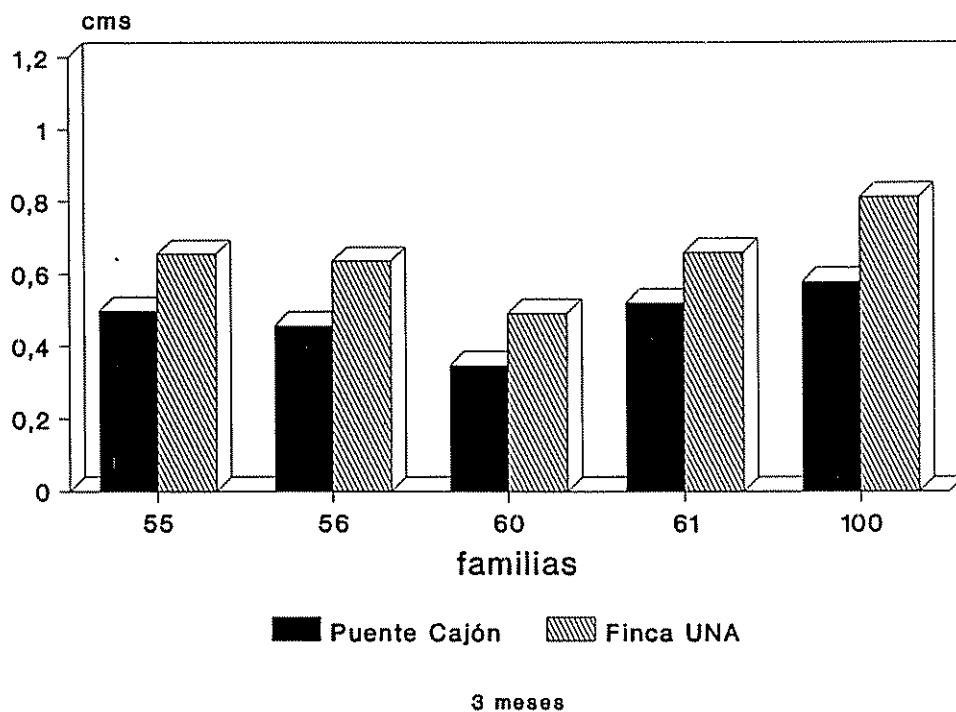


Figura 16. Diámetro basal promedio. *Inga edulis* Mart. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

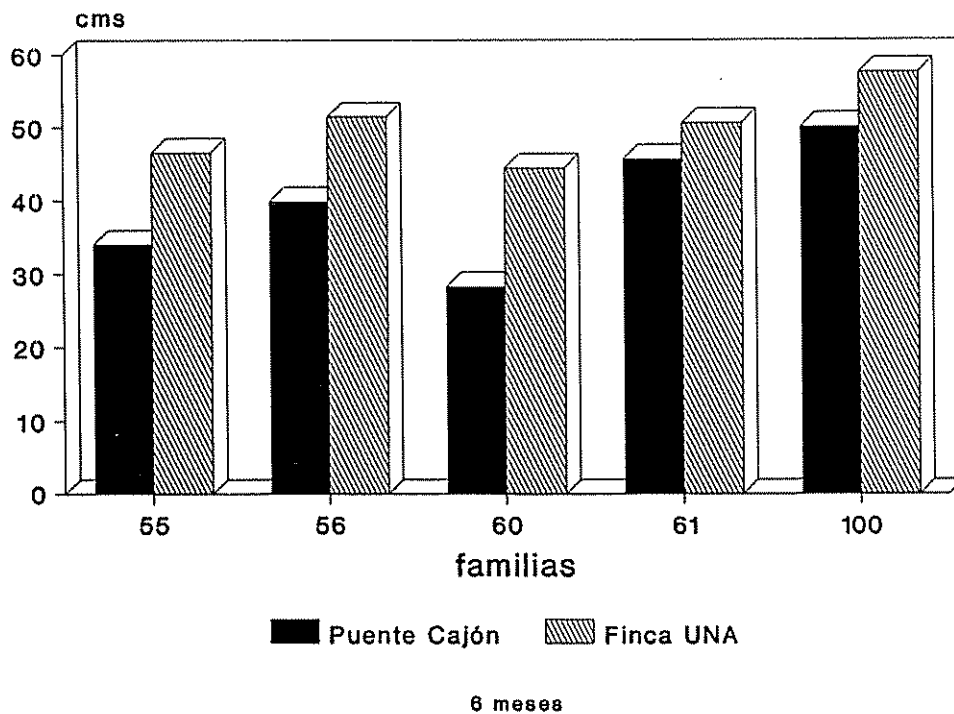
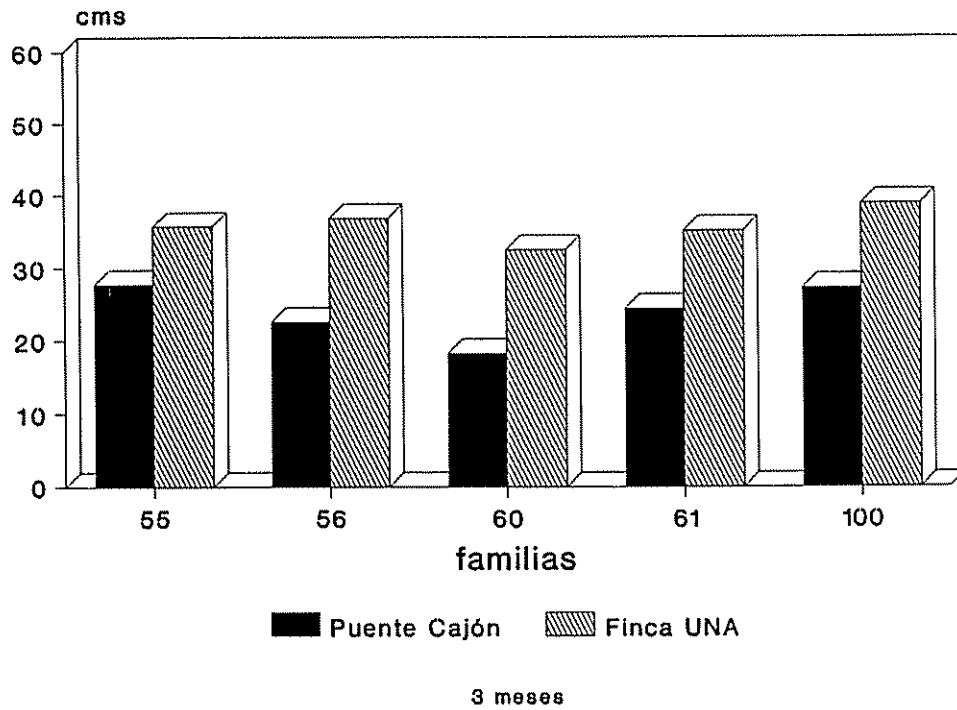


