

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION

ESCUELA DE POSTGRADO

RECIBIDO
16 DIC 1998

**EVALUACION DEL USO DE LOS INCENTIVOS FORESTALES EN
EL ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE ARBOLES MADERABLES
EN EL CULTIVO DE CAFE (*Coffea arabica*) EN GRECIA,
COSTA RICA**

POR

CARLOS JAVIER VIERA VARELA



Turrialba, Costa Rica
1998

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
(CATIE)**

**PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACION
ESCUELA DE POSTGRADO**

18 DIC 1998

RECIBIDO

**EVALUACION DEL USO DE LOS INCENTIVOS FORESTALES EN
EL ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE ARBOLES MADERABLES
EN EL CULTIVO DE CAFE (*Coffea arabica*) EN GRECIA,
COSTA RICA**

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Postgrado del Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

por

CARLOS JAVIER VIERA VARELA

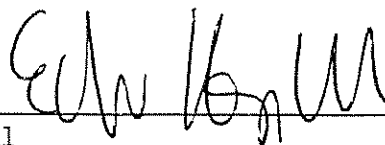
Turrialba, Costa Rica

1998

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

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:

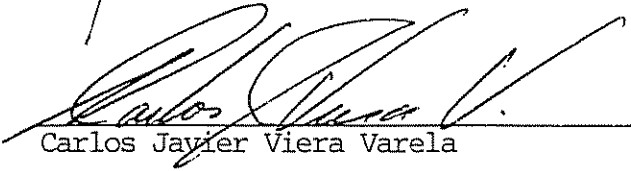
12/11.98 
Edgar Köpsell
Profesor Consejero


Rossana Lok
Miembro Comité Asesor


John Beer
Miembro Comité Asesor

Miembro Comité Asesor


Juan A. Aguirre
Director y Decano de la Escuela de Postgrado


Carlos Javier Viera Varela
Candidato

Dedico este trabajo a:

Dios, todo poderoso, porque en todo momento su luz ha estado
conmigo

A mi esposa
Enia Lizetth Moncada
Por su comprensión brindada durante mi estudio

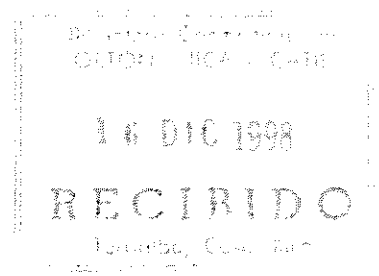
A mis hijos
Carlo José y Leonardo José
Por regalarme de su tiempo que debimos compartir

A mis Padres
Carlos Viera y Rubelia Varela

A mi abuela
Adela Valerio

A
Karla Patricia Moncada

“Pues El da la sabiduría y de su boca sale la inteligencia y la ciencia”
Pro. 2,6



AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a la Fundación KELLOGG por otorgarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado, ya que sin su ayuda no habría podido alcanzar esta meta.

Agradezco también al equipo de profesionales que estuvieron conmigo en este proyecto; Dr. Edgar Köpsell, mi profesor consejero, por guiarme en el camino de la formación profesional; al Dr. John Beer, a la MA. Rossana Lok, al Dr. Luis Ugalde y al Ing. Gustavo Calvo, quienes mucho contribuyeron con la realización de este estudio; al proyecto GTZ-CATIE, por el apoyo logístico.

Al personal del Centro Agrícola Cantonal de Grecia por el apoyo brindado en la realización del trabajo de campo. Al Sr. Rafael Ugalde y Sra. Sonia Bolaños, por la hospitalidad y confianza brindada.

Al personal del CATIE, por sus servicios y apoyo.

A los compañeros de promoción 97/98 por los buenos y malos momentos que pasamos durante los dos años de estudio.

TABLA DE CONTENIDO

16 DIC 1993

	Pagina
Resumen.....	vii
Summary.....	ix
Lista de Cuadros.....	xi
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Abreviaturas.....	xiv
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1. Objetivos específicos.....	3
2.2. Hipótesis.....	3
3. REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1. Historia de la reforestación en Costa Rica.....	4
3.2. Ley de incentivos forestales.....	5
3.2.1. Certificado de abono forestal (CAF).....	7
3.2.2. Certificado de abono forestal por adelantado (CAFa).....	7
3.2.3. Fondo de desarrollo forestal (FDF).....	8
3.3. Sistemas agroforestales.....	8
3.3.1. Perenne arbolado.....	9
3.3.2. Arboles en hileras.....	10
3.3.3. Cortinas rompeviento.....	10
3.4. Adopción de la agroforestería.....	11
3.4.1. Selección de especies de árboles para los sistemas agroforestales.....	12
3.4.2. Adopción espontánea o asistencia de extensión.....	12
3.5. Factores que influyen entre los finqueros para adoptar la reforestación.....	13
3.6. Silvicultura.....	17
3.6.1. <i>Eucalyptus deglupta</i>	17
3.6.2. <i>Eucalyptus saligna</i>	19
3.6.3. Sitio y productividad.....	20
3.6.3.1. Métodos directos.....	22
3.6.3.2. Métodos indirectos.....	22
3.6.4. Expresiones de la calidad de sitio basándose en parámetros del rodal.....	23
4. METODOLOGIA.....	25
4.1. Localización y caracterización del área de estudio.....	25
4.1.1. Localización.....	25
4.1.2. Caracterización de la zona.....	25
4.1.3. Distribución y uso de la tierra.....	27
4.1.4. Sistemas de producción.....	27
4.1.5. Topografía.....	28
4.1.6. Suelos.....	28
4.1.7. Clima.....	29
4.2. Productores a estudiar.....	29
4.3. Tamaño de muestra.....	30
4.4. Método de investigación.....	31
4.5. Análisis estadístico.....	32
4.5.1. Estadísticas descriptivas.....	32
4.5.2. Especificación del modelo multivariado para determinar factores que influyen en el área de sistema agroforestal.....	33
4.6. Plantaciones estudiadas.....	34
4.6.1. Establecimiento de parcelas.....	34
4.6.2. Evaluación silvicultural.....	35
4.6.3. Tamaño de la parcela.....	35

4.6.4. Mediciones en las parcelas	36
4.7. Estimación del índice de sitio	37
4.8. Curvas de índice de sitio	39
5. RESULTADOS Y DISCUSION	41
5.1. El rol del CAC-GRECIA en el programa de reforestación	41
5.2. Distribución de tamaño de finca, área de café y sistema agroforestal	42
5.3. Características de la población de estudio	45
5.3.1. Edad de los productores	45
5.3.2. Vive en la finca	46
5.3.3. Nivel de educación	47
5.3.4. Mano de obra	47
5.3.4.1. Mano de obra familiar	48
5.3.4.2. Mano de obra permanente contratada	49
5.3.5. Ingresos fuera de la finca	50
5.3.6. Ingreso por cultivo de frutales	50
5.3.7. Ingreso por cultivo de caña	51
5.3.8. Ingreso por cultivo de hortalizas	52
5.3.9. Ingreso por actividad ganadera	52
5.3.10. Máximo ingreso por actividad agrícola de la finca	53
5.3.11. Asistencia técnica	54
5.3.12. Conocimiento de los incentivos forestales	55
5.3.13. Plantar árboles maderables es rentable	56
5.3.14. Tomar un crédito blando para reforestar	56
5.3.15. Afinidad a la actividad forestal	57
5.4. Características de los productores que han reforestado	58
5.4.1. Decisión del sitio a plantar	58
5.4.2. Decisión de la especie a plantar	59
5.4.3. Con qué fin plantó sus árboles	60
5.4.4. Plantaría árboles sin incentivos	60
5.4.5. Cómo se unió al proyecto de reforestación	61
5.4.6. Por qué se unió al programa de reforestación	62
5.5. Estimación del modelo de regresión múltiple	62
5.6. Características silviculturales de los árboles en el sistema agroforestal con y sin incentivos	67
5.6.1. Especies maderables utilizadas en los sistemas agroforestales	67
5.6.2. Edad	68
5.6.3. Supervivencia	69
5.6.4. Densidad	70
5.7. Crecimiento y productividad del componente maderable	71
5.7.1. Crecimiento y productividad de <i>Eucalyptus deglupta</i>	71
5.7.2. Crecimiento y productividad de <i>Eucalyptus saligna</i>	75
5.8. Condiciones de daño encontrado en el fuste	77
5.8.1. Daño en fuste y forma de <i>Eucalyptus saligna</i>	77
5.8.2. Daño en fuste y forma de <i>Eucalyptus deglupta</i>	80
5.9. Comparación de promedios entre variables de crecimiento de plantaciones con incentivos y sin incentivos <i>Eucalyptus saligna</i>	80
6. CONCLUSIONES	82
7. RECOMENDACIONES	85
8. BIBLIOGRAFÍA	86
9. ANEXOS	91

VIERA V., C. J. 1998. Evaluación del uso de los incentivos forestales en el establecimiento y manejo de árboles maderables en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Grecia, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. Tesis de Mag. Sc. CATIE. 91 p.

Palabras claves: Sistemas agroforestales, adopción, caracterización, silvicultura, *Eucalyptus saligna*, *E. deglupta*.

RESUMEN

La política de reforestación de Costa Rica ha seguido dos objetivos; la recuperación de tierras de vocación forestal que se encuentran en otros usos y la producción de madera a nivel comercial para abastecer la demanda interna. Para lograr los objetivos anteriores se estableció el programa de incentivos a la reforestación. Después de 19 años de la aplicación del programa, se han establecido 152.000 ha que corresponden en promedio a 8.000 ha recuperadas por año de tierras de vocación forestal, antes dedicada a otros usos; de esta área 15.000 ha, que representan el 10% del área reforestada han sido establecidas en SAF.

El propósito del presente estudio fue determinar la importancia de los incentivos forestales en la adopción del sistema agroforestal (café-maderables) entre productores de café y una evaluación silvicultural de las plantaciones agroforestales de la zona. El estudio se llevó a cabo dentro del territorio geopolítico y áreas circundantes al cantón de Grecia, Alajuela, Costa Rica, cuyas coordenadas geográficas son 10°05'39" Latitud Norte y 84°12'48" Longitud Oeste.

La población de estudio fueron los productores de café seleccionados al azar que utilizan los servicios del Centro Agrícola Cantonal de Grecia, quienes cuentan con apoyo económico del gobierno central a través del Fondo de Desarrollo Forestal (FDF) y el Certificado de Abono Forestal por adelantado (CAFa).

Los resultados obtenidos indican que el 90% de los sistemas agroforestales han sido implementados usando incentivos forestales. El 78% del área de café reforestada ha sido mediante este sistema y solamente un 29% es reforestada por que no recibieron incentivos. Se presentan diferencias socioeconómicas entre los productores reforestadores y no reforestadores que inciden en la adopción de sistemas agroforestales, como son: edad del productor, tamaño de la finca, si vive en la finca, mano de obra, otros ingresos de la finca. Uno de los factores que afectaron la adopción del sistema agroforestal en la zona es la asistencia técnica, debido a que las instituciones que prestan este servicio no incluyen capacitación en sistemas agroforestales.

La evaluación silvicultural realizada demuestra que las especies maderables utilizadas en los sistemas agroforestales son; *Eucalyptus deglupta*, *E. saligna*, *Cedrela odorata* y *Cupressus lusitanica*, Se concluye que hay diferencias silviculturales estadísticamente significativas entre sistemas agroforestales con y sin incentivos, presentándose mayores incrementos en sistemas sin incentivos con diferencia en IMA de altura y diámetro de 0,9 m y 1,5 cm con una significancia a $p < 0,05$ y $0,01$, respectivamente, esta diferencia se debe a la baja densidad, que presentan las plantaciones sin incentivo y no ha un manejo silvicultural adecuado.

Viera V., C.J. 1998. Evaluation of the use of forest incentives in the establishment and management of timber trees in coffee (*Coffea arabica*) plantations in Grecia, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. Thesis of Mag. Sc. CATIE. 91 p.

Key words: Agroforestry Systems, adoption, characterization, forestry, *Eucalyptus saligna*, *E. deglupta*.

SUMMARY

The reforestation policy applied by Costa Rica has followed two primordial objectives; the recoveries of forest vocation lands under other uses and second, timber production at commercial levels that satisfy the internal demand. In order to achieve previous objectives, a program of incentives was formulated for reforestation. After 19 years of the application of the program, 152.000 ha have been settled down. They correspond to an average of 8.000 ha/year already recorded of forest vocation lands previously dedicated to other uses; of this established area 15.000 ha was established with Agroforestry systems, which represents 10% of the reforested area.

According to the above-mentioned facts, the purpose of the present study was to determine the importance of forest incentives in the adoption of the Agroforestry system (Coffee-Timber) among coffee producers and a silvicultural evaluation of the Agroforestry plantations of the area. The study was carried out in the geopolitical territory and surrounding areas of the Canton of Grecia (latitude 10°05'39" N, longitude 84°12'48" W) Alajuela, Costa Rica. The population studied was the coffee producers who benefited from the services of the district Agricultural Center of Grecia. These farmers were randomly selected based on the criteria that they have central government's economic support through the Forest Development Fund (FDF) and the Certificate of Forest Payment granted in advance (CAF_a).

The results indicate that 90% of the Agroforestry systems has been implemented using forest incentives, reforesting 78% of the coffee area, contrary to those who

reforested without incentives that reforested only 29% of the coffee area. Socioeconomic differences between producers who reforested and those who did not reforest were not significant. However the factors that influenced the adoption of Agroforestry system are: Producer, age, property size, residence or non-residence farmers, manpower and other monetary revenues from the property. Technical assistance is one of the factors that affect the adoption of Agroforestry system in the area, because the institutions that provide this service don't include training in Agroforestry systems.

The silvicultural evaluation carried out, demonstrates that the timber species used in the agroforestry systems are; *Eucalyptus deglupta*, *E. saligna*, *Cedrela odorata* and *Cupressus lusitanica*. It can be concluded that silvicultural management of Agroforestry systems differs significantly between those farms with and without incentives. On the farms without incentives, mean annual increments of height (MAI) and diameter was significantly higher than those measured on farms with incentives, with differences in MAI and diameter of 0,9 m ($p < 0,05$) and 1,5 cm ($p < 0,01$) respectively. This difference is due to the low density that plantations without incentive present and not to an appropriate silvicultural management.

LISTA DE CUADROS

	Pagina
Cuadro 1. Esquema y lista de los incentivos forestales.....	6
Cuadro 2. Distribución de los distritos, área y población del cantón de Grecia.....	25
Cuadro 3. Distribución de fincas de acuerdo al tamaño de finca en el cantón de Grecia.....	27
Cuadro 4. Caracterización de las fincas de café.....	28
Cuadro 5. Variables e Hipótesis esperada para el análisis de regresión.....	33
Cuadro 6. Coeficientes de la ecuación de altura dominante calculados por Hughell (1989) y Chavarria (1996).....	38
Cuadro 7. Coeficiente de la ecuación de altura media calculados por regresión.....	40
Cuadro 8. Frecuencia y porcentaje en la estratificación de tamaño de finca y distribución por tipo de productor.....	45
Cuadro 9. Frecuencia y porcentaje de edad de los productores de acuerdo a su distribución en categorías.....	46
Cuadro 10. Frecuencia y porcentaje de características socioeconómicas (residencia) por tipo de productor.....	46
Cuadro 11. Frecuencia y porcentaje de características socioeconómicas (educación) por tipo de productor.....	47
Cuadro 12. Frecuencia y porcentaje de características socioeconómicas (mano de obra familiar) por tipo de productor.....	49
Cuadro 13. Frecuencia y porcentaje de características socioeconómicas (mano de obra contratada) por tipo de productor.....	50
Cuadro 14. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades fuera de la finca por tipo de productor.....	50
Cuadro 15. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas (frutales) por tipo de productor.....	51
Cuadro 16. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas (caña) por tipo de productor.....	51
Cuadro 17. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas (hortaliza) por tipo de productor.....	52
Cuadro 18. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas (ganadería) por tipo de productor.....	53
Cuadro 19. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas por tipo de productor.....	53
Cuadro 20. Frecuencia y porcentaje de repuesta a pregunta si recibe asistencia técnica.....	54
Cuadro 21. Frecuencia y porcentaje de repuesta a pregunta hacia el componente arbóreo (conocimiento de los incentivos).....	55