Figura 17. Altura total promedio. *Inga edulis* Mart. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

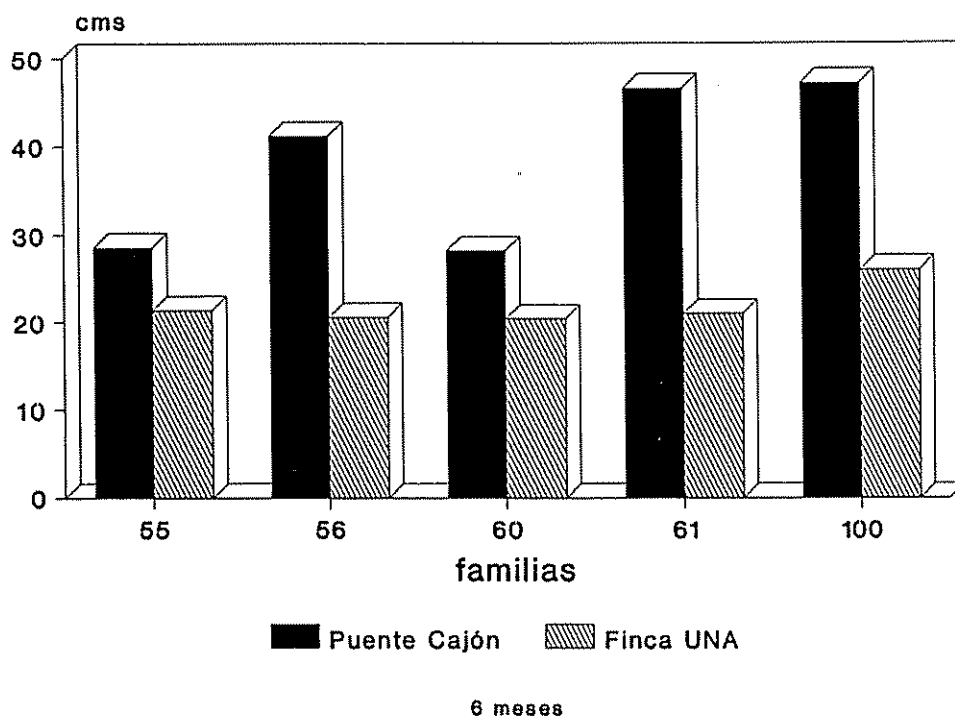
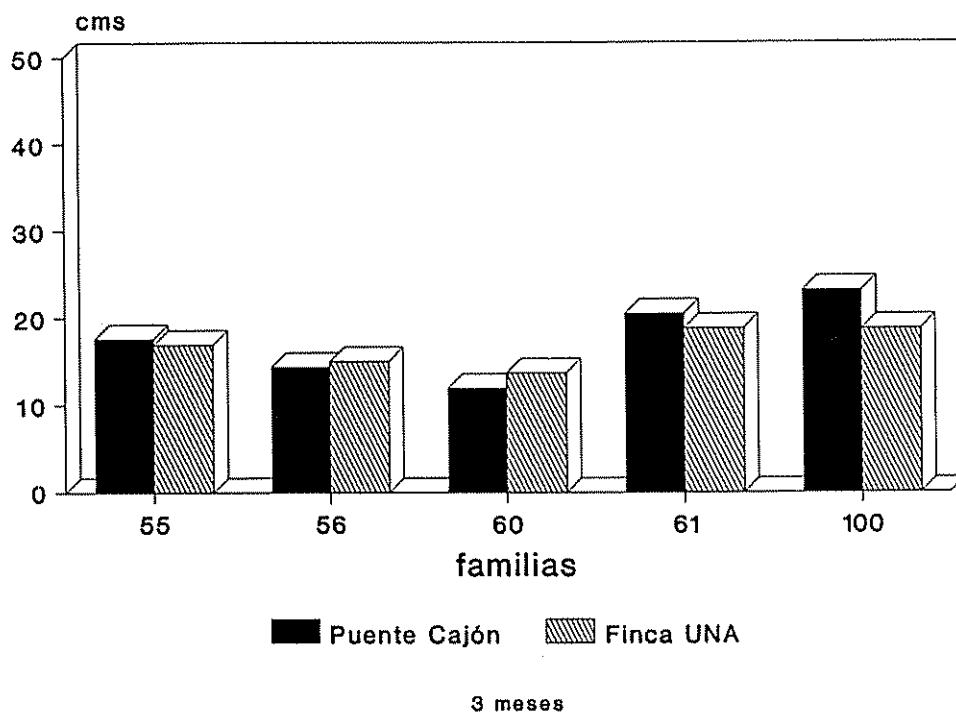


Figura 18. Diámetro de copa promedio. *Inga edulis* Mart. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.



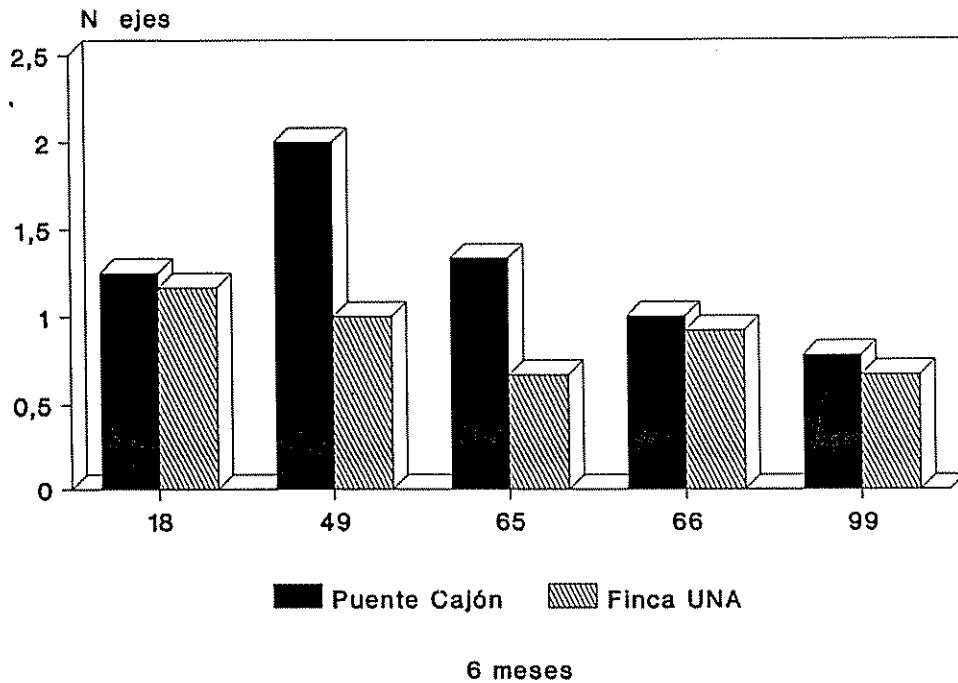
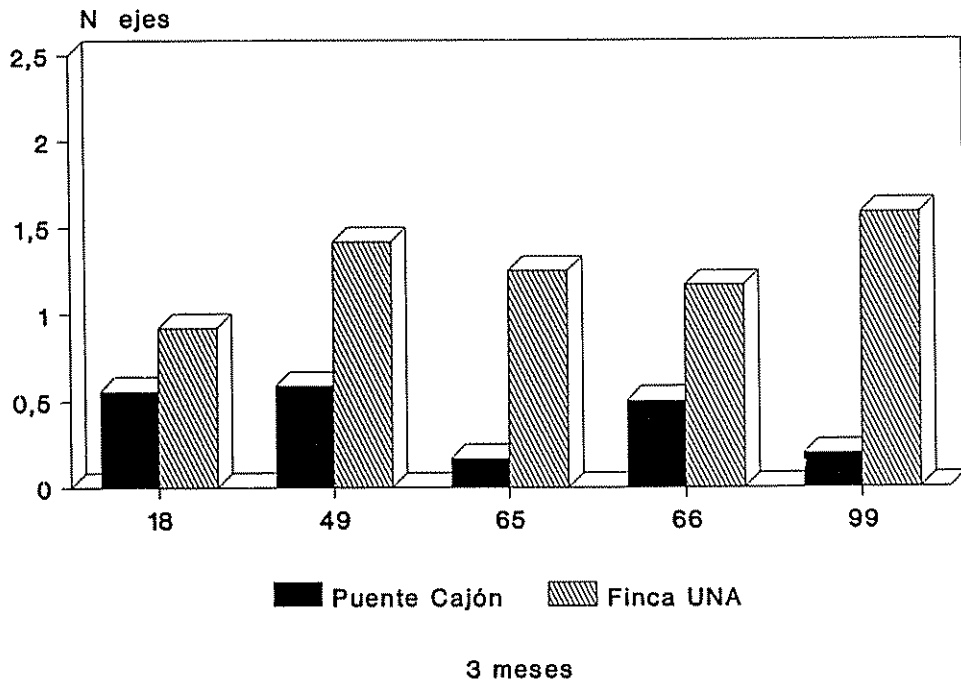