Cuadro 22.	Frecuencia y porcentaje de repuesta a pregunta hacia el componente arbóreo (rentabilidad).....	56
Cuadro 23.	Frecuencia y porcentaje de repuesta a pregunta hacia el componente arbóreo (recibir crédito).....	57
Cuadro 24.	Frecuencia y porcentaje de repuesta a pregunta hacia el componente arbóreo (afinidad a la actividad forestal).....	58
Cuadro 25.	Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo (decisión del sitio a plantar).....	59
Cuadro 26.	Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo (decisión de la especie a plantar).....	59
Cuadro 27.	Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo (conque fin planto los árboles).....	60
Cuadro 28.	Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo.....	61
Cuadro 29.	Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo (como se unió al programa de reforestación).....	61
Cuadro 30.	Frecuencias y porcentaje de la actitud al programa de reforestación.....	62
Cuadro 31.	Valores obtenidos de las variables independientes en el modelo de regresión reducido.....	63
Cuadro 32.	Comparación de medias de área de sistema agroforestal con y sin incentivos forestales.....	65
Cuadro 33.	Sobrevivencia de <i>Eucalyptus saligna</i> y <i>E. deglupta</i> utilizada en Sistema Agroforestal en Grecia, Costa Rica.....	70
Cuadro 34.	Densidad inicial de árboles por sistema agroforestal y tipo de productor.....	70
Cuadro 35.	Densidad actual de árboles por sistema agroforestal y tipo de productor.....	70
Cuadro 36.	Clasificación de crecimiento y productividad en parcelas de <i>E. deglupta</i> . Grecia. Costa Rica.....	73
Cuadro 37.	Crecimiento y Productividad por clase de sitio en parcelas de <i>E. saligna</i> , en Grecia, Costa Rica.....	76
Cuadro 38.	Frecuencia y porcentaje de daño y forma de fuste (<i>Eucalyptus saligna</i>).....	78
Cuadro 39.	Porcentaje de daño y forma del fuste de las especies <i>Eucalyptus saligna</i> asociadas con café implementada con/sin incentivos en Grecia. Costa Rica.....	79
Cuadro 40.	Frecuencia y porcentaje de daño y forma de fuste <i>Eucalyptus deglupta</i>	80
Cuadro 41.	Comparación de crecimiento entre plantaciones con/sin incentivos forestales (<i>Eucalyptus saligna</i>) en Grecia. Costa Rica.....	81

LISTA DE FIGURAS

	pagina
Fig. 1. localizacion del área de estudio, grecia , costa rica	26
Fig. 2. Distribución de los productores de Grecia y la población de estudio	30
Fig. 3. Distribución de tamaño de finca, área de café y sistema agroforestal con incentivos.....	42
Fig. 4. Distribución de tamaño de finca, área de café y SAF entre productores sin incentivos	43
Fig. 5. Distribución de tamaño de finca y área de café, productores sin sistema agroforestal.....	44
Fig. 6. Area de adopción de los productores del cantón de Grecia, Costa Rica.....	64
Fig. 7. Maderables escogidos para la reforestación con/sin incentivos en Grecia, Costa Rica.....	68
Fig. 8. Curvas de Indice de Sitio con el valor estimado a la edad base de 60 meses de <i>Eucalyptus deglupta</i>	72
Fig. 9. Grafico de medición total de altura y diámetro de una parcela de <i>Eucalyptus deglupta</i>	74
Fig. 10. Curvas de Indice de Sitio con valor estimado a la edad base de 60 meses de <i>Eucalyptus saligna</i>	75
Fig. 11. Grafico de medición total de altura y diámetro de una parcela de <i>Eucalyptus saligna</i>	77

LISTA DE ABREVIATURAS

CAC	Centro Agrícola Cantonal
CAC- GRECIA	Centro Agrícola Cantonal de Grecia
CAC- NARANJO	Centro Agrícola Cantonal de Naranjo
CAF	Certificado de Abono Forestal
CAFa	Certificado de Abono Forestal por Adelantado
CORENA	Conservación de Recursos Naturales
DECAFOR	Departamento de Desarrollo Campesino Forestal
DGF	Dirección General Forestal
DISR	Deducción de Impuesto de la Renta
FDF	Fondo de Desarrollo Forestal
PDF	Programa de Desarrollo Forestal
SAF	Sistemas Agroforestales
IMA	Incremento Medio Anual
DAP	Diámetro Altura del Pecho (1,3 m)
h	Altura media
ha	Hectárea
hd	Altura Dominante
SAS	Statistical Analysis System
IS	Índice Sitio
AB	Área Basal
VTCC	Volumen Total Con Corteza
MIRA	Manejo de Información de Recursos Arbóreos

Precio del dólar con respecto al colón Costarricense 1989 - 1995

AÑO	COMPRA (colones/\$)	VENTA (colones/\$)
1989	83,8	84,8
1990	102,0	104,0
1991	134,1	136,8
1992	136,7	138,1
1993	150,6	152,1
1994	164,4	164,5
1995	194,9	195,1

Fuente : SEPSA 1996 Valor promedio por año

1. INTRODUCCION

2

Dada la grave crisis ambiental que cada uno de los países de la región centroamericana están enfrentando, por causa de la deforestación y otras formas de degradación de los recursos naturales, algunos países iniciaron medidas correctivas mediante cambios en las políticas forestales, que reorienten al uso racional y sostenible de dichos recursos, con ciertos resultados aparentemente positivos.

2

Como parte de las estrategias de protección y conservación de los recursos forestales, el Estado costarricense ha fomentado entre los productores de café la incorporación de árboles en sus fincas, cuyas ventajas técnicas y económicas pueden identificarse en fincas de diversas áreas y en particular, en zonas de condiciones climáticas no óptimas. A partir del año 1988, el gobierno incentiva la reforestación a través de políticas que promueven la sostenibilidad y la producción.

En la zona de Grecia es notoria la arborización de las fincas, encontrándose plantaciones de café con árboles de diferentes especies, propósitos, edades y arreglos espaciales, cuya existencia es producto de la utilización de los incentivos forestales (CAFa y FDF) y de iniciativa propia de los productores. El uso de arborización identificada en la zona de Grecia varía entre los productores encuestados, encontrándose diferencias silviculturales en las plantaciones evaluadas.

En el estudio realizado se evaluaron las características socioeconómicas de los productores que cuentan con sistemas agroforestales y no-reforestadores, realizando un análisis estadístico comparativo para determinar los factores que influyen en la adopción del sistema agroforestal en la zona; esta información se determino mediante la aplicación de encuesta a cada uno de los productores. Luego, mediante la utilización de un modelo de regresión multivariado, se estimó

la influencia de los factores en el porcentaje de sistema agroforestal, de acuerdo al área de café que poseen.

Entre los productores que cuentan con sistema agroforestal, se realizó un análisis comparativo, en cuanto a la calidad silvicultural de las plantaciones implementada con incentivos y con fondos propios; esta información se obtuvo de parcelas temporales de medición. Luego, con la utilización del software MIRASILV se determinaron los promedios de crecimiento y de productividad. Con los resultados obtenidos se realizaron pruebas estadísticas utilizando el software SAS, para determinar diferencias en las características silviculturales de plantaciones implementadas con incentivos y sin incentivos.

2. OBJETIVO GENERAL

Determinar la importancia de los incentivos forestales en la adopción del sistema agroforestal (café - maderables) entre los productores de café del cantón de Grecia, Costa Rica.

2.1. Objetivos específicos

2.1.1. Evaluar el uso de los incentivos forestales para el establecimiento de árboles maderables en el cultivo de café en la zona de Grecia, Costa Rica.

2.1.2. Establecer los factores fundamentales que influyen en la no-adopción de árboles maderables entre productores homogéneos (socios del CAC-Grecia).

2.1.3. Hacer una evaluación silvicultural de las plantaciones de maderables en las fincas de los productores.

2.2. Hipótesis

2.2.1. Las características socioeconómicas de los productores de café del cantón de Grecia juegan un papel importante en la decisión de implementar el sistema agroforestal (café-maderables).

2.2.2. Los productores que no hacen uso de incentivos, tienen árboles maderables con mejores características silviculturales (sobrevivencia, crecimiento, calidad de trozas).

3. REVISION DE LITERATURA

3.1. Historia de la reforestación en Costa Rica

Costa Rica es un país reconocido internacionalmente por ser modelo de conservación de la naturaleza y especialmente por contar con un extenso sistema de Areas Protegidas, que para 1990 sumaban 13.840 km², lo cual significa aproximadamente el 30% del territorio nacional. Sin embargo, lamentablemente Costa Rica también ha pasado a ser reconocido por sus altas tasas de deforestación, que de acuerdo con cifras oficiales, de 1966 a 1973 se deforestaron aproximadamente 50 mil hectáreas anuales; bajando luego, de 1974 a 1989 a cerca de 30 mil hectáreas por año (Segura, 1992).

En otras palabras, para tener una visión más clara del problema, es importante apuntar que el territorio nacional tenía un 80% de cobertura forestal en 1940, y cuenta con tan solo un 27,5% para 1997, área que es ocupada por los Parques Nacionales y otras áreas protegidas (Segura, 1992; Godoy, 1997).

Según un estudio realizado por Fundación Neotrópica (1991), el objetivo fundamental del Gobierno Costa Rica es contribuir al abastecimiento a mediano y a largo plazo, de madera para uso industrial y otros fines, como leña, por medio de plantaciones de árboles, en cantidades y calidad creciente, fomentando la participación de los diferentes grupos en el área rural, la integración con las actividades agropecuarias y la recuperación de tierras desnudas.

Los objetivos específicos son:

- Fomentar la organización y participación plena de los diferentes grupos en el área rural en la plantación de árboles en bloques o en sistemas agroforestales (SAF), a fin de alcanzar la capacidad de plantar 37.000 ha por año.
- Aumentar el rendimiento de las plantaciones en bloque y SAF y la calidad de la materia a producir.

- Lograr la plantación de árboles en una área de por lo menos 123.000 ha en bloques o SAF, complementando el financiamiento actualmente disponible.

Según Godoy (1997) y Wyeth (1994) la política de reforestación que Costa Rica ha aplicado, ha seguido dos objetivos primordiales; uno es la recuperación de tierras de vocación forestal que se encuentran en otros usos y el segundo, la producción de madera a niveles comerciales para abastecer la demanda interna.

Para lograr cumplir los objetivos anteriores, se estableció el programa de incentivos a la reforestación. Después de 19 años de la aplicación del programa, se han establecido 152.000 ha que corresponden en promedio a 8.000 ha recuperadas por año de tierras de vocación forestal antes dedicada a otros usos (Godoy 1997); de esta área 15.000 ha, en que representan el 10% del área reforestada, han sido establecida en SAF (Sequeira, 1996).

3.2. Ley de incentivos forestales

Curtis *et al.* (1996) definen incentivo de la siguiente manera: medida que estimula o impulsa la conducta de personas claves para la concreción de una meta. En este sentido todo incentivo procura superar ciertas condiciones que limitan o imposibilitan la consecución de un fin, por lo que se considera como un instrumento que facilita la realización de acciones concretas. Se trata de estímulos transitorios, que pueden ser directa o indirectamente financieros, beneficiando al individuo, a la sociedad o a ambos (Michaelson, 1983).

El Estado Costarricense se ha ocupado en buscar nuevas estrategias de solución, con el fin de frenar la tasa de deforestación y la creación de una industria forestal de plantaciones que reduzca su impacto sobre los bosques naturales (Godoy 1997). Entre éstos se destaca el Programa de Incentivos forestales a la Reforestación a partir de 1969, con la promulgación de la Ley Forestal No. 4465 y que entro en operación en 1979, mediante el sistema de deducción del Impuesto

sobre la Renta (I.S.R.), pues hasta entonces se contó con los mecanismos legales para su ejecución (Fundación Neotrópica, 1991).

Posteriormente y con el propósito de promover una mayor participación de todo los segmentos de la población se sustituyó el I.S.R. por el Certificado de Abono Forestal (CAF) mediante la Ley Forestal # 7032 del 6 de Mayo de 1986 y ratificado luego con Ley Forestal # 7174 del 28 de Junio de 1990 y la Ley Forestal # 7575 (siendo esta última la que se encuentra en vigencia), así como sus reglamentos.

Según estudio realizado por Wyeth (1994), Costa Rica es el primer país a nivel la de región en realizar una legislación forestal y un esquema formal de reforestación, el cual ha ido cambiando de acuerdo a las limitaciones identificadas, realizando esfuerzos para elegir diferentes beneficiarios y diferentes tipos de reforestación que se resumen en la siguiente Cuadro 1.

Cuadro 1. Esquema y lista de los Incentivos Forestales

Nombre del Esquema	Año de legislación/ Regulación
1 Esquema de Productores Grandes <ul style="list-style-type: none"> • Deducción del Impuesto Sobre la Renta (DISR) • Certificado de Abono Forestal (CAF) • FONAFIFO 	1969 1988 1991
2 Esquema del PDF (Pequeños Productores) <ul style="list-style-type: none"> • Certificado de Abono Forestal por Adelantado (CAFa) • Fondo de Desarrollo Forestal (FDF) • FDF Multidonante 	1988 1989 1991
3 Fondo Forestal <ul style="list-style-type: none"> • Fondo para Municipalidades y Organizaciones (Programa 10 : 10) • Fideicomiso 04-97 	1986 1986
4 Esquema de Desarrollo de proyectos individuales con Créditos y Subsidios incluidos : <ul style="list-style-type: none"> • CORENA (Fideicomiso 1978) • PRODAF, AGUADEFOR, Chorotega, RFG, etc. 	1982 varios

Fuente Wyeth (1994).

3.2.1. Certificado de abono forestal (CAF)

Creado en 1986, con el objetivo de redistribuir la cantidad de recursos que el Estado destina a incentivos de forma mas "democrática", o sea lo que se pretendió fue que los beneficiarios de estas deducciones de impuestos, sean personas que no necesariamente paguen renta. Los CAF son títulos normativos exentos de impuesto con los que se permite pagar cualquier tipo de impuesto, tasas nacionales y municipales y cualquier otro tributo. Estos certificados pueden además, negociarse en la Bolsa Nacional de Valores, de modo que el beneficiario utilice el dinero del certificado descontado para otros fines, incluso antes de su maduración (Fundación Neotrópica, 1991; Segura, 1992).

Los CAF son entregados hasta que el proyecto se ha establecido y cobrados en un periodo de cinco años de la siguiente manera: 50%, 20%, 15%, 10% y 5%, respectivamente. Los beneficiarios de este incentivo son los reforestadores potenciales, propietarios reales de sus fincas y responsables de un plan de manejo, a través de un contrato con el estado (Martínez *et al.*, 1994).

3.2.2. Certificado de abono forestal por adelantado (CAF_a)

Fue creado con el objetivo de financiar proyectos de reforestación que presenten los pequeños productores asociados en cooperativas, asociaciones o grupos organizados y que paguen muy poca o ninguna renta, (para agilizar es el problema de la inversión inicial).

Esta modalidad se aplica a partir de 1988 y como requisitos los beneficiarios deben residir en el área del proyecto y la plantación no debe exceder de 25 hectáreas que es la máxima área incentivada (5 ha/año) (Canet, 1992). Los beneficiarios deben aportar un 15% del total de los incentivos a la organización a

través de la cual se realizó la transacción (Segura, 1992; Fundación Neotrópica, 1991).

La diferencia de este incentivo con el CAF es que son pagados por adelantado, lo que evita el problema de la inversión inicial para el establecimiento de la plantación. El monto para 1990 era de 100.000 colones/ha reforestada (\$980,39) (Segura, 1992).

3.2.3. Fondo de desarrollo forestal (FDF)

Este incentivo se crea a partir del convenio firmado en 1988 por el gobierno de Costa Rica y Holanda y está destinado a financiar proyectos forestales a pequeños y medianos productores asociados a cooperativas, asociaciones u otras organizaciones campesinas. A diferencia de los CAF y CAFa, este incentivo otorga solamente 58.000 colones por hectárea reforestada y el beneficiario tiene que realizar un aporte del 30% del costo del proyecto en mano de obra. Al igual que los CAFa, las plantaciones son de una área máxima de 5 ha por participante por año, para un máximo de 25 ha por proyecto (Fundación Neotrópica, 1991; Segura, 1992).

3.3. Sistemas agroforestales

La evaluación externa hecha al programa DECAFOR (Martínez, 1994), señaló la necesidad de promover los SAF como una alternativa viable de reforestación para los pequeños y medianos productores (as) en Costa Rica.

En consecuencia, en 1994 DECAFOR presentó ante el Fondo de Desarrollo Forestal (FDF Costa Rica/Suecia/Holanda) una propuesta de Programa de Fomento a los SAF. Como resultado, se llegó a un consenso sobre los lineamientos técnicos, financieros y de capacitación necesarias para desarrollar

con éxito el programa, dentro de un marco de manejo sostenible del sistema de finca como unidad de producción.

En 1995 la Misión Evaluadora de la Agencia Sueca de Desarrollo Internacional (ASDI) recomendó darle prioridad al financiamiento de los SAF con recursos FDF, lo cual permitió el establecimiento de varios proyectos durante 1995 y 1996 (Sequeira, 1996).

La presentación de proyectos nuevos debe ajustarse a la respectiva Guía para la Preparación de un Plan de Reforestación con SAF (DECAFOR 1994). Por lo demás, se aplican los mismos procedimientos técnico administrativos descritos en el Manual de DECAFOR.

3.3.1. Perenne arbolado

El máximo y mínimo son 1 y 2 ha año⁻¹ por beneficiario respectivamente. Especies: Se definen bajo criterio técnico del profesional responsable, tomando en cuenta la opinión del productor, con la aprobación del AC respectiva. Deben ser maderables de aserrío y no causar efectos negativos sobre el cultivo asociado. Distanciamiento y distribución: Café: 10 x 12 m (mínimo), 84 árboles / ha (máximo). Cacao: 12 x 12 m (mínimo), 69 árboles/ha (máximo). Debe podarse el cacao adyacente para favorecer el crecimiento inicial de los arbolitos. Debe marcarse cada arbolito plantado con estacas como medida de protección.

En ambos casos, debe haber una distribución uniforme de los árboles e indicarse el número de árboles y ha a plantar por especie. Se espera que todos los árboles lleguen a cosecha final, por lo cual no hay raleo y el material plantado debe ser de excelente calidad. Asimismo, el replante y el manejo es de vital importancia.

3.3.2. Árboles en hileras

El mínimo y máximo son 300 y 3000 árboles año⁻¹ por beneficiario, respectivamente.

Distanciamiento y distribución: 2 a 3 m entre árboles, 3 m entre hileras (3 hileras máximo). Indicar número de árboles a plantar por especie, número de hileras y longitud total (m).

En áreas de ganadería debe asegurarse la protección de los árboles. Se debe prestar especial atención a las podas y raleos, a fin de mejorar la forma y crecimiento de los árboles y la calidad futura de la madera.

3.3.3. Cortinas rompeviento

El mínimo y máximo son 300 y 3000 árboles año⁻¹ por beneficiario, respectivamente.

Es importante señalar que este tipo de SAF se justifica únicamente en aquellos sitios donde el viento constituye una seria limitante a la producción agropecuaria. Indicar en el croquis ubicación exacta y orientación en relación con la dirección de los vientos predominantes, pendiente y al cultivo agrícola / pecuario que se pretende beneficiar.

Distanciamiento y distribución (2 estratos mínimo):

Entre árboles: 1 a 2 m (1^{er} estrato)

2 a 4 m (2^{do} estrato)

2 m mínimo (3^{er} estrato)

Entre estratos: 1 m mínimo (1^{er} y 2^{do} estrato)

2 a 3m (2^{do} y 3^{er} estrato)

Se recomienda practicar un descuaje (1^{er} estrato), podas y raleos (2^{do} y 3^{er} estrato), según características de las especies plantadas. En áreas de ganadería debe asegurarse la protección de los árboles.

Todas las demás actividades en los diferentes sistemas son similares a las de una plantación en bloque.

3.4. Adopción de la agroforestería

En estudio realizado por Current *et al.* (1995), con el objetivo de conocer las limitaciones económicas de los productores al adoptar diferentes sistemas agroforestales, presenta los siguientes resultados:

América Central y el Caribe están afrontando uno de los mayores retos en cuanto al uso de la tierra rural, la deforestación, la escasez de productos forestales y la degradación ambiental en tierras agrícolas frágiles bajo presión poblacional. Una de las alternativas al problema ha sido la promoción de la Agroforestería. Esta se puede definir como “el manejo y establecimiento de árboles en fincas”, incluyendo el manejo natural de rebrotes, semillas, plantas y el manejo de árboles como borde de cultivos, intercalados con cultivos agrícolas, en bosques, huertos caseros etc.

El establecimiento de árboles en las fincas también puede beneficiar significativamente a las comunidades y a la sociedad en general. Tales beneficios se mencionan a menudo para justificar proyectos del cultivo de árboles, apoyados por los gobiernos nacionales y donantes.

La investigación realizada, encontró 10 proyectos enfocados a la agroforestería en República Dominicana, 11 en Panamá, 13 en El Salvador, 15 en Honduras, 17 en Guatemala y Haití, 20 en Costa Rica y 24 en Nicaragua. Algunos proyectos fueron llevados a cabo en una escala relativamente grande, involucrando a miles de productores.

3.4.1. Selección de especies de árboles para los sistemas agroforestales

La selección de especies arbóreas particulares para utilizarse en tecnologías agroforestales, se basa en una cantidad de factores: familiaridad para los productores, desempeño de crecimiento, valor de mercado, facilidad de propagación y manejo, opciones de uso múltiple, interacción con cultivos y efectos ambientales. En el pasado la introducción de especies tendía a limitarse a las opciones proporcionadas por los proyectos. Desde el punto de vista del productor, es más deseable ofrecer una mezcla de especies y dejar que el agricultor escoja la especie o especies que más le convienen.

3.4.2. Adopción espontánea o asistencia de extensión

En algunas parte de la región, está ocurriendo claramente un proceso endógeno en el desarrollo agroforestal, como repuesta a los incentivos económicos y a las necesidades de subsistencia. La información cualitativa de los productores, del proyecto y de informantes claves, sugieren que en muchos casos, el efecto de la demostración del rápido crecimiento de las especies arbóreas y de los sistemas que producen beneficios, han sido factores determinantes en la expansión de las actividades agroforestales.

No obstante, aún en donde los sistemas agroforestales sean inherentemente rentables, parece que la asistencia técnica se requiere para facilitar la adopción y proveer información sobre el manejo de especies. El proceso de difusión es lento, en parte debido al periodo más extenso que requieren los productores para evaluar los sistemas perennes, y por la falta de familiaridad con el comportamiento del mercado para los productos.

3.5. Factores que influyen entre los finqueros para adoptar la reforestación

De acuerdo con Feder *et al.* (1982) y Caveness y Kurtz (1993), existen muchas variables determinantes en la participación de los agricultores en los programas de reforestación como lo son: tenencia de la tierra, tamaño de la finca, ingreso de la finca, mano de obra familiar disponible, mano de obra contratada, edad, nivel de educación del dueño de la finca, tamaño de la familia, uso de incentivos y acceso a información y programas de extensión.

El tamaño total de la finca se considera que tiene una relación positiva en la adopción para el establecimiento de plantaciones forestales. Se asume que grandes cantidades de tierra permiten la reforestación, sin sacrificar la producción agrícola para la alimentación e ingresos que la familia necesita (Chambers, 1983).

Caveness y Kurtz (1993), establecen en cuanto a título legal de la tierra que tiene una relación positiva para la participación en programas. La posesión de un título puede afectar la participación en dos formas: 1. Para algunos incentivos a la reforestación se exige un título de posesión legal de la tierra y 2. El proceso para obtener un título legal de posesión, requiere de un nivel de experiencia en tratar con la burocracia gubernamental, que puede influir en la voluntad de los finqueros para participar en los programas del gobierno.

La influencia de la edad del finquero no es muy clara en la participación en los programas de incentivos. Finqueros de edades mayores (ancianos) algunas veces se comportan menos flexibles, se oponen mas al riesgo y tienen menos voluntad para comprometerse en actividades nuevas e innovadoras (Hyman, 1983).

Según Godoy (1992), el porcentaje del ingreso familiar obtenido fuera de la finca tiene generalmente una influencia positiva en la participación. Como la reforestación no produce beneficios en el corto plazo, familias con grandes fuentes

alternativas de ingresos pueden tener más interés en participar en programas de reforestación.

Los créditos se asocian positivamente con la participación en los programas de incentivos. La habilidad de los finqueros de obtener créditos, puede denotar un nivel de experiencia y de interacción con el sistema bancario que le pueden incentivar a participar en los programas del gobierno (Hyman, 1983).

Según Rogers (1995), los incentivos conducen a incrementar el nivel de adopción de las personas, sin embargo, la calidad de la decisión de adopción puede ser relativamente baja y muchas veces puede limitar los propósitos de la acción innovadora que se plantea. La eficiencia de las políticas de incentivos puede ser mejorada mediante la realización de estudios empíricos, para poder evaluar los efectos de los incentivos en la tasa de adopción, continuación y consecuencias de la innovación.

Según Raintree (1983) y Besley y Case (1993), la difusión de información es un determinante en la adopción de tecnologías y cultivos y la participación en programas. Las visitas de un extensionista indican la interacción con las redes de información y educación existentes. Se asume que esta variable tiene una influencia positiva en la participación en programas de reforestación.

Current *et al.* (1995), analizaron 21 proyectos agroforestales en América Central y el Caribe. En este estudio se evaluaron aspectos financieros, técnicos, sociales e institucionales con el objeto de: identificar los éxitos y fracasos de diferentes proyectos agroforestales, determinar costos y beneficios de los sistemas agroforestales, determinar las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas en diferentes condiciones de sitio y de recursos e identificar los factores que afectan la adopción de sistemas agroforestales.

Dentro de los factores que influyen en la adopción de los sistemas agroforestales, se encontró que la escasez de productos de madera, en algunos países, motiva la adopción de los sistemas agroforestales; los agricultores también se interesan por establecer estos sistemas para rehabilitar sus tierras, si éstos les generan algún tipo de ingreso.

Algunos finqueros pobres se limitan a participar en agroforestería por el pequeño tamaño de su finca y por los escasos recursos de mano de obra y de capital, ya que sus necesidades están orientadas hacia la seguridad alimentaria y disminución del riesgo; se prefieren aquellos sistemas de corto plazo con beneficios intermedios que permitan al agricultor financiar sus inversiones. La asistencia técnica es otro factor importante para facilitar la adopción de los sistemas agroforestales; los incentivos y subsidios son útiles pero no son necesarios para la adopción, pues tecnologías agroforestales promovidas con extensión, pueden ser financieramente rentables y adoptadas por los agricultores, ya que algunas experiencias con incentivos como "comida por trabajo" han terminado generalmente en fracaso.

Tacher *et al.* (1997), realizaron recientemente un estudio en el Cantón de Coto Brus, Costa Rica, sobre la participación de finqueros en los programas de incentivos a la reforestación. Para este estudio se incluyeron fincas con tamaño de 5 hectáreas o más, basados en observaciones empíricas ya que no es frecuente que pequeños finqueros se comprometan en esfuerzos de reforestación.

Los resultados muestran que características de la finca, estrategias de sustento familiar y acceso a la información son factores que significativamente explican la participación de los finqueros en los programas de incentivos a la reforestación. Generalmente, quienes reforestan tienen grandes áreas de tierra trabajadas con baja intensidad de mano de obra y agricultura extensiva si se comparan con sus vecinos quienes no reforestan.

La adopción de la reforestación dentro de la finca depende en un alto grado de los ingresos que son recibidos fuera de la finca. Además, la interacción con programas de extensión agrícola local y la asistencia a talleres, seminarios o demostraciones de campo sobre reforestación tienen un fuerte efecto sobre la participación en los programas de reforestación.

La decisión de participar en los programas de incentivos parece ser parte de una estrategia de doble filo de los finqueros: Primero, en el corto plazo, los finqueros pueden derivar beneficios financieros de la tierra que no es apropiada para cultivos o producción ganadera por dos razones; calidad del suelo o restricciones de mano de obra y de capital. Segundo, la reforestación es un uso opcional de la tierra que complementa la estrategia de subsistencia de la familia campesina.

Los agricultores citan que la reforestación les produce además, beneficios como mejoras en el contenido de humedad del suelo, mejor calidad y conservación de suelos y del agua. Adicionalmente, provee ingresos en efectivo y el aprovechamiento de la madera en el largo plazo es visto como una caja de ahorros para la nueva generación.

Muchos finqueros participantes en los programas de incentivos como CAFa y FDF en Costa Rica parecen no perseguir la meta de producir madera de alta calidad, ya que ven la reforestación semejante al bosque natural y esperan un aprovechamiento natural viable en el largo plazo.

En Panamá, Ramírez y Shultz (1997) realizaron un estudio de adopción de prácticas agroforestales y plantaciones en donde se encontró que el impacto del factor tamaño de la finca es estadísticamente significativo, pero no es tan importante en la práctica, ya que el tamaño pequeño de una finca no parece ser ningún impedimento o progreso para la adopción de sistemas agroforestales.

Agricultores con un ciclo de educación elemental presentan un nivel de adopción más alto que el de aquellos que no han recibido ningún tipo de educación formal; los que han recibido educación secundaria tiene un nivel de adopción más alto que el de los primeros. En cuanto al contacto con otros agricultores se encontró que tiene un impacto negativo estadísticamente significativo y el previo conocimiento y aplicación de la asistencia técnica incrementó la voluntad de los agricultores para adoptar nuevas tecnologías, al igual que la tenencia de un título de propiedad de la tierra. Los años de experiencia con bosques, parece no tener influencia en el nivel de adopción de tecnologías de sistemas agroforestales.

3.6. Silvicultura

3.6.1. *Eucalyptus deglupta*

Plantación

En plantación es una especie que requiere de una preparación adecuada del terreno, eliminar la maleza y dejar bien suelto el suelo del hoyo donde se planto. Puede ser plantado en bloques compactos, en asocio con cultivos agrícolas, en callejones o hileras en contorno, como sombra para cultivos, cercas vivas y cortinas rompevientos (Chavarría y Valerio, 1993).

Sánchez (1994) encontró que, tanto en *Eucalyptus deglupta* como *E. grandis*, los árboles de plantación en bloque y en sistemas agroforestales mantuvieron el crecimiento en altura, pero el desarrollo en diámetro se redujo en comparación con árboles en líneas. *E. deglupta* fue más afectado por la competencia intraespecífica.

Este estudio mostró que el crecimiento de *E. deglupta* y *E. Grandis* en diferentes sistemas de plantación es sensible a factores de sitio, particularmente

relacionados con propiedades del suelo, elevación sobre el nivel del mar y competencia con pastos; respondiendo bien a las limpias y fertilización cuando está asociado con café.

Crecimiento y rendimiento

En América Central, en los sitios de más alta calidad, los IMA en altura son superiores a 3,5 m/año, en los de mediana calidad superior a 2,0 m/año y en los de inferior calidad menor de 2,0 m/año (CATIE, 1994).

En Costa Rica, son pocos los estudios relativos al crecimiento y rendimiento del *Eucalyptus deglupta*. Los sitios de mayor crecimiento corresponden a suelos profundos, bien drenados y con textura liviana (franco o franco arenoso). Donde se ha cultivado la especie, el IMA en altura total fluctúa entre 2,0 y 4,3 m; y el IMA en DAP entre 2,0 y 5,0 cm; durante los primeros 8 y 10 años, respectivamente. Después de esta edad y hasta los 20 años, el IMA disminuye a valores de entre 1,5 y 2,3 m en altura total y de 1,0 a 3,0 cm en DAP (Salazar y Jiménez, 1988), aunque esto depende del manejo que se realice a las plantaciones.

El crecimiento más bajo se ha observado en sitios que han sido pastoreados antes o durante la plantación con problemas de drenaje, falta de limpias o con prácticas de manejo inadecuadas. En las zonas Atlántica y Norte de Costa Rica, la especie alcanza un buen desarrollo. En Turrialba se han observado árboles de 20 años con 50 m de altura total y 85 cm de DAP; en la región de San Carlos, árboles de 16 años han alcanzado 30 m de altura y 33 cm de DAP (Salazar y Jiménez, 1988; Sánchez, 1994; Chavarría, 1996). En cuanto a rendimientos, Ugalde (1980) reporta rendimientos de 89 m³ ha⁻¹ en plantaciones de 8 años de edad, en la región de Turrialba.

Alfaro (1991) presenta información de rendimientos esperados en un turno de 18 años, en tres clases de sitio: Clase I (28) un volumen total de 578,5 m³/ha,

clase II de 380 m³ ha⁻¹ y clase III con 257,2 m³ ha⁻¹. Los incrementos medios anuales en volumen por clase de sitio fueron 32,1, 21,1 y 14,3 m³ ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente.

3.6.2. *Eucalyptus saligna*

Plantación

Es necesario una buena preparación del suelo y el control de malezas durante las primeras etapas de establecimiento. No es recomendable plantar en suelos muy compactos o con problemas de drenaje. Las experiencias en Guatemala indican que *E. saligna* responde favorablemente a la fertilización temprana.

E. saligna es susceptible a la competencia con malezas, por lo que la plantación debe mantenerse limpia durante los primeros años, con dos o tres limpiezas por año. Debido al rápido crecimiento y a la alta producción de biomasa es una especie con buen potencial para la producción de leña (Suárez, 1997). Reúne ciertas condiciones para ser utilizadas como sombra de cultivos permanentes, tales como el café, el té y el cardamomo. También se utiliza como poste, ornamental y cortinas rompevientos (Monge, 1997).

Crecimiento y rendimiento

En América Central se ha plantado en Guatemala, Honduras y Costa Rica con éxito variable. En estos países pueden observarse diferencias grandes de crecimiento aun en lugares muy cercanos, lo que se atribuye a problemas de compactación del suelo, debido a que su uso anterior fue la ganadería. El tipo de suelo, la preparación inadecuada del terreno, el mal drenaje y el ataque de hormigas defoliadoras (*Atta* spp), afectan también el buen desarrollo de la especie (CATIE, 1986; Jiménez, 1988).