Figura 19. N° de ejes promedio. *Inga spectabilis* (Vahl) Willd. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

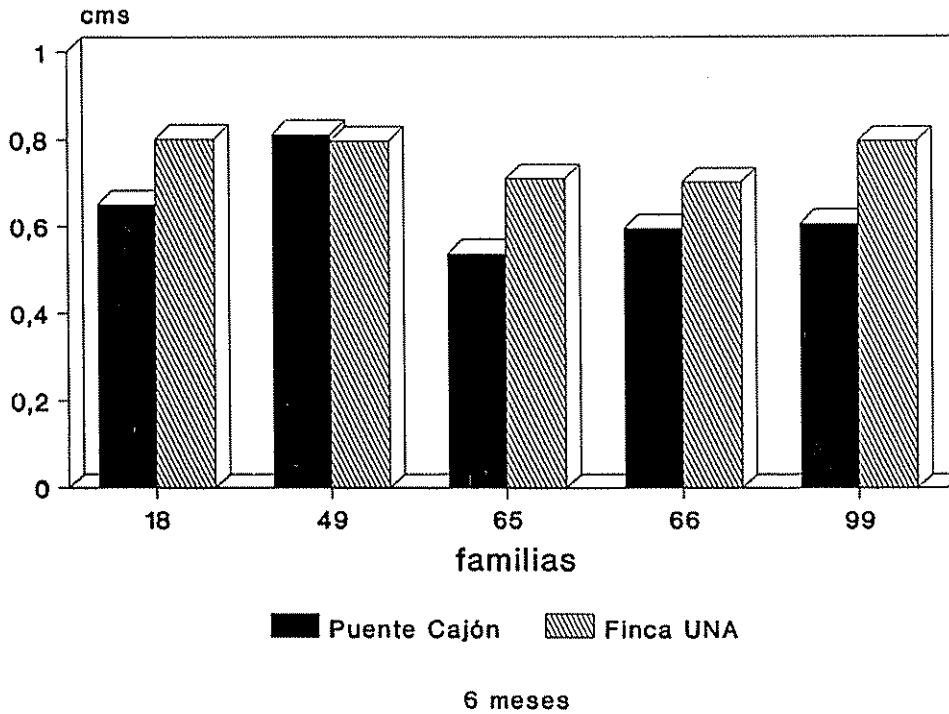
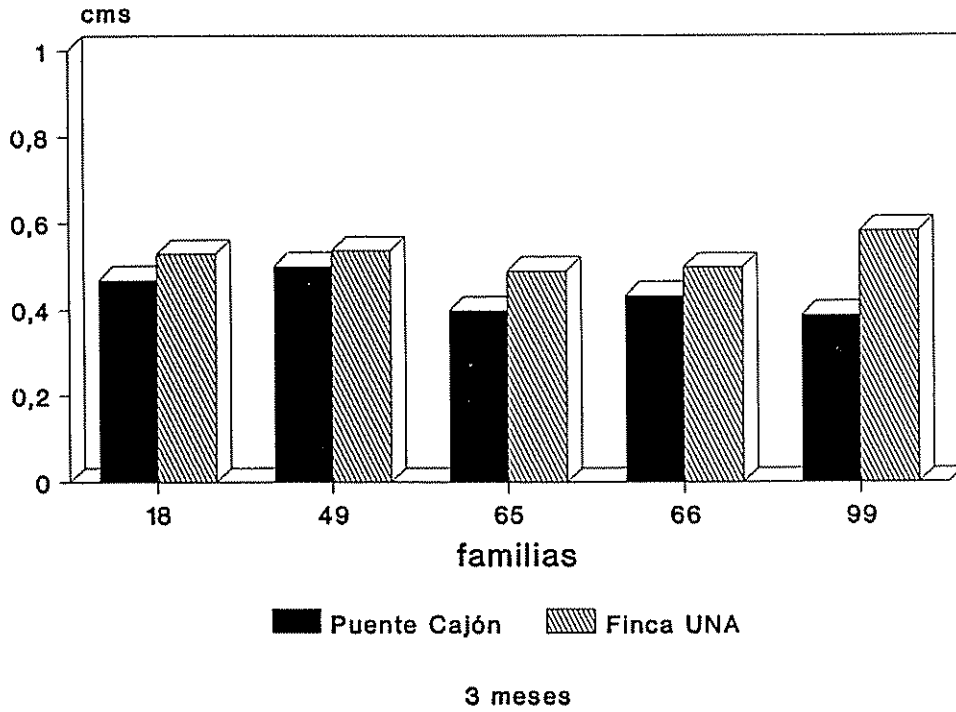