En sitios donde se reportan crecimientos bajos, de acuerdo con la clasificación de Ugalde (1990), alcanza incrementos mínimos en diámetro a la altura de pecho de $0,55 \text{ cm año}^{-1}$. Mientras tanto, los incrementos máximos obtenidos en estos sitios son de $1,15 \text{ cm año}^{-1}$, con un crecimiento promedio de $0,81 \text{ cm año}^{-1}$, para áreas de bajo crecimiento. En lugares donde se considera que el crecimiento es medio, *E. saligna* logra incrementos diámetros mínimos de $1,92 \text{ cm año}^{-1}$ y máximos de $3,28 \text{ cm año}^{-1}$. En promedio, el incremento medio anual de la especie en sitios medios es de $2,64 \text{ cm año}^{-1}$.

En sitios considerados de alta producción, el incremento menor obtenido es de $3,57 \text{ cm año}^{-1}$ y el máximo incremento es de $4,10 \text{ cm año}^{-1}$, en diámetro a la altura de pecho. Como media del incremento para estos sitios se tiene $3,82 \text{ cm año}^{-1}$.

Para el crecimiento en altura, también se distinguen tres categorías de sitios: bajos, medios y altos (Ugalde, 1990). En sitios de bajo crecimiento, se presentan incrementos mínimos en altura de $0,42 \text{ m año}^{-1}$ y los máximos incrementos son de $1,24 \text{ m año}^{-1}$, con un promedio de $0,71 \text{ m año}^{-1}$.

En sitios catalogados de crecimiento medio, el incremento en altura mínimo es de $2,11 \text{ m año}^{-1}$, en tanto que el máximo es de $3,54 \text{ m año}^{-1}$ y el promedio es de $2,76 \text{ m año}^{-1}$.

Para zonas donde el crecimiento es alto, el incremento mínimo resultante en altura es de $3,94 \text{ m año}^{-1}$ y el máximo incremento que se reporta es de $4,25 \text{ m año}^{-1}$, el promedio es de $4,13 \text{ m año}^{-1}$.

3.6.3. Sitio y productividad

Dos elementos básicos determinan el rendimiento y crecimiento de los rodales:

- La capacidad productiva del sitio (productividad).
- El aprovechamiento que hace el rodal de la potencialidad del sitio.

Un sitio es, una unidad de terreno que presenta combinaciones de variables ambientales que inducen el mismo efecto en el crecimiento (Pojar *et al.*, 1987). La calidad de sitio se considera como su potencial para sostener o permitir un crecimiento dado de una especie. Es un indicador para la formulación de un régimen silvicultural; además, permite hacer comparaciones e interpolaciones sobre resultados de investigaciones en otros lugares (Inions, 1990). Es una de las medidas más difundidas para conocer la capacidad productiva de un terreno y para hacer la mejor selección de la especie a plantar (Phillips, 1992).

Es la respuesta, en el desarrollo de una determinada especie, a la totalidad de las condiciones ambientales (edáficas, climáticas y bióticas) existentes en un determinado lugar. Su conocimiento resulta fundamental en la ingeniería forestal para elegir los mejores sitios, para plantar la especie apropiada en el lugar adecuado y para cambiar sus características. Antes se estaba solo supeditado a cambios en el manejo, especialmente en la densidad del rodal; sin embargo, actualmente pueden mortificarse también sus características físicas, a través de la fertilización, irrigación, preparación del suelo, etc. (Ugalde, 1998).

La productividad es un concepto biológico y no puede expresarse matemáticamente. Por ello, se ha optado por representar la calidad de sitio a través de un valor o índice denominado índice de sitio e índice de productividad, ambos son muy populares porque son una expresión cuantitativa de la calidad de sitio.

La evaluación de la calidad de sitio puede realizarse de dos formas: por métodos directos e indirectos.

3.6.3.1. Métodos directos

- ❖ Determinación de volumen o altura del rodal. Es difícil de interpretar, salvo que el rodal se encuentre cercano a la edad clave o de rotación usada como comparación. Registro histórico de desarrollo y rendimiento. Cada vez es más frecuente que las empresas conserven toda la información de inventarios sucesivos y también de las cosechas de los rodales. Estos datos están desprovistos de todo supuesto y su error es reducido.
- ❖ Intercesión, basada en la medición de longitudes de un cierto número de años de crecimiento después de que el árbol haya alcanzado 1,3 m. Algunos autores recomiendan alturas mayores que 2 y 3 m.
- ❖ Análisis fitosociológico y/o fisionómico de la vegetación presente en el área.

3.6.3.2. Métodos indirectos

Estos métodos conducen a la obtención de índices de sitio o productividad a través de análisis de regresión en tres formas diferentes.

- Medición de uno o más factores del medio que se consideran como íntimamente relacionados con el crecimiento de los árboles.
- Determinación de características propias de los árboles o del rodal consideradas sensibles a la calidad del sitio.
- Una combinación de las anteriores.

3.6.4. Expresiones de la calidad de sitio basándose en parámetros del rodal

En este sentido, se han empleado el volumen y la altura del rodal. El volumen refleja toda la capacidad productiva del sitio, pero se ve afectado por factores ajenos como la densidad, el manejo histórico del rodal y también por el procedimiento de estimación. Otros índices de calidad de sitio o de productividad son el crecimiento medio máximo, evaluado a una determinada edad, o el volumen al final de una rotación.

En la medición de la calidad de sitio la variable del rodal más comúnmente usada es la altura dominante, a través del índice de sitio definido por la mayoría de estudios forestales, como la altura dominante (hd) que tiene o tendrá un rodal a una edad base (Hughell, 1991).

La altura predominante es en alto grado independiente de la densidad y del manejo, esto último siempre que los raleos y/o podas no sean muy intensos. Otra ventaja es su alta correlación con el volumen. Sin embargo, existe una desventaja, y es la existencia de desarrollos en área basal muy diferentes para iguales índices de sitio. Frente a esto, conviene zonificar primeramente por algún índice de productividad de área basal y, dentro de cada zona, utilizar el índice de sitio como indicador fino de productividad.

La altura dominante; puede definirse de varias maneras: como "la altura promedio de los cien árboles más gruesos por hectárea" (Alder, 1980). Aunque otros autores la definen como la "altura promedio de los cien árboles más altos, bien distribuidos por hectárea".

En rodales multietáneos, el concepto tradicional de índice de sitio no es aplicable, ya que la relación altura-edad no es estrecha.

La edad base; es aquella edad seleccionada para determinar el índice de sitio y para su selección se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- ⇒ Que tenga suficientes años para distinguir diferentes índices de sitio con una precisión aceptable.
- ⇒ Que se ubique hacia el final del turno de la especie.
- ⇒ Que esté bien representada con los datos de crecimiento disponibles.
- ⇒ Que se ajuste, hasta donde sea posible, con las edades bases utilizadas en otros estudios (Hughell, 1991).

4. METODOLOGIA

4.1. Localización y caracterización del área de estudio

4.1.1. Localización

El estudio se realizó dentro del territorio geopolítico y áreas circundantes al Cantón de Grecia, Costa Rica. Las coordenadas geográficas es 10°05'39" latitud norte y 84°12'48" longitud oeste (Fig. 1).

4.1.2. Caracterización de la zona

Grecia, pertenece a la provincia de Alajuela. Tiene una extensión de 39.572 ha y la población total del cantón al 1° de julio de 1991 es de 47.973 habitantes, distribuida según se indica en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución de los distritos, área y población del Cantón de Grecia

DISTRITO	AREA (ha)	POBLACION	HOMBRES	MUJERES
Grecia	686	14537	7111	7426
San Isidro	1809	3523	1823	1700
San José	1242	4278	2194	2084
San Roque	2614	6827	3485	3342
Tacares	2484	4797	2470	2327
Río Cuarto	25420	4381	2308	2073
Puente Piedra	2286	5275	2781	2494
Bolívar	3031	4355	2272	2083
TOTAL	39572	47973	24444	23529

(IFAM, 1992).

4.1.3. Distribución y uso de la tierra

En una encuesta realizada por la agencia de extensión agrícola, respecto al tamaño de las fincas y su distribución, se obtuvo como primera categoría que más del 70% pertenece a fincas menores a 3 hectáreas y la segunda categoría con un 20% con fincas de 3 a 9 hectáreas, desglosándose según el cuadro 3.

Cuadro 3. Distribución de fincas de acuerdo al tamaño de finca en el Cantón de Grecia Costa Rica.

Tamaño de finca (ha)	%
0 a 3	72,5
3 a 9	21,4
9 a 20	4,1
20 a 30	2,0

Fuente : Costa Rica. Ministerio Agricultura y Ganadería (1994)

4.1.4. Sistemas de producción

Se han identificado cinco sistemas de producción predominantes:

- Agricultores que tienen solamente el cultivo de café, siendo este el grupo mayoritario y se localiza en la parte alta del Cantón.
- Agricultores que tienen café asociado con frutales: Aguacate (*Persea americana*), anona (*Annona reticulata*) y naranja (*Citrus sinensis*), se localizan en la parte media y alta del Cantón.
- Agricultores que tienen café y caña con el café, establecido en las áreas más quebradas de la finca y se localizan en la zona media del Cantón.
- Agricultores que tienen cultivos perennes, caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) o café y siembran hortalizas en forma intercalada, aprovechando la poda de café por lote o la siembra nueva de caña.

En el Cuadro 4 se presenta la caracterización de las fincas del cultivo de café en Grecia.

Cuadro 4. Caracterización de las fincas de café del Cantón de Grecia.

Número de Explotaciones	1352
Area total	3527
Extensión plantada en edad de producción	3012
Extensión plantada no en edad de Producción	515

Costa Rica, Censo Agropecuario de 1984

Como actividad principal está la caña de azúcar, café, hortalizas y la ganadería.

4.1.5. Topografía

Hacia el sur el cantón las tierras son de poca pendiente (2 a 10%) que se prolonga hasta los 900 msnm, a partir de esta altura y hasta los 1200 msnm se encuentran pendientes entre 15 a 25%. La zona alta que va de los 1200 hasta los 1600 msnm, presenta pendientes que llegan hasta el 70%, a mayores alturas se localiza la reserva forestal que mide 200 ha.

4.1.6. Suelos

La mayoría de los suelos de esta área se han originado a partir de materiales piroplásticos (cenizas y arenas volcánicas). Según la definición de clases agrológicas de Suárez (1980), se dividen en tres grupos.

1. Terrenos apropiados para establecer en ellos cultivos anuales que exigen escardas periódicas (incluyen las clases I, II, III y IV).
2. Terrenos apropiados para establecer en ellos vegetación permanente (potrero, bosque o plantación permanente) pertenecen las clases V, VI y VII.
3. Terrenos inapropiados para cualquier utilización agropecuaria.

Básicamente los suelos de la zona de estudio forman suelos de la clase IV que representan el 30%, suelos clase VI con un 25%, Clase III 20%, clase VII con un 15% y clase II con un 10%.

Por su origen son suelos profundos y fértiles, con excelentes características físicas que permiten una rápida infiltración de las aguas de lluvia, haciéndolos aptos para el desarrollo agropecuario.

4.1.7. Clima

Grecia presenta dos épocas bien definidas: la época seca que comprende de diciembre a abril, siendo enero a marzo los meses más secos y la época lluviosa que va de mayo a noviembre, destacándose agosto a octubre como los meses más lluviosos. La lluvia promedio es de 2.500 a 3.000 mm año⁻¹. Este Cantón se puede dividir en dos zonas climáticas:

- Zona cálida, que tiene una temperatura anual mayor a 24°C, y comprende los lugares más bajos, cuyas altitudes son menores de 1000 msnm, Tacares, Puente Piedra y Grecia Centro.
- Zona templada cálida, cuya temperatura promedio se encuentra entre 18 a 20°C, se presenta en los lugares que tienen una altura situada entre 1000 y 1600 metros como lo son : Bolívar, San José, San Roque y San Isidro.

En lo que respecta a los vientos, se puede decir que los que más predominan son del este y noreste (vientos alisios), los cuales son muy intensos y comienzan a soplar en diciembre y se prolongan hasta marzo, originando gran cantidad de lluvias en las partes altas de la región.

4.2. Productores a estudiar

La población de estudio son productores de café que utilizan los servicios que presta el Centro Agrícola Cantonal de Grecia; el cual contó con apoyo económico del gobierno central a través del Fondo de Desarrollo Forestal (FDF), el Certificado de Abono Forestal (CAF) y el Certificado de Abono Forestal por adelantado (CAFa).

Para la selección de los productores a encuestar primeramente se realizó una estratificación por tipo de productor, los cuales son:

- ◆ Productores que han reforestado utilizando incentivos forestales.
- ◆ Productores que han reforestado sin incentivos.
- ◆ Productores que no han reforestado.

La selección de los productores en cada estrato se realizó de manera aleatoria, solamente en el estrato de reforestadores sin incentivos, se seleccionó el total de los productores.

4.3. Tamaño de muestra

Corresponde a 42 productores el cual representa el 13,5% de la población total a estudiar (311), distribuido de la siguiente manera; 21 productores que han reforestado utilizando los incentivos forestales, 8 que han reforestado sin utilizar los incentivos y 13 que no han reforestado en su finca (Fig. 2).

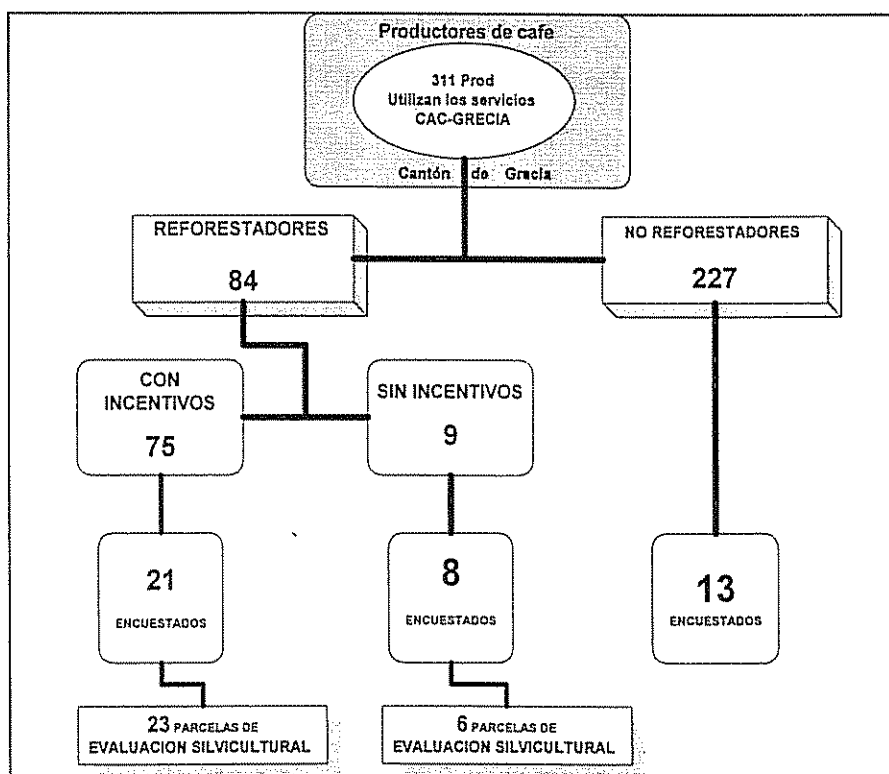


Fig. 2. Distribución de los productores de Grecia y la población de estudio.

4.4. Método de investigación

El método de investigación empleado fue la encuesta, la cual se combinó con la entrevista para darle un mejor seguimiento a la conversación y también porque ésta provee información muy valiosa, crea menos sospechas y genera menos resistencia (Bunch, 1985).

Para recopilar la información que pudiera ser útil para los análisis posteriores, se aplicó un cuestionario (anexo 1A, 1B, 1C) para cada uno de los productores seleccionados.

En el cuestionario se incluyeron variables socioeconómicas y de uso de los incentivos siendo las siguientes:

- Tamaño de la finca (ha).
- Area total del cultivo de café (ha).
- Nivel de educación del núcleo familiar (años de estudio).
- Distribución de la mano de obra (jornales por ha año⁻¹ del área total de la finca).
- Fuente de ingresos (de la finca y fuera de la finca).
- Actividad principal a que se dedica.
- Visión de futuro.
 - Conocimiento de incentivos forestales.
 - Uso de incentivos forestales.
 - Area plantada con árboles maderables.
 - Tipo de uso de los árboles.
 - Capacitación recibida.
 - Importancia que le da al componente arbóreo en su finca.

Para realizar el análisis de variables que presentan varias categorías fue necesario realizar una categorización para realizar la interpretación de los resultados obtenidos.

Con la edad de los participantes, se realizó una categorización en tres grupos; Cat. I (< 41 años), Cat. II (42 a 52 años) y Cat. III (> 54 años), bajo el criterio que hubiese igual número de productores en cada una de ellas ya que se contaba con varias categorías (Hernández *et al.*, 1991; Kleinn, 1997), dificultándose su interpretación.

Las variables tamaño de finca, área bajo cultivo de café y área de sistema agroforestal se estratificaron en tres categorías; pequeñas (< 5 ha), medianas (5,1 a 10 ha) y grandes (> 10 ha), cuyas áreas se determinaron con base a la estratificación realizada por el MAG (1994), donde determinan cuatro categorías: de 0 a 3 ha, 3 a 9 ha, 9 a 20 ha y de 20 a 30 ha y los resultados de un diagnóstico realizado por Alvarado y Rojas (1992), donde determinan tres categorías o estratos: I (0-5), II (5.01-20) y III (>20).

4.5. Análisis estadístico

Dentro de las variables consideradas se encuentran algunas que son continuas y otras discretas, en estas últimas hay unas que son categóricas (que pueden tomar un limitado número de valores discretos) y las dicotómicas (que solo pueden tomar valores de uno o cero (SI o NO). Todos los datos fueron analizados mediante el programa SAS (Statistical Analysis System).

4.5.1. Estadísticas descriptivas

Mediante el programa SAS, las variables fueron sometidas a un análisis univariado. Este análisis consistió en tablas de frecuencia y cruce de variables para conocer la influencia de determinados factores: variables cuantitativas y cualitativas, obtenidas del cuestionario y datos de campo (aspectos socioeconómicos y aspectos silviculturales de los árboles maderables). Los datos obtenidos nos dan la pauta para la aplicación o no de las pruebas de correlación y regresión de las variables. Para la prueba de hipótesis se utilizó la prueba T de

Student comparando las medias de las variables silviculturales con distribución normal.

En las estadísticas descriptivas realizadas para la caracterización de los productores de Grecia, se incluyeron otras variables de carácter informativo que no fueron consideradas en el modelo.

4.5.2. Especificación del modelo multivariado para determinar factores que influyen en el área de sistema agroforestal

Las preguntas en la encuesta son definidas como variables independientes, que nos explican el comportamiento de la variable dependiente (proporción de área reforestada con respecto al área de café). En el cuadro 5 se resumen las variables y se encuentran las hipótesis y el efecto de cada una de éstas en la decisión de que área con sistema agroforestal implementar en su finca. En todo los casos, se determinan si la hipótesis nula, de que los coeficientes de regresión son iguales a cero fuera rechazada.

$$H_0: \beta_0 = 0; \beta_1 = 0; \beta_2 = 0; \beta_k = 0.$$

$$H_1: \beta_0 \neq 0, \beta_1 \neq 0, \beta_2 \neq 0, \beta_k \neq 0.$$

Cuadro 5. Variables e hipótesis esperada para el análisis de regresión.

VARIABLE	DESCRIPCION	HIPOTESIS
EDAD	Edad del productor (años)	$\beta_1 < 0$
SINGRE	Ingresos fuera de la finca (SI o NO)	$\beta_2 > 0$
SICRED	Si tomaría crédito para reforestar	$\beta_3 > 0$
DESIPRO	Décision del productor donde plantar	$\beta_4 > 0$
SIPLARE	Si es rentable sembrar árboles con café	$\beta_5 > 0$
SIRECIBE	Si recibe asistencia técnica (SI o NO)	$\beta_6 > 0$
SISEMB	Seguirá sembrando árboles (Si o No)	$\beta_7 > 0$
SIPLANSI	Si plantase sin incentivos	$\beta_8 > 0$

La estimación del modelo se realizó haciendo uso del programa SAS, con el procedimiento PROC REG y el método STEPWISE con la opción de eliminar una por una de las variables independientes que no presentara significancia a $p < 0,05$.

Los signos positivos (> 0) y negativos (< 0) indican que se esperaba que la influencia de las variables independientes sobre la variable dependiente fuera positiva ó negativa, respectivamente.

La forma general de la ecuación con las variables del Cuadro 5, que posiblemente influyen en el área de café con maderables, es la siguiente:

$$Y \text{ [Proporción de área agroforestal]} = \beta_0 + \beta_1 \text{ EDAD} + \beta_2 \text{ SINGRE} + \beta_3 \text{ SICRED} + \beta_4 \text{ DESIPRO} + \beta_5 \text{ SIPLARE} + \beta_6 \text{ SIRECIBE} + \beta_7 \text{ SISEMB} + \beta_8 \text{ SIPLANSI} + \varepsilon_i$$

Se realizaron las pruebas para determinar: autocorrelación mediante la prueba de Durbin Watson y el índice de inflación de la varianza, multicolinealidad con el índice de condición y heteroscedasticidad con la prueba de Breusch Pagan. Para comprobar que los estimados de los coeficientes del modelo de regresión cumplen con los supuestos estadísticos sobre la distribución del término del error poblacional.

4.6. Plantaciones estudiadas

4.6.1. Establecimiento de parcelas

Se establecieron parcelas temporales de evaluación en cada una de las fincas que cuentan con sistema agroforestal. Estas son representativas de diferentes condiciones de sitio de Grecia. Para un mejor entendimiento, se definen a continuación los tipos de plantaciones considerados en este estudio, basado en Martínez (1989):

Sistema agroforestal en Bloque: los árboles maderables tienen una distribución sistemática y están en combinación con el cultivo de café.

Sistema agroforestal en línea: los árboles maderables están dispuestos en una sola línea, delimitando la finca o la orilla de los caminos internos.

Las fincas seleccionadas, tienen los siguientes requisitos:

- Un año como edad mínima de los árboles maderables.
- Sistemas agroforestales (con cultivo de café).
- Area mínima del sistema agroforestal en bloque 0,5 hectáreas y en línea 38 árboles, en una sola dirección.

4.6.2. Evaluación silvicultural

La recolección de la información silvicultural se realizó en cada una de las fincas de los productores que cuentan con árboles maderables, lo que representa a 29 fincas. En cada finca se marco una parcela temporal para realizar la toma de datos de campo utilizando la metodología siguiente.

4.6.3. Tamaño de la parcela

En el sistema agroforestal en bloque, el tamaño de la parcela fue definido por 6 árboles por cada lado (36), independientemente del distanciamiento entre árboles y dejando por lo menos una hilera de árboles de borde, presentándose parcelas con área de 126 a 1716 m² (Chavarría y Valerio, 1993).

En el sistema agroforestal en línea el tamaño de parcela está determinado por 36 árboles en línea, independientemente de la distancia de siembra y con un

árbol de borde a cada extremo, presentándose parcelas con área de 36 a 288 m lineales.

La ubicación de cada una de las parcelas fue aleatoria en cada una de las fincas (definiendo una de las esquinas de la parcela por medio de sorteo). El número de parcelas por finca se definió por variaciones en edad, especie, sitio y sistema de siembra evaluados.

4.6.4. Mediciones en las parcelas

Variables a medir de los árboles introducidos:

- **Edad (meses)**, información proporcionada por el productor y corroborado con información del CAC-Grecia.
- **Supervivencia (%)**
- **Altura total (m)**
 - Se tomó desde la superficie del suelo hasta el ápice terminal del árbol.
 - Se midieron todos los árboles de la parcela, haciendo uso de un hipsómetro se expresó en metros con un decimal.
- **Diámetro a la altura del pecho (DAP; m)**
 - Se tomó con una cinta diámetrica a una altura estándar de 1.3 metros.
- **Bifurcación del fuste**
 - Se consideró una escala de tres categorías:
 - (1) sin bifurcación.
 - (2) bifurcado a menos de 3 metros.
 - (3) bifurcado sobre los 3 metros.
- **Torsión basal del fuste**
 - Se considera una escala de dos categorías:
 - (1) ausente.
 - (2) presente y reduce el potencial productivo del árbol.
- **Potencial productivo**
 - Se consideraron tres categorías:
 - (1) sano, posible llegue a cosecha final sin problemas.

- (2) problemas recuperables, pero debe aprovecharse antes de la cosecha final.
- (3) enfermo o dañado, no productivo.

A cada parcela se le calcularon los promedios de cada una de las variables utilizando el sistema MIRA (Ugalde, 1998). Se estimó la altura dominante de los árboles más altos de la parcela, en 100 árboles por hectárea para plantaciones en bloque y en 100 árboles por kilómetro para plantaciones en línea, lo que junto con la edad del rodal fueron utilizados en los modelos de índices de sitio desarrollados en Turrialba y Huertar Norte, Costa Rica para la especie de *Eucalytus saligna* y *E. deglupta*. Esto permitió la comparación de crecimiento entre sitios y probar la hipótesis en cuanto a diferencia silviculturales entre sistemas agroforestales, con o sin incentivos forestales, dentro de la zona de estudio.

4.7. Estimación del índice de sitio (IS)

El índice de sitio se define como la altura dominante (hd) que tiene o tendrá un rodal a una edad base (Hughell, 1991). Tradicionalmente, se define la altura dominante como la altura promedio de los cien árboles con DAP mayor por hectárea (Alder, 1980), aunque otros autores lo definen como los cien arboles más altos.

Para determinar el comportamiento de la altura dominante con la edad en las dos especies, se utilizó el modelo de Schumacher (Ecuación 1).

$$\text{Ln}(hd) = \beta_1 + \beta_2 / \text{edad}^K \quad 1$$

Ln: Logaritmo natural. β : Coeficientes. K: Constante

Los coeficientes de los modelos utilizados para la especie *E. saligna*, fueron desarrollados por Hughell (1989), para plantaciones con edad base de 60 meses. Para la especie *E. deglupta* se utilizaron los coeficientes calculados por Chavarría

(1996) para la Región Huertar Norte de Costa Rica, a edad base de 60 meses. Estos valores se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Coeficientes de la ecuación de altura dominante calculados por Hughell (1989) y Chavarria (1996)

Especie	β_1	β_2	K
<i>E. saligna</i>	6,932	-10,036	0,2
<i>E. deglupta</i>	5,248	-3,329	0,2

Para estimar el valor de K se probaron en las regresiones, varios valores para este coeficiente desde 0,05 hasta 2, escogiéndose el valor que arrojó el mayor coeficiente de determinación.

Para obtener la ecuación que estima el índice de sitio con base a la edad y la altura dominante utilizó el método de la curva guía (Alder 1980).

Hughell (1991) describe el método en tres pasos;

1. Desarrollar una ecuación para estimar la altura dominante con base a la edad, la cual define la curva guía.
2. Seleccionar entre los modelos interceptos comunes y pendientes comunes para definir una familia de curvas de índice de sitio.
3. Aplicar el modelo seleccionado para calcular el índice de sitio para cada parcela.

El paso 1 ya está completo, por lo que luego de obtener la ecuación que mejor se ajusta a los datos disponibles en cada especie, se construyeron las curvas de índice de sitio por el método de pendiente común o curvas anamórficas.

La ecuación simplificada que resultó fue (Ecuación 2):

$$\ln(IS) = \ln(hd) + \beta_2(1/Eb^k - 1/E^k) \quad 2$$

Donde:

IS: Índice de Sitio en m β_2 : Coeficiente de la ecuación de altura dominante

hd: Altura dominante. Eb: Edad base. E: Edad de la plantación. K: Exponente de mejor ajuste.

4.8. Curvas de índice de sitio

El estudio del crecimiento y rendimiento posibilita el manejo de las plantaciones de manera sostenible y permite hacer cálculos acerca de la rentabilidad de la actividad, al comparar los costos y los rendimientos a obtener, los cuales se traducen en ingresos económicos. Ubicar las plantaciones respecto a curvas de índice de sitio permite clasificarlas para orientar su manejo a su objetivo final (Otárola, 1996).

Despejando la altura dominante se construyó la familia de curvas anamórficas (las que mejor ajustaron) para cada especie. Para ver su ajuste, estas curvas se plotearon con el valor de las parcelas.

Agrupación por clase sitio

Luego de asignar el valor de índice de sitio a cada parcela y especie se hizo una agrupación en clase de sitio; Clase Alta (I), Clase Media (II) y Clase Baja (III), esta clasificación se realizó basándose en el índice de sitio.

Estimación de la altura promedio

La altura promedio (h), es un buen indicador para estimar la productividad del sitio. Se considera que la altura de un bosque no está muy afectada por la densidad, lo que hace innecesario incluirla en el análisis (Alder 1980). La estimación de la altura promedio por especie en este estudio se basó en la edad y

el índice de sitio, de acuerdo con la metodología sugerida por Hughell (1991), mediante regresión múltiple, utilizando el siguiente modelo (Ecuación 3):

$$\text{Ln}(h) = \beta_1 + \beta_2 / E + \beta_3 * \text{Ln}(IS) \quad 3$$

donde:

h = altura media en metros

E = la edad en meses

IS = el índice de sitio representado por la altura dominante a los 60 meses de edad β_1 , β_2 ,

β_3 = son los coeficientes estimados por regresión

Ln = es el logaritmo natural con base e=2,718282.

Solamente se desarrollaron para este estudio los coeficientes para la especie saligna (anexo 3), presentándose los resultados en el cuadro 7, para realizar las comparaciones entre las plantaciones realizadas con incentivos y sin incentivos.

Cuadro 7. Coeficiente de la ecuación de altura media calculados por regresión

Especie	β_1	β_2	β_3
<i>E. saligna</i>	-0,304162	-25,1899557	1,165767

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. El rol del CAC-GRECIA en el programa de reforestación

El Centro Agrícola Cantonal de Grecia organizo e inicio la ejecución del programa de reforestación en el año de 1992. Ya en 1991 había participado conjuntamente con el CAC-Naranjo, En esta ocasión hubo participación de agricultores de los cantones de Grecia, Naranjo, Palmares y Valverde Vega. En 1992 participan 35 agricultores, todos afiliados al CAC de su cantón, con una proyección de 100 ha a reforestar. Los objetivos del programa son proteger el medio ambiente e incrementar el bienestar social y económico del cantón, ofrecer al agricultor alternativas de producción agroforestales y cultivos en bloque, lo que le permite aprovechar todas aquellas áreas desocupadas y diversificar su producción.

La ejecución y seguimiento fue llevada a cabo por un extensionista, funcionario del MAG, en coordinación con el administrador del CAC-Grecia, que fueron los encargados de realizar la promoción del programa de reforestación y la administración de los fondos. En cuanto al aspecto técnico forestal estuvo a cargo del regente forestal (profesional de las ciencias forestales). Es de hacer notar, que al hacer el estudio, el CAC solamente contaba con el administrador.

El programa de reforestación contempla las actividades de asistencia técnica y capacitación, manifestando que la asistencia técnica oportuna es indispensable para el éxito de las plantaciones. La capacitación fue dirigida en dos sentidos; silvicultura y aspecto legal. La última reforestación realizada con incentivos forestales corresponde al año de 1996, donde el incentivo ya no era por área sino por árbol.

Uno de los distritos de Grecia con mayor participación en el programa de reforestación es San Isidro, donde los productores manifestaron que se unieron al programa por la visita realizada por el extensionista, favoreciendo que era vecino de esa comunidad.

Las plantitas para realizar la reforestación son proporcionadas por el vivero forestal con que cuenta el CAC-Grecia, el cual deducen del monto otorgado el valor de las plantas.

5.2. Distribución de tamaño de finca, área de café y sistema agroforestal

En la Fig. 3, se presenta la distribución de las fincas, área de cultivo de café y área de SAF entre los productores que han utilizado los incentivos forestales.

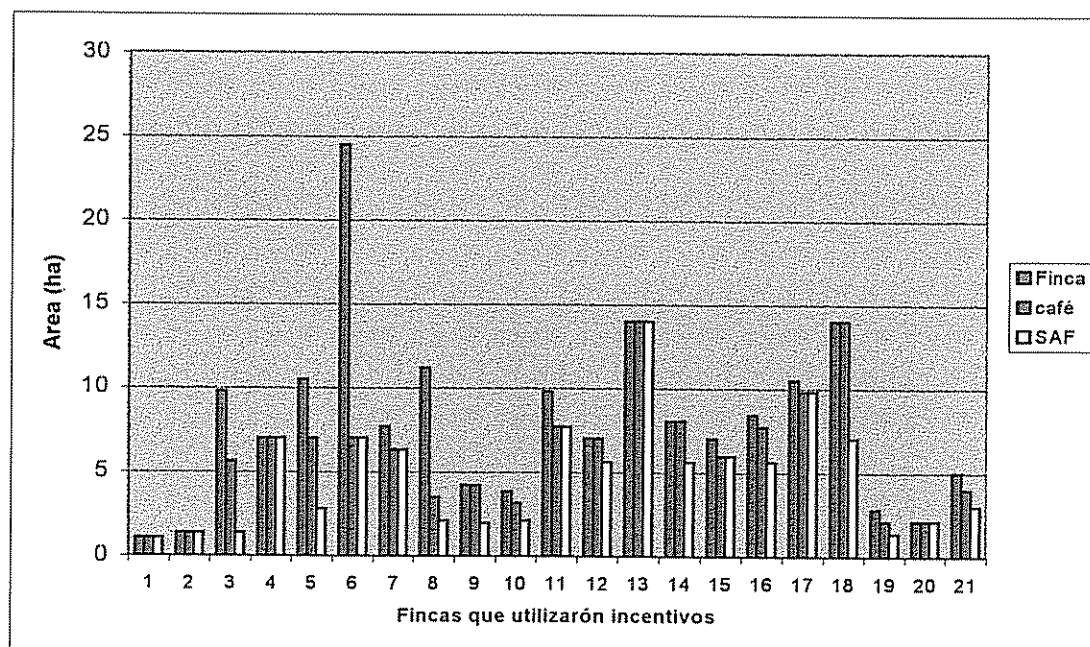


Fig. 3. Distribución de tamaño de fincas, área de café y sistema agroforestal.