Figura 20. Diámetro basal promedio. *Inga spectabilis* (Vahl) Willd. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

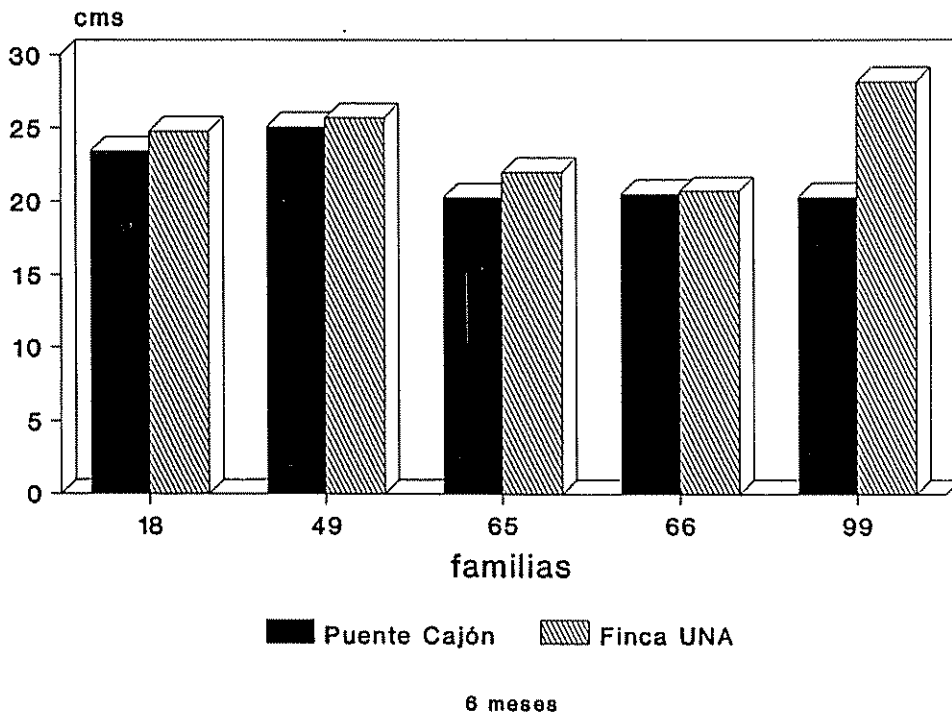
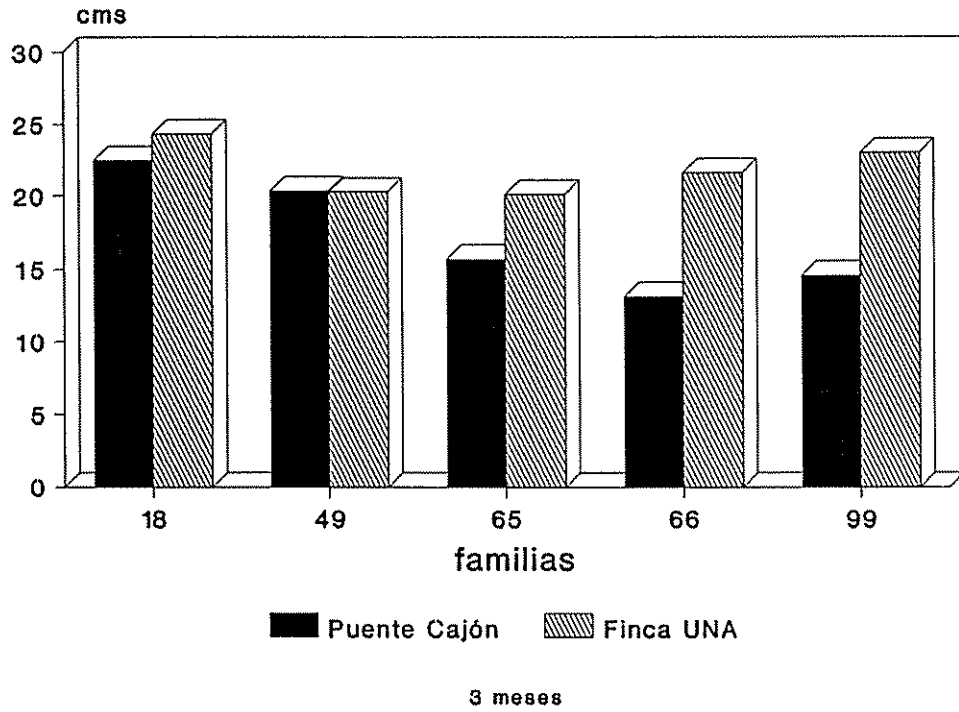


Figura 21. Altura total promedio. *Inga spectabilis* (Vahl) Willd. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

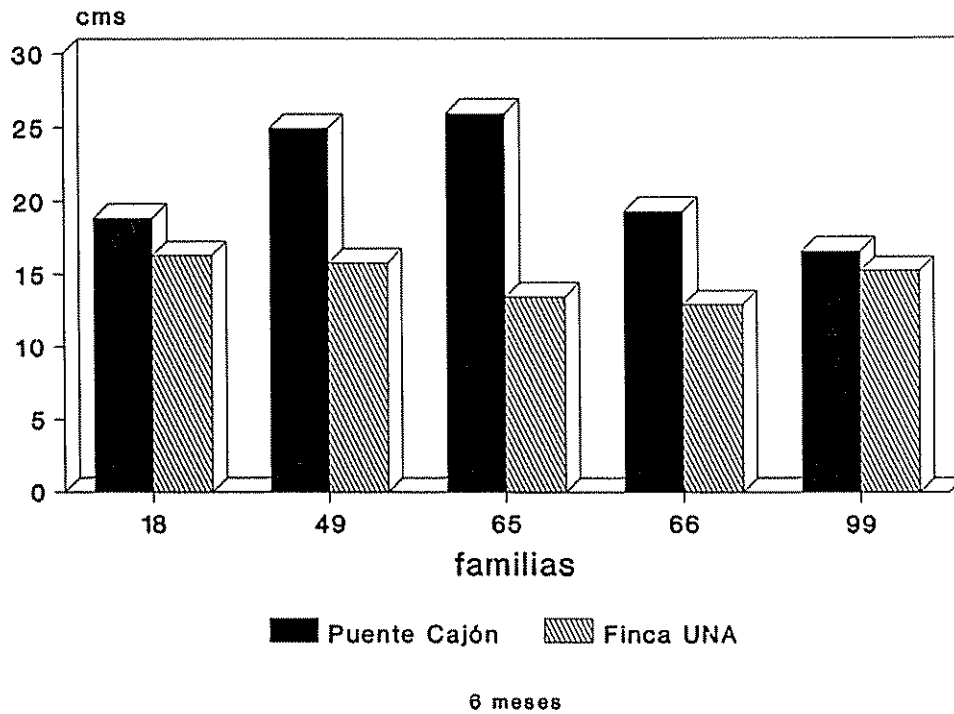
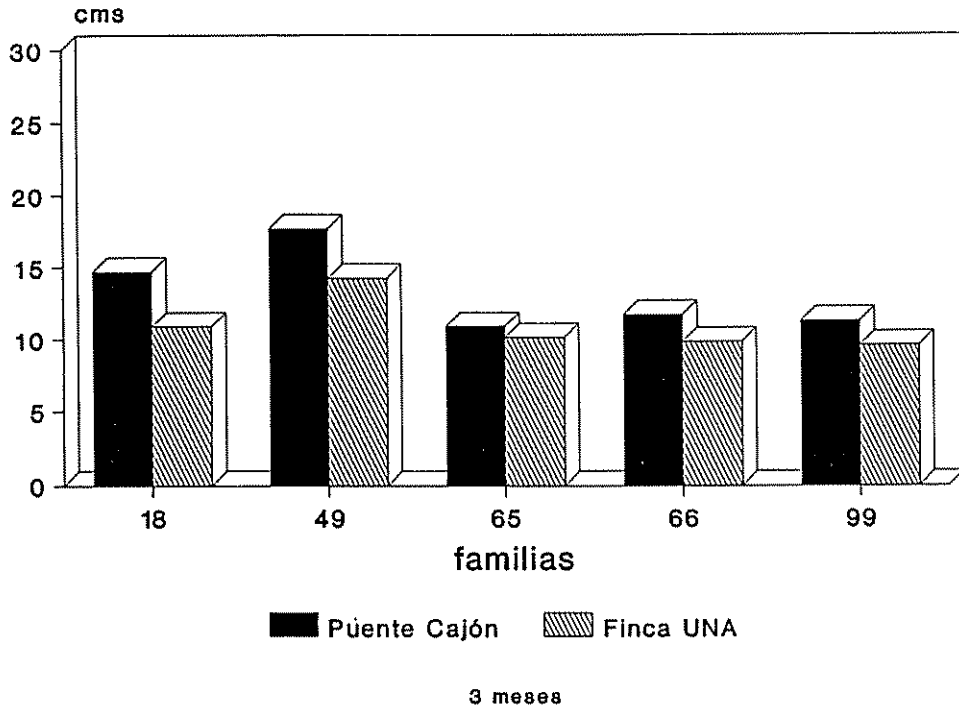