El área total de las fincas de estudio corresponde a 170 ha de éstos 127 ha están sembradas de café que representa el 75% del área total de la finca, Alvarado y Rojas (1992), en una encuesta realizada en fincas que se dedican al

cultivo de café en Costa Rica, encontraron que en promedio el 67% del área total de la finca está bajo cultivo de café.

El área con café-maderables corresponde 101 ha que representa el 78% del área total con cultivo de café. Es de observar que solamente dos fincas tienen área SAF menor del 50% del cultivo de café, esto se debe a que solamente solicitaron para la reforestación de una ha. Al inicio, el programa de reforestación no incluía los sistemas agroforestales, por lo que a los productores que utilizaron los incentivos se les exigía la siembra de 1111 arbolitos, los cuales fueron sembrados en línea en los caminos internos lo que aumentaba el área a reforestar.

En la Fig. 4, se presenta la distribución de las fincas, área de cultivo de café y área de SAF entre los productores que no han utilizado los incentivos forestales. Con un área total de finca de 96 ha de las cuales 77 ha está bajo cultivo de café que representa el 81% y solamente 15 ha de café con maderables que corresponde a 19% de área total del cultivo de café, es de hacer notar que al promediar sin la finca no. 3, el porcentaje de café con maderables corresponde a un 29%.

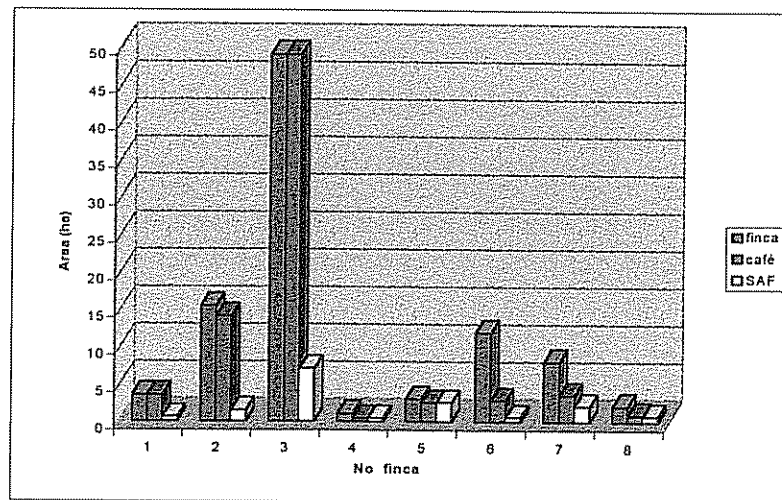


Fig. 4. Distribución de tamaño de fincas, área de café y SAF entre productores sin incentivos.

En la Fig. 5, se presenta la distribución de las fincas, área de cultivo de café entre los productores que no han reforestado. El área total de finca corresponde a 67 ha y 51 ha de cultivo de café que representa el 76% del total de la finca.

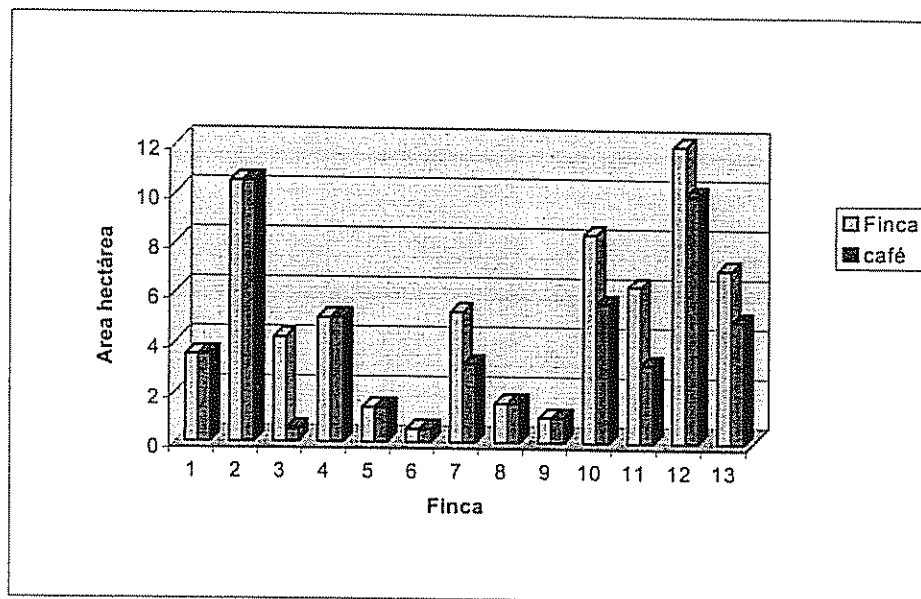


Fig. 5. Distribución de tamaño de fincas y área de café, productores sin sistema agroforestal.

En el anexo 2 se presenta los datos globales por tipo de productor y áreas total de finca, de café y sistema agroforestal.

El 45% del total de los productores de estudio cuentan con fincas pequeñas (<5 ha), las fincas medianas (5 a 10 ha) y grandes (> 10 ha) presentan casi la misma distribución 29% y 26%, respectivamente (Cuadro 8).

Tanto los productores que cuentan con el sistema agroforestal sin incentivos, como los que no tienen el sistema agroforestal, poseen fincas de áreas menores o iguales a cinco hectáreas, representando un 50% y 62%, respectivamente; a diferencia de los productores que tienen el sistema agroforestal con incentivos, que presentan una distribución según el tamaño de finca casi igual en las tres categorías. Los productores con fincas con áreas

mayores de 5 ha son los que más uso han hecho de los incentivos forestales ya que representan el 67% de los productores con sistema agroforestal con incentivos.

Cuadro 8. Frecuencia y porcentaje en la estratificación de tamaño de finca y distribución por tipo de productor.

Tamaño de Finca	Tipo de Productor						Total %
	Sistemas Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos		n	%	
	n	%	n	%			
Pequeña (0-5)ha	7	33	4	50	8	62	45
Mediana (5,1-10)	8	38	1	13	3	23	29
Grande (>10)	6	29	3	37	2	15	26
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3. Características de la población de estudio

5.3.1. Edad de los productores

El 95% de la población en estudio son productores activos, con un rango de edad comprendido entre 22 y 77 años, donde el 67% de los productores son menores de 53 años. El 71% de los productores que han utilizado los incentivos son mayores de 42 años, lo que se deduce que productores con mayor edad, que han tenido experiencia con créditos agrícolas, son los que estén utilizando los incentivos, a diferencia de los reforestadores sin incentivos y no reforestadores que el 50 y 46%, respectivamente son productores con edad menos de 42 años (Cuadro 9).

Cuadro 9. Frecuencia y porcentaje de edad de los productores de acuerdo a su distribución en categorías

Edad del Productor por Categoría	Tipo de Productor						Total %
	Sistemas Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Cat. 1 (<41)	4	19	4	50	6	46	33,3
Cat. 2 (42-53)	11	52	1	13	2	15	33,3
Cat. 3 (>54)	6	29	3	37	5	39	33,4
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.2. Vive en la finca

El 71% del total de los productores encuestados viven en la finca (Cuadro 10). De los productores que no tienen el sistema agroforestal, un 92% viven en la finca. Esto está relacionado con tamaño de la finca, ya que el 62% posee áreas menores de 5 ha, que se ubican en los cascos urbanos de los distritos. Algunos productores manifestaron no reforestar por la demanda de tierra para construcción que se presenta en la zona.

Los productores que tienen el sistema agroforestal, con o sin incentivos, solamente el 62% viven en ella, ya que el 67 y 50% respectivamente, de los productores poseen finca con áreas mayores a 5 ha lo que le genera un mayor ingreso que les permite vivir en la ciudad. Otra de las situaciones es que por ser fincas grandes se encuentran ubicadas fuera del casco urbano.

Cuadro 10. Frecuencia y porcentaje de características socioeconómicas (residencia) por tipo de productor.

Vive en la finca	Tipo de Productor						Total %
	Sistemas Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Si vive	13	62	5	62	12	92	71
No vive	8	38	3	38	1	8	29
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.3. Nivel de educación

El 57% del total de los productores poseen educación primaria, el 22% ha recibido educación secundaria, el 7% educación técnica, el 14% con educación universitaria y no se presentó ningún caso de productores sin educación; esto se debe a que la edad promedio de los productores es de 48 años y Grecia es un cantón con un grado de analfabetismo de un 6% (Costa Rica. Ministerio Agricultura y Ganadería, 1994) y un sistema educativo distribuido en toda la zona.

El 58% de los reforestadores (con/sin incentivos) tienen educación primaria, el 28% educación secundaria y 14% educación superior, observándose que productores con una educación básica son los que más han reforestado, es de suponer que esta tendencia está relacionada con la edad, ya que productores con edades mayores de 42 años presentan el mayor porcentaje de reforestación (cuadro 11).

Cuadro 11. Frecuencia y porcentaje de características socioeconómicas (educación) por tipo de productor.

Nivel de Educación	Tipo de Productor						Total %
	Sistemas Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Primaria	10	48	7	88	7	54	57
Secundaria	6	29	0	0	3	23	22
Técnica	2	9	1	12	0	0	7
Universitaria	3	14	0	0	3	23	14
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.4. Mano de obra

De los productores reforestadores con fincas de 5 hectáreas o menores, el 64% cuenta con mano de obra familiar y solamente un 27% contrata mano de obra permanente, a diferencia el grupo de productores con fincas mayores o iguales a 7 ha el 61% cuenta con mano de obra familiar y el 72% cuenta con mano de obra

contratada, Esto es lógico, ya que las fincas grandes demandan más mano de obra,

5.3.4.1. Mano de obra familiar

En promedio de este índice de mano de obra es 0,38, para reforestadores lo que nos indica que, en promedio por cada hectárea de tierra trabaja 0,38 personas. Esto quiere decir que en promedio por cada 2,8 ha de finca, trabaja una persona del grupo familiar por año. Los no reforestadores tienen un promedio de 0,52 o sea que por cada 1,92 ha de finca, trabaja una persona del grupo familiar. Estos resultados sugieren que en los no reforestadores hay mayor disponibilidad de mano de obra, que se puede destinar para actividades de reforestación.

La mano de obra que reportan los productores se refiere a la propia y la participación de los hijos, la cual se distribuye de la siguiente manera; 24% lo hace a tiempo completo, 21% realiza labores parciales y 55% no tiene participación. La esposa no tiene participación en las actividades agrícolas.

El 93% del total de los productores hace uso de mano de obra familiar, dándose una participación de 1 a 4 miembros por familia, incluyendo el productor. Los productores que tienen el sistema agroforestal sin incentivos, el 100% manifestó tener la participación de mano de obra familiar; el 90% de los productores con sistema agroforestal con incentivos tienen mano de obra familiar o propia y los productores que no tienen el sistema agroforestal, el 92% manifiesta contar con la participación de mano de obra familiar (Cuadro 12).

Cuadro 12. Frecuencia y porcentaje de características socioeconómicas (mano de obra familiar) por tipo de productor.

Utilización de mano de obra familiar	Tipo de Productor						Total n %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
No (Participación)	2	10	0	0	1	8	7
1 Miembro	10	48	3	37	8	61	50
2 Miembros	5	24	3	37	3	23	26
3 o más	4	18	2	26	1	8	17
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.4.2. Mano de obra permanente contratada

En promedio presenta un índice de mano obra de 0,15 para productores que tienen sistema agroforestal, los cuales contratan a una persona por año por cada 6,6 ha de la finca. Esto indica que las fincas pequeñas cuentan con mano de obra familiar y no contratan personal permanente. Los no reforestadores tienen un índice de 0,18, lo que indica que por cada 5,5 ha de finca contratan un jornal por año, presenta una diferencia con los reforestadores de 1,1 ha lo que muestra que al contar con sistema agroforestal algunas actividades se reducen (limpia).

Solamente un 48% del total de los productores contratan mano de obra permanente. De los productores que cuentan con el sistema agroforestal con incentivos, el 57% contratan mano de obra, mientras que los que no tienen sistema agroforestal lo hacen en un 31%. Los tres tipos de productor realizan la contratación solamente para labores eventuales (renovación, cosecha, etc.) que demanda mano de obra extra a la que cuentan (Cuadro 13).

Cuadro 13. Frecuencia y porcentaje de características socioeconómicas (mano de obra contratada) por tipo de productor.

Utilización de mano de obra contratada	Tipo de Productor						Total %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Ninguna	9	43	4	50	9	69	52
Contrata 1	6	29	2	25	3	23	26
Contrata 2	3	14	1	12,5	1	8	12
Contrata 3 o mas	3	14	1	12,5	0	0	10
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.5. Ingresos fuera de la finca

El 38% de la población en estudio cuenta con ingresos fuera de la finca, esta distribución se presenta por igual en los tres tipos de productores. Del total de productores con ingresos fuera de la finca, el 64% poseen fincas con área igual o menor de 3 ha y 36% poseen fincas con área mayor o igual a 7 ha, lo que evidencia que el cultivo de café no demanda mano de obra permanente permitiendo que los productores realicen labores fuera de la finca (Cuadro 14).

Cuadro 14. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades fuera de la finca por tipo de productor.

Ingreso fuera de la finca	Tipo de Productor						Total %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Sí Tiene	8	38	3	38	5	38	38
No Tiene	13	62	5	62	8	62	62
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.6. Ingreso por cultivo de frutales

El 14% de los productores tienen como otros ingresos de la finca la producción de frutas (naranjas y aguacate). De ellos, el 100% son productores que

cuentan con el sistema agroforestal con incentivos, esto influye negativamente en porcentaje de área a reforestar por estar combinado con el cultivo café, pero presentan una mayor actitud a la introducción de árboles maderables en su finca (Cuadro 15).

Cuadro 15. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas (frutales) por tipo de productor.

Ingreso por cultivo de frutales	Tipo de Productor						Total %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Sí Tiene	6	29	0	0	0	0	14
No Tiene	15	71	8	100	13	100	86
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.7. Ingreso por cultivo de caña

El 24% del total de los productores obtienen ingreso del cultivo de caña, siendo los productores con sistema agroforestal sin incentivos con mayor porcentaje 38%, lo que evidencia la importancia del cultivo de caña en la zona y que en alguna medida limita la implementación del sistema agroforestal, ya que no es compatible con este cultivo (Cuadro 16).

Cuadro 16. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas (caña) por tipo de productor.

Ingreso por Cultivo de Caña	Tipo de Productor						Total %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Sí Tiene	4	19	3	38	3	23	24
No Tiene	17	81	5	62	10	77	76
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.8. Ingreso por cultivo de hortalizas

Solamente un 7% de los productores de estudio presentan ingresos por cultivo de hortalizas (tomate, chile, vainica). El 25% de los productores que cuentan con el sistema agroforestal sin incentivos y un 8% de los productores sin sistema agroforestal, tienen ingresos por este rubro. Este es uno de los factores que influye negativamente en el área a reforestar por ser una actividad que demanda mucha mano de obra (Cuadro 17).

Cuadro 17. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas (hortaliza) por tipo de productor.

Ingreso por Cultivo de Hortaliza	Tipo de Productor						Total %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Si Tiene	0	0	2	25	1	8	7
No Tiene	21	100	6	75	12	92	93
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.9. Ingreso por actividad ganadera

Solamente un 12% del total de los productores tienen ingreso por actividad ganadera, esto se debe a que la mayoría de las fincas poseen área menor de 7 ha. Es de hacer notar, que los productores que cuentan con el sistema agroforestal con o sin incentivos en un 14% y 25%, respectivamente, obtienen ingreso por este concepto (Cuadro 18).

Cuadro 18. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas (ganadería) por tipo de productor.

Ingreso por ganadería	Tipo de Productor						
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Sí Tiene	3	14	2	25	0	0	12
No Tiene	18	86	6	75	13	100	88
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.10. Máximo ingreso por actividad agrícola de la finca

El café representa el mayor ingreso para el 90% de los productores encuestados. Para el 100% de los productores con sistema agroforestal con incentivos, su máximo ingreso es obtenido del cultivo de café. Entre los productores con sistema agroforestal sin incentivos corresponde un ingreso del 63% por cultivo de café, 25% de cultivo de hortalizas y 12% cultivo de arbolitos de Navidad y para los productores que no cuentan con sistema agroforestal el 92% de su ingreso proviene de café y el 8% del cultivo de caña (Cuadro 19).

Cuadro 19. Frecuencia y porcentajes de ingresos de actividades agrícolas por tipo de productor.

Mayor ingreso de actividades de la finca	Tipo de Productor						
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Café	21	100	5	63	12	92	90
Caña	0	0	0	0	1	8	2
Hortaliza	0	0	2	25	0	0	5
Otros	0	0	1	12	0	0	3
Total	21	100	8	100	13	100	100

Esto es evidente al comparar área total de la finca y área del cultivo de café donde el 77% corresponde a este cultivo, lo que indica que es una zona cafetalera.

Esta distribución sigue la misma tendencia que presenta el IFAM (1992) de la actividad principal de la zona (caña de azúcar, café, hortaliza y la ganadería).

5.3.11. Asistencia técnica

El 64% del total de los productores encuestados manifestó no recibir asistencia técnica (visita del técnico a la finca), siendo los productores que no cuentan con sistema agroforestal los que más reciben asistencia técnica en un 54%. Los productores con sistema agroforestal con o sin incentivos manifestaron no recibir asistencia técnica en 67% y 87%, respectivamente (Cuadro 20).

Cuadro 20. Frecuencia y porcentaje de respuesta a pregunta si recibe asistencia técnica.

Recibe asistencia técnica	Tipo de Productor						Total %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Sí	7	33	1	13	7	54	36
No	14	67	7	87	6	46	64
Total	21	100	8	100	13	100	100

Los productores que cuentan con el sistema agroforestal con o sin incentivos el 72% manifestó no recibir asistencia técnica, caso contradictorio ya que el 62% manifestó recibir capacitación en manejo del cultivo de café, hortalizas caña, agricultura orgánica y los productores que han utilizado los incentivos forestales manifestaron recibir capacitación en; poda, raleo, recolección de semilla, control de plagas y enfermedades en plantaciones forestales, charlas motivacionales y giras, esto es corroborado con registros que lleva el CAC-Grecia el cual presenta el listado de participantes.

Los eventos realizados fueron realizados en coordinación con CATIE/GTZ y la Dirección General Forestal desde 1992 a 1996, pero no se presenta capacitación en el área forestal desde 1997 a junio de 1998.

La asistencia técnica de acuerdo a lo antes expuesto tiene un comportamiento negativo en la introducción de árboles maderables con café ya que la asistencia técnica se enfoca hacia cultivos anuales y capacitación efectuada, solamente, a productores que cuentan con sistema agroforestal con incentivos.

5.3.12. Conocimiento de los incentivos forestales

Para evaluar la importancia de los incentivos forestales se le preguntó a cada uno de los productores si conocía el programa. El 57% del total de los entrevistados manifestaron no conocer los incentivos forestales (Cuadro 21).

Del total de productores que cuentan con el sistema agroforestal con incentivos se esperaba que todos lo conocieran, pero solamente el 52% manifestaron conocerlos, mientras el 48% de los productores que hicieron uso de los incentivos manifiestan no conocerlos; esto es muy evidente, ya que al preguntarle que tipo de incentivo había utilizado, la mayoría contesto no saber, su participación en dicho programa se debe al ofrecimiento que se les hizo de los arbolitos y de la ayuda económica para la siembra.

Cuadro 21. Frecuencia y porcentaje de respuesta a pregunta hacia el componente arbóreo (conocimiento de los incentivos).

Conoce los Incentivos Forestales	Tipo de Productor						Total %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Sí	11	52	2	25	5	38	43
No	10	48	6	75	8	62	57
Total	21	100	8	100	13	100	100

Los productores que cuentan con el sistema agroforestal sin incentivos como los que no lo poseen manifestaron en un 75% y 62%, respectivamente, no conocer

el programa de incentivos forestales. Si relacionamos con la respuesta de la pregunta: si recibe asistencia técnica se puede observar que las dos preguntas presentan casi igual distribución, deduciéndose que el conocer el programa de incentivos forestales depende de la asistencia técnica recibida.

5.3.13. Plantar árboles maderables es rentable

El 83% de los entrevistados manifestaron que plantar árboles en las fincas es rentable, pero no a corto plazo. Curiosamente entre los productores sin sistema agroforestal el 77% manifiesta que es rentable, pero no han implementado el sistema en sus fincas. A diferencia los productores que cuentan con el sistema agroforestal sin incentivos, el 100% manifestó que es rentable; entre los productores con sistema agroforestal con incentivos solamente un 19% manifestó que no es rentable sembrar árboles (Cuadro 22). El saber que una tecnología es rentable influye positivamente en la adopción (Current, 1995) y es observada en los productores que han reforestado sin incentivos.

Cuadro 22. Frecuencia y porcentaje de repuesta a pregunta hacia el componente arbóreo (rentabilidad).

Plantar árboles maderables es rentable	Tipo de Productor						Total %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos				
	n	%	n	%	n	%	
Sí	17	81	8	100	10	77	83
No	4	19	0	0	3	23	17
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.14. Tomar un crédito blando para reforestar

Para conocer la importancia de los árboles en la finca de los productores, a cada uno de ellos se les pregunto "si estarían de acuerdo en tomar un crédito blando para reforestar en sistema agroforestal". El 69% estarían de acuerdo en

hacerlo para reforestar su finca. Es de hacer notar que el 25% de los productores con sistema agroforestal sin incentivos que respondieron no tomar un crédito, manifiestan no tener necesidad de ello, para reforestar en sistema agroforestal ya que cuentan con fondos propios para dicha actividad (Cuadro 23). Este es uno de los factores que influyen positivamente en la introducción de árboles con café; Godoy (1992), expresa que la habilidad de los finqueros de obtener créditos, de nota un nivel de experiencia del dueño de la finca y adoptar innovaciones.

Cuadro 23. Frecuencia y porcentaje de respuesta a pregunta hacia el componente arbóreo (recibir crédito).

Tomaría un crédito blando para reforestar su finca	Tipo de Productor						
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos		n	%	
	n	%	n	%			
Sí	17	81	6	75	6	46	69
No	4	19	2	25	7	54	31
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.3.15. Afinidad a la actividad forestal

Con el fin de conocer la tendencia de los productores hacia la actividad forestal se les preguntó, si la actividad forestal le gusta; mucho, poco, muy poco o no interesa, distribuyéndose en 29%, 69%, 2% y 0%, respectivamente.

Se estableció además que entre los productores que cuentan con el sistema agroforestal con y sin incentivos, la actividad forestal les gusta poco y representa el 81% y 75%; solamente a un 19% y 25%, respectivamente, le gusta mucho la actividad forestal (Cuadro 24).

Como caso contradictorio, los productores que no tienen el sistema agroforestal presentan la tendencia más alta hacia la actividad forestal en un 46% para las categorías mucho y poco, mientras a un 8% la actividad forestal le gusta muy poco (Cuadro 24). Se puede manifestar que hay en forma general entre los

productores, una tendencia hacia la integración del componente arbóreo en sus fincas.

Cuadro 24. Frecuencia y porcentaje de respuesta a pregunta hacia el componente arbóreo (afinidad a la actividad forestal).

Afinidad a la actividad forestal	Tipo de Productor						Total %
	Sistema Agroforestal				Sin Sistema Agroforestal		
	Con Incentivos		Sin Incentivos		n	%	
	n	%	n	%			
Mucho	4	19	2	25	6	46	29
Poco	17	81	6	75	6	46	69
Muy poco	0	0	0	0	1	8	2
Total	21	100	8	100	13	100	100

5.4. Características de los productores que han reforestado

Con el fin de analizar la importancia del componente arbóreo en las fincas se midieron algunas variables entre los productores que poseen el sistema agroforestal.

5.4.1. Decisión del sitio a plantar

En el 76% de los casos es el productor quien tomó la decisión, 17% por el técnico y un 2% por el productor y el técnico. Los productores con el sistema agroforestal sin incentivos deciden en un 100% el sitio a plantar, a diferencia de productores con sistema agroforestal con incentivos donde el técnico decidió en un 24% el sitio a reforestar y solamente en el 9% hubo común acuerdo entre el técnico y el productor. Los sitios a plantar fueron: plantación en bloque y en linderos, presentándose en algunos casos los dos tipos de sistemas agroforestales en la misma finca (Cuadro 25).

La decisión del finquero donde sembrar es uno de los factores que influye negativamente sobre sistema agroforestal ya reforestaría la zonas más degradada de la finca y que no esta cultivada con café (Villarraga, 1998).

Cuadro 25. Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo (decisión del sitio a plantar).

Toma de decisión del sitio a plantar	Tipo de Productor				Total %
	Sistema Agroforestal				
	Con incentivos		Sin incentivos		
	n	%	n	%	
Productor	14	67	8	100	76
Técnico	5	24	0	0	17
Ambos	2	9	0	0	7
Total	21	100	8	100	100

5.4.2. Decisión de la especie a plantar

El 59% de los casos es decisión del productor y en el 41% es decisión del técnico. Entre los productores con sistema agroforestal con incentivos el 81% la decisión la toma el técnico, a diferencia de los que tienen el sistema agroforestal sin incentivos donde un 100% es decisión del productor, por el cual ha seleccionado especie que conoce y exóticas que presentan buen crecimiento en la zona, como es el caso de *Eucalyptus saligna* (Cuadro 26).

Cuadro 26. Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo (decisión de la especie a plantar).

Toma de decisión de la especie de árbol a plantar	Tipo de Productor				Total %
	Sistema Agroforestal				
	Con incentivos		Sin incentivos		
	n	%	n	%	
Productor	4	19	8	100	59
Técnico	17	81	0	0	41
Ambos	0	0	0	0	0
Total	21	100	8	100	100

5.4.3. Con qué fin plantó sus árboles

El 52% ha sembrado con el fin de producir madera de aserrío, el 21% para protección de cultivo o suelo, el 10% para leña y postes respectivamente y el 7% para belleza escénica. Los productores con sistema agroforestal sin incentivos presenta tres objetivos de plantación: un 75% su fin es producir madera y un 12,5% para producción de leña y protección de cultivos, respectivamente. Muy diferente a los productores que tienen el sistema agroforestal con incentivos que tienen cinco objetivos de plantación: un 42% con el fin de producir madera de aserrío, un 24% para protección cultivo o suelo, un 14% para producir postes y un 10% para producir leña y belleza escénica (Cuadro 27). La decisión de sembrar para la producción de madera tiene una influencia positiva en la introducción de árboles maderables en café y está ligada con la repuesta del productor si sembrar árboles es rentable.

Cuadro 27. Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo (conque fin planto los árboles).

Con qué fin planto los árboles	Tipo de Productor				Total %
	Sistema Agroforestal				
	Con incentivos		Sin incentivos		
	n	%	n	%	
Leña	2	10	1	12,5	10
Protección /suelo, C,	5	24	1	12,5	21
Postes	3	14	0	0	10
Madera de aserrío	9	42	6	75	52
Belleza Escénica	2	10	0	0	7
Total	21	100	8	100	100

5.4.4. Plantaría árboles sin incentivos

El 69% de los casos manifestaron seguir plantando árboles sin contar con el apoyo de los incentivos forestales y un 31% no sembrará si no cuenta con el apoyo de los incentivos (Cuadro 28). Los productores con el sistema agroforestal con incentivos en un 43% manifestaron que no seguirán sembrando, si no cuentan

con apoyo del programa de reforestación. La decisión de seguir sembrando sin incentivos tiene un efecto negativo sobre el área agroforestal a implementar debido a que reforestará de acuerdo a su condición económica.

Cuadro 28. Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo.

Plantaría arboles sin incentivos	Tipo de Productor				Total %
	Sistema Agroforestal				
	Con incentivos		Sin incentivos		
	n	%	n	%	
Sí plantaría	12	57	8	100	69
No plantaría	9	43	0	0	31
Total	21	100	8	100	100

5.4.5. Cómo se unió al proyecto de reforestación

El 55% de los productores manifestaron que fueron motivados por el técnico del CAC-Grecia, el 41% por iniciativa propia y un 4% por observación del sistema agroforestal en fincas vecinas. Los productores que cuentan con el sistema agroforestal con incentivos fueron en un 76% motivados por el técnico, un 24% por iniciativa propia, a diferencia, los que tienen el sistema agroforestal sin incentivos el 88% es de iniciativa propia y 12% de observación de fincas vecinas que cuentan con el sistema agroforestal (Cuadro 29).

Cuadro 29. Frecuencia y porcentaje sobre la decisión en cuanto al componente arbóreo (como se unió al programa de reforestación).

Cómo se unió al proyecto de reforestación	Tipo de Productor				Total %
	Sistema Agroforestal				
	Con incentivos		Sin incentivos		
	n	%	n	%	
Iniciativa Propia	5	24	7	88	41
Técnico	16	76	0	0	55
Observación	0	0	1	12	4
Total	21	100	8	100	100

5.4.6. Por qué se unió al programa de reforestación

El 72% de los productores manifestaron unirse al programa para reforestar y mejorar el ambiente, el 21% se unió para aprovechar los incentivos forestales y el 7% para hacer un máximo uso de la finca. Los productores que tienen el sistema agroforestal con incentivos solamente el 29% manifestaron unirse al programa para ser beneficiarios de los incentivos forestales, el 62% por reforestar y un 9% para hacer un uso máximo de la finca, a diferencia, los que tienen el sistema agroforestal sin incentivos el 100% manifestaron que se unieron por reforestar y contribuir a mejorar el ambiente (Cuadro 30).

Cuadro 30. Frecuencias y porcentaje de la actitud al programa de reforestación.

Porqué se unió al programa de reforestación	Tipo de Productor				Total %
	Sistema Agroforestal				
	Con incentivos		Sin incentivos		
	n	%	n	%	
Uso de Incentivos	6	29	0	0	21
Usar toda la finca	2	9	0	0	7
Reforestar/Ambiente	13	62	8	100	72
Total	21	100	8	100	100

5.5. Estimación del modelo de regresión múltiple

En el Cuadro 31 se observan los resultados obtenidos de la estimación del modelo de regresión, donde la variable dependiente es la fracción del área implementada con sistema agroforestal (café – maderables). En este caso fueron incluidas variables socioeconómicas, producción institucional y de visión de futuro de los productores hacia el componente arbóreo en sus fincas.

Cuadro 31. Valores obtenidos de las variables independientes en el modelo de regresión reducido.

Variable	Coefficiente de regresión	Error estándar	Valor de T $H_0: \beta=0$
INTERCEPTO	1,266	0,166	7,629***
EDAD	-0,011	0,003	-4,194***
SINGRE	0,641	0,060	10,645***
SICRED	0,280	0,055	5,046***
DESIPRO	-0,679	0,071	-9,574***
SIPLANRE	0,327	0,088	3,722***
SIRECIBE	-0,165	0,052	-3,204***
SISEMB	0,280	0,093	3,023***
SIPLANSI	-0,617	0,075	-8,222***

Nivel de significancia; ***(0,01)

F = 22,844 Prob>|T|= 0,0001 R² = 0,9014

El modelo reducido explica el comportamiento de la proporción de área de sistema agroforestal en un 90,14%, lo cual quiere decir que las variables incluidas en el modelo tienen influencia en el comportamiento de la variable dependiente (REFORE).

La prueba del estadístico Durbin-Watson para identificar posibilidad de autocorrelación, tiene un valor de 1,648, que de acuerdo a la tabla de regiones de aceptación y rechazo del estadístico D-W, no existe problema de autocorrelación (Jahnsen, Johnson, Buse, 1987).

La prueba estadística para determinar multicolinealidad entre las variables independientes, presenta un valor de 25,09, número de condición, lo que determina que no hay multicolinealidad, ya que valores mayores de 30 se considera con problemas (Freund, Littell, 1991).

Las pruebas descritas anteriormente, permiten concluir que los estimadores de los coeficientes incluidos en el modelo estimado por el método de cuadrado mínimo del error cumplen los supuestos de linealidad, de no sesgados, de consistencia y de varianza mínima.

Se puede decir que las variables incluídas en el modelo en conjunto están explicando cambios en la variable dependiente, fracción de área a reforestar en sistema agroforestal con respecto al área de café que posee el finquero y de acuerdo a las pruebas de t realizadas para cada una de las variables independientes se encontró que son significativas a $p < 0,01$.

El modelo se interpreta de la siguiente manera:

$$Y \text{ [Proporción de área agroforestal]} = 1,2675 - 0,0114(\text{EDAD}) + 0,6408(\text{SINGRE}) + 0,2801(\text{SICRED}) - 0,6787(\text{DESIPRO}) + 0,3274(\text{SIPLARE}) - 0,1649(\text{SIRECIBE}) + 0,2799(\text{SISEMB}) - 0,6166(\text{SIPLANSI})$$

Desarrollando la ecuación para los dos escenarios, cuando los productores contestaran "Sí" a todas las variables del modelo, presentando un intercepto de 1,33 y cuando contesta "NO" con un intercepto de 1,27, lo cual determinan la zona de adopción en cuanto al área a reforestar de los productores del Cantón de Grecia, el cual presenta una regresión lineal negativa que está determinada por la edad del productor (Fig. 6).