Figura 22. Diámetro de copa promedio. *Inga spectabilis* (Vahl) Willd. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.

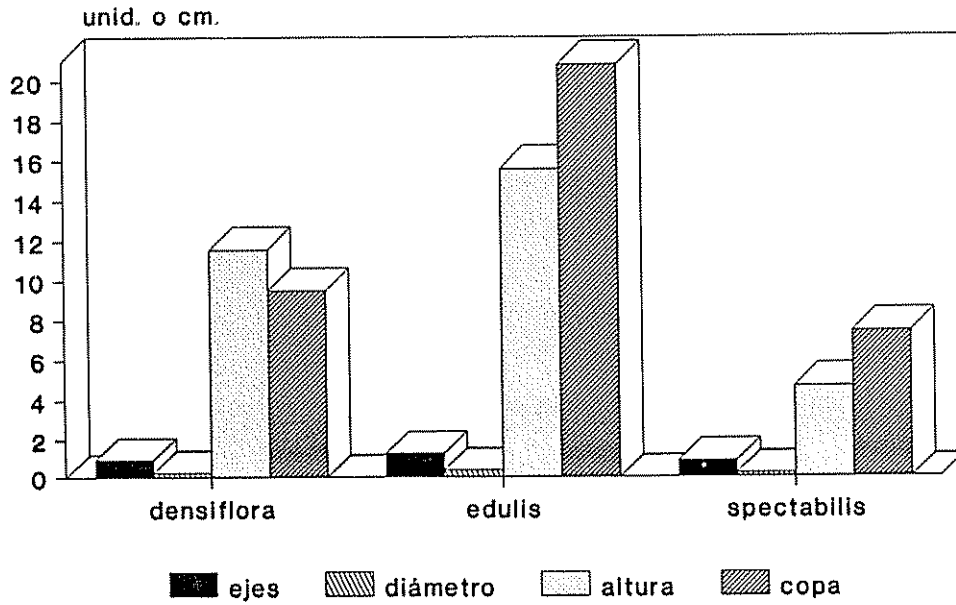
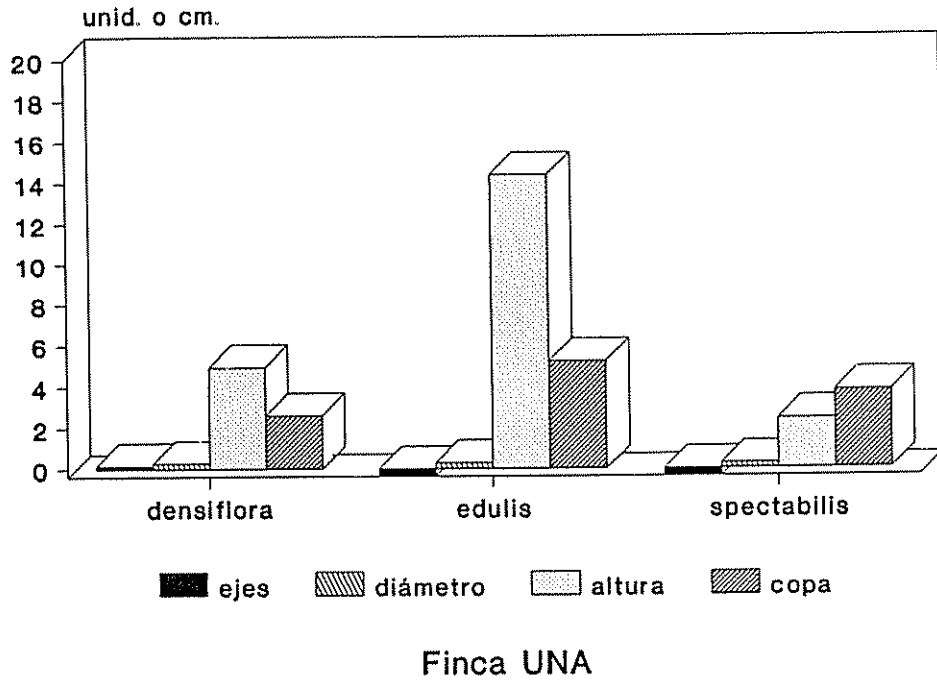
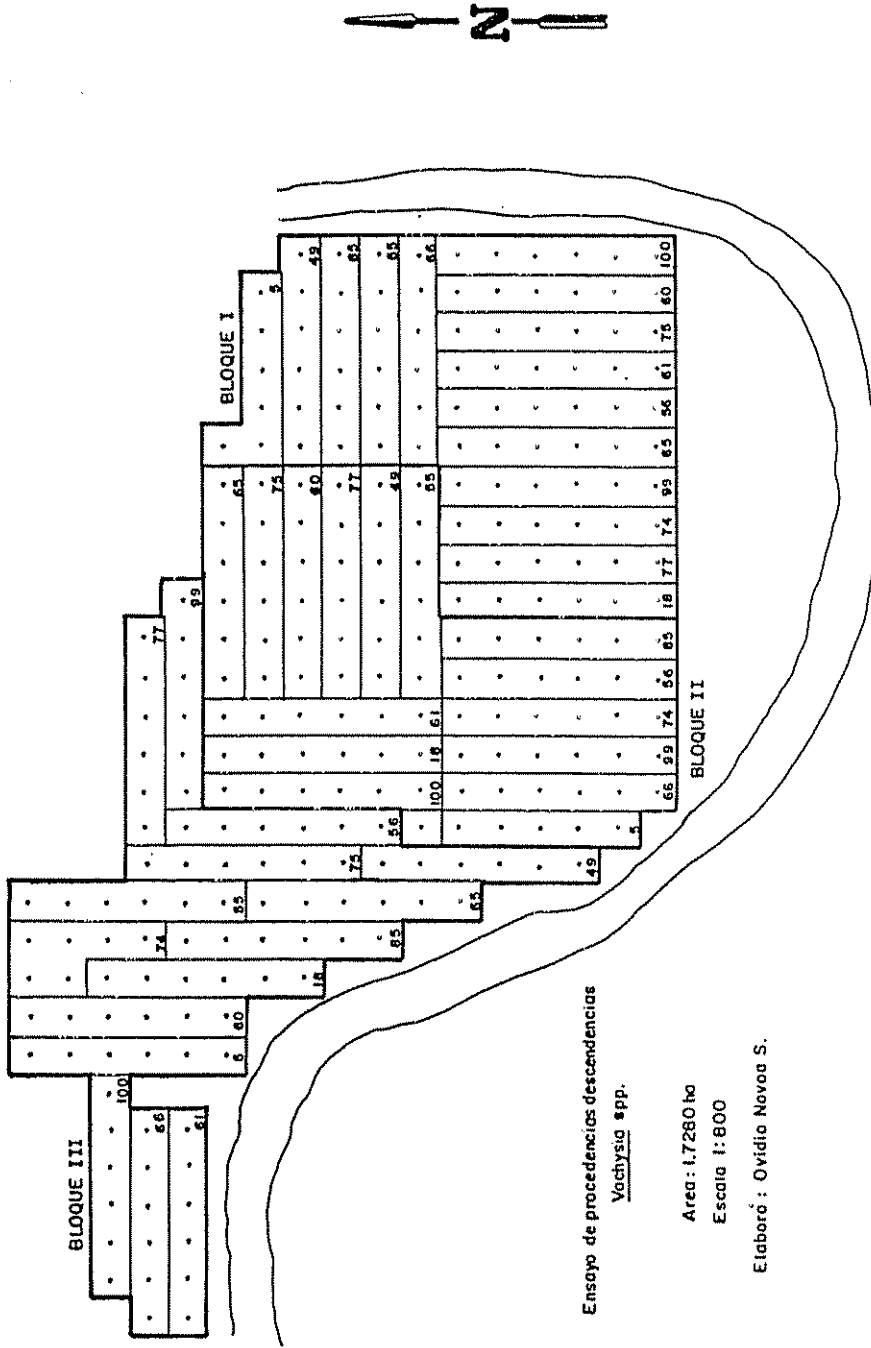


Figura 23. Incremento en crecimiento. *Inga* spp. Puente Cajón y Finca UNA. 1992.



Ensayo de procedencias descendencias  
*Yachysia* spp.

Area: 1,7280 ha  
Escala 1:800

Elaboró: Ovidio Novoa S.

Piano I Ensayo de crecimiento libre. *Inga* spp. Puente Cajón. Proyecto AFN - CIID. CATIE



Area aprox. 1.7260 ha  
 Escala 1: 800  
 Elaboro: Ovidio Novoa S.

BLOQUE III										BLOQUE II										BLOQUE I																
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	