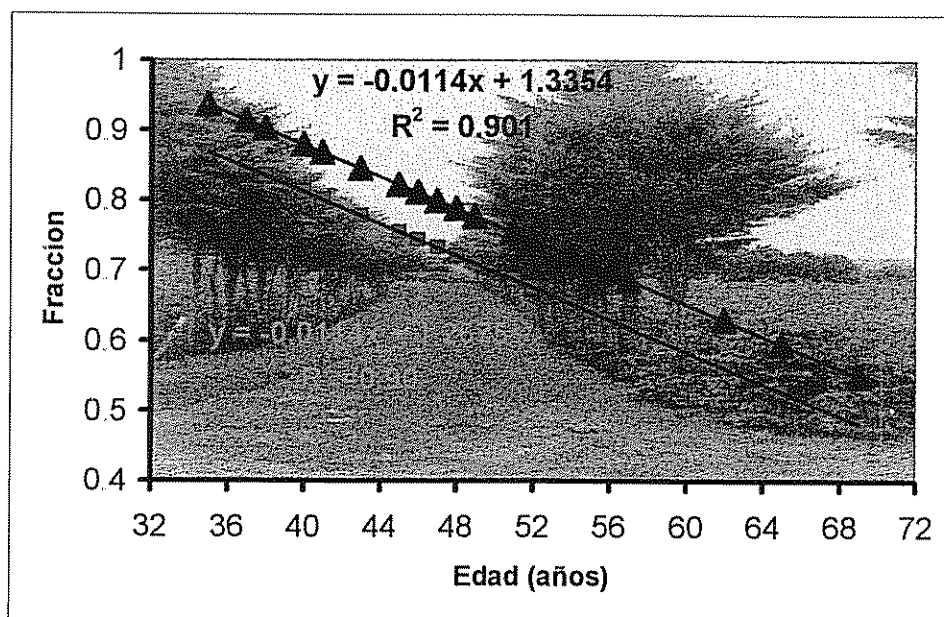


Fig. 6. Area de adopción de los productores del Cantón de Grecia, Costa Rica.

Es de observar que la edad mínima de los productores que han reforestado es de 35 años y son también los que mayor área han reforestado.

La variable CONINCEN (uso de los incentivos forestales) en el modelo de regresión no presentó una influencia significativa en la decisión de implementar el sistema agroforestal, quizás se deba a la forma de tomar esta variable en el campo, ya que al hacer una prueba de comparación de medias en cuanto al área de sistema agroforestal con y sin incentivos presenta diferencia altamente significativa a $p < 0,01$ (Cuadro 32).

Cuadro 32. Comparación de medias de área de sistema agroforestal con y sin incentivos forestales.

Área de Sistema Agroforestal (ha)				Diferencia y significación
Con incentivos		Sin incentivos		
Media	Desv, Est,	Media	Desv, Est,	
4,8	3,3	1,9	2,2	2,9 ***

Significacia a ***0,01 de probabilidad

Lo anterior presenta diferencia significativa entre medias y se rechaza la hipótesis nula ya que hay diferencia de promedios a un nivel de $p < 0,01$.

5.5.1. Comportamiento de la variable dependiente con respecto a las variables independientes

Edad: tiene una respuesta negativa en el modelo, lo que indica que por cada año de edad del productor la proporción de área a reforestar disminuye en 0,0114, esto es evidente ya que investigadores han encontrado que personas de mayor edad de una sociedad, tienden a ofrecer mayor resistencia al cambio sociocultural que implica alteraciones o modificaciones de la conducta (Menanteau-Horta, 1976), convirtiéndose los jóvenes, en los productores más abiertos y más progresivos (Van den Ban, 1957).

Ingreso fuera de la finca (SINGRE): presenta una tendencia positiva indicando que productores con ingreso fuera de la finca están más dispuestos a incorporar el sistema agroforestal, a diferencia de los productores que no tienen ingresos fuera de la finca que tendrían una tendencia negativa en el modelo, El incremento de la proporción a reforestar es de 0,641, si el productor tiene ingresos fuera de la finca.

Tomaría un crédito para reforestar (SICRED): presenta una respuesta positiva con un incremento de 0,4028 con respecto a los productores que no están dispuestos a tomar un crédito, que presentaría una tendencia negativa en el modelo.

Decisión del sitio a reforestar (DESIPRO): cuando el productor decide el sitio a reforestar presenta una respuesta negativa con una disminución de 0,678, a diferencia cuando la decisión la toma el técnico, que presenta una respuesta positiva en el modelo. Este comportamiento se puede relacionar con un manejo de café en monocultivo y la falta de divulgación de los sistemas agroforestales en la zona.

Es rentable sembrar árboles con café (SIPLARE): tiene una respuesta positiva con un incremento en la variable dependiente de 0,327 cuando las demás variables permanecen constantes, Es de esperar este comportamiento ya que, si el productor considera la reforestación como una actividad económicamente rentable, influye positivamente en la decisión de reforestar, igual comportamiento reporta Villarraga (1998) en estudio realizado en la cuenca del río Purires en Costa Rica.

Si recibe asistencia técnica (SIRECIBE): esta variable presenta una tendencia negativa, diferente a lo esperado ya que varios estudios realizados presentan una tendencia positiva (Villarraga, 1998), esta tendencia se debe a que la asistencia técnica es dirigida al manejo de cultivos (café, caña, hortalizas etc.).

sin asistencia a los sistemas agroforestales. La disminución de esta variable es de 0,165 si recibe asistencia técnica.

Seguirá sembrando árboles (SISEMB): los productores que cuentan con sistema agroforestal y aumentarán el sistema, presentan una tendencia positiva con un incremento de 0,280 con respecto a los productores que no aumentarán el sistema. Es de esperar este tipo de respuesta ya que está relacionada con la capacitación recibida en lo que es manejo de árboles.

Plantaría sin incentivos (SIPLANSI): esta variable presenta una respuesta negativa con una disminución de 0,617 con respecto a no plantar sin incentivos, lo que nos evidencia la importancia de los incentivos forestales para la implementación del sistema agroforestal en la zona.

5.6. Características silviculturales de los árboles en el sistema agroforestal con y sin incentivos

5.6.1. Especies maderables utilizadas en los sistemas agroforestales

Las especies utilizadas en los sistemas agroforestales en Grecia son: *E, deglupta* el cual representa un 35%, *E, saligna* que corresponde a un 52%, *Cedrela odorata* en un 10% y *Cupressus lusitanica* un 3%. Solamente se presenta los resultados de *deglupta* y *saligna* por contar con más mediciones, a diferencia de cedro y ciprés, que solamente se cuenta con una medición de cada una de ellas.

Un 52% de los productores que cuentan con sistema agroforestal con incentivos forestales utilizaron la especie de *E, saligna* y un 48% utilizaron *E, deglupta*, a diferencia de los productores con sistema agroforestal sin incentivos entre los cuales un 74% utilizaron *E, saligna*, un 13% de *Cedrela odorata* y 13%

de *Cupressus lusitana* (Fig. 7). En anexo 3,1 a 3,4 se presentan los promedios de crecimiento por parcela y por sistema agroforestal de las especies evaluadas.

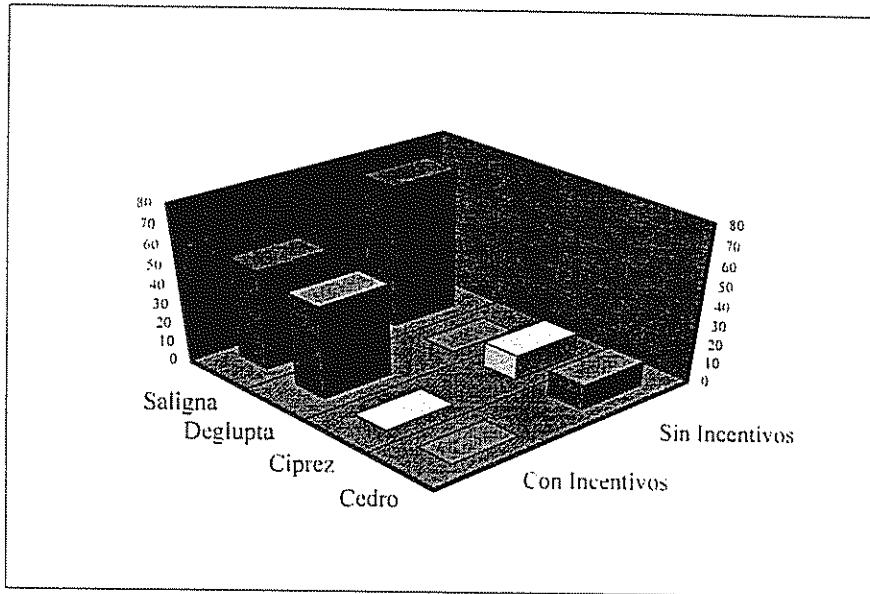


Fig. 7. Maderables escogidos para la reforestación con/sin incentivos en Grecia, Costa Rica.

5.6.2. Edad

La edad de las plantaciones se presenta desde 19 - 82 meses, donde el sistema agroforestal sin incentivos presenta un rango comprendido entre 19 a 56 meses y un promedio 28 meses de edad, caso contrario al sistema con incentivos con un rango de 21 a 82 meses y un promedio de edad de 53 meses.

Es notoria la diferencia entre los promedios de edad de las plantaciones, por lo que podemos suponer que el sistema agroforestal implementado con incentivos forestales ha tenido un efecto positivo para la implementación del sistema agroforestal sin incentivos, ya que algunos productores manifestaron interés en la reforestación al observar el sistema en fincas vecinas.

5.6.3. Supervivencia

El promedio de supervivencia de los maderables en el sistema agroforestal fue de 64% para el sistema sin incentivos y de 70% para el sistema con incentivos (Cuadro 33). Es de tomar en cuenta que en las plantaciones con incentivos, en algunas parcelas, se realizó un replante para mantener la población inicial a diferencia en las parcelas sin incentivos que en ninguna se efectuó replante.

La baja supervivencia que presenta algunas parcelas (anexo 4.2), se debió a problemas de plagas como zompopos (*Atta* sp, y *Agromyrmex* sp.), según los registros que lleva el CAC-Grecia se reporta la pérdida total de 5 ha reforestada con incentivos forestales a causa de esta plaga. Estos daños son ocasionados en los primeros años (1° y 2° año de siembra), En las plantaciones actuales algunos productores manifestaron daños por ardilla (*Sciurus variegatoides*) en *E. saligna*. Se reporta daños mecánicos cuando realizan la recolección del grano de café y control de malezas.

En promedio general la supervivencia para la especie *E. saligna* fue de 65%, y para *E. deglupta* 74% (Cuadro 33). Estos resultados son superiores para *E. saligna* y similares para *E. deglupta* en SAF en Turrialba reportados por Montenegro *et al.* (1997). En parcelas que no se tiene problemas de plaga la supervivencia a los dos años es de un 100%. Es de hacer notar que esta baja supervivencia no afecta a los SAF, ya que la densidad inicial es mayor que la necesaria, obteniendo a la fecha de medición densidades mayores que la recomendada para el sistema agroforestal.

La comparación de la supervivencia entre sistema agroforestal con/sin incentivos no presentan diferencia significativa, esto se debe a que no se presenta ninguna diferencia de manejo entre los dos sistemas.

Cuadro 33. Supervivencia de *Eucalyptus saligna* y *E. deglupta* utilizada en sistema agroforestal en Grecia, Costa Rica.

Productor	Sistema Agroforestal					
	<i>E. saligna</i> (%)			<i>E. deglupta</i> (%)		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
Con Incentivos	31	65	94	44	74	100
Sin Incentivos	47	64	86	Na	Na	Na

Na: No aplica

5.6.4. Densidad

El sistema agroforestal en bloque con incentivos presenta una densidad promedio inicial de 1262 plantas ha⁻¹ (151 a 2854 plantas ha⁻¹), mientras el sistema sin incentivos tiene un promedio de 174 (156 a 192 plantas ha⁻¹) (Cuadro 34). En el sistema agroforestal en línea con incentivos se presenta una densidad promedio inicial de 705 plantas km⁻¹ (496 a 1434 plantas km⁻¹), a diferencia de sistema agroforestal sin incentivos con una densidad promedio de 293 plantas km⁻¹ (125 a 502 plantas km⁻¹).

Cuadro 34. Densidad inicial de árboles por sistema agroforestal y tipo de productor.

Tipo de Productor	Sistema Agroforestal					
	En Línea (plantas/km)			En Bloque (plantas/ha)		
	Mínimo	Prom.	Máximo	Mínimo	Prom.	Máximo
Con Incentivos	496	705	1434	151	1262	2854
Sin Incentivos	125	293	502	156	174	192

A la fecha de realizar las mediciones de las parcelas, se presentan densidades en línea con incentivos de 388 y 166 plantas km⁻¹ y sin incentivos, respectivamente. En bloque con y sin incentivos presentan promedios de 917 y 144 plantas ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 35).

Cuadro 35. Densidad actual de árboles por sistema agroforestal y tipo de productor.

Tipo de Productor	Sistema Agroforestal					
	En Línea (plantas/km)			En Bloque (plantas/ha)		
	Mínimo	Prom.	Máximo	Mínimo	Prom.	Máximo
Con Incentivos	208	388	583	177	917	2540
Sin Incentivos	108	166	271	101	123	144

Esta diferencia de densidad de siembra entre los dos tipos de productores, es consecuencia del programa de reforestación el cual exige una densidad inicial de 1111 plantas ha^{-1} y realizar una resiembra si el primer año tenía 20% o más de mortalidad.

La actividad de raleo solamente la ha realizado el 14% de los productores que han utilizado incentivos forestales. Es de hacer notar que, del total, un 9% son productores que participaron en la capacitación impartida por CATIE/GTZ y corresponde a las parcelas de la práctica, y 5% ha realizado el raleo por recomendación hecha por mi persona.

Esto da evidencia que los productores desconocen cual es la densidad que debe manejarse en los sistemas agroforestales, ya que con las densidades antes descritas en sistema agroforestal en bloque, algunos productores manifestaron pérdidas de más del 50% de la producción de café y algunos ya eliminaron el café, esto debido a la competencia por luz.

En el sistema en línea ningún productor manifestó tener problema ni baja en la producción de café, esto debido a que con árboles en línea la competencia por luz es solamente con los cafetos cercanos y a determinadas horas del día, por lo que la reducción no es tan drástica que sea detectada por el productor.

5.7. Crecimiento y productividad del componente maderable

5.7.1. Crecimiento y productividad de *Eucalyptus deglupta*

De acuerdo con el índice de sitio (IS) a los 60 meses, el 91% de las parcelas evaluadas corresponden a la clase baja (Clase III) y solamente un 9% corresponde a clase media (Clase II), (Fig. 8).

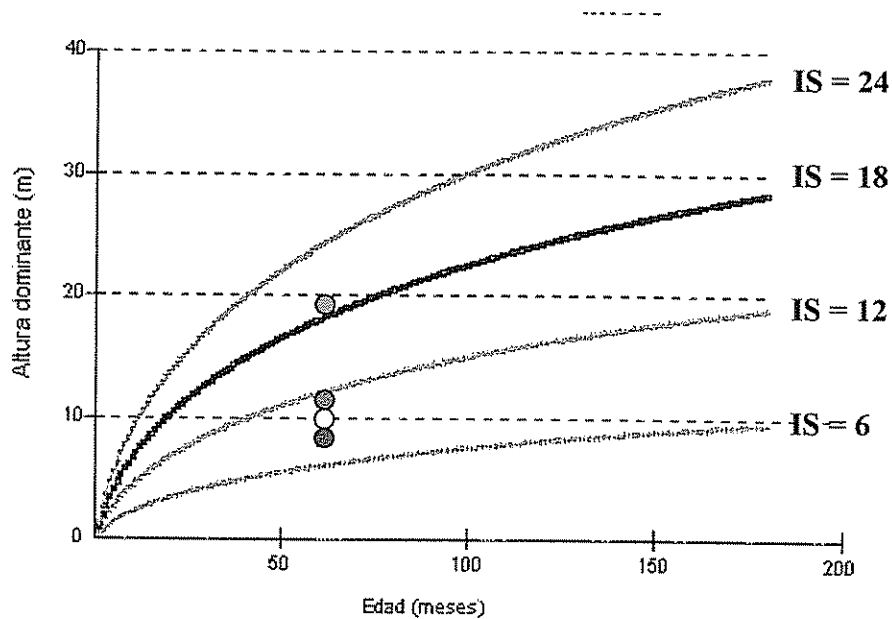


Fig. 8. Curvas de Índice de Sitio con el valor estimado a la edad base de 60 meses de *Eucalyptus deglupta*.

La diferencia que se presenta entre parcelas con Clase III y II se puede atribuir a que las parcelas clase II se encuentra a una altitud menor de los 950 msnm. Sánchez (1994) y Chavarría (1996) reportan que el crecimiento de *E. deglupta* fue mayor cuando las plantaciones se establecieron en sitios bajos, las mejores plantaciones se alcanzaron a elevaciones por debajo de 750 msnm, las parcelas Clase III, se encuentran plantadas a altitud mayores a los 1050 msnm.

Los datos de incrementos medios anual (IMA) en altura y diámetro no concuerdan con la clase de sitio que presenta *deglupta* en la zona, ya que presentan IMA superiores a la clase marginal, presentándose que 55% de las parcelas evaluadas son de la clase Alta (Clase I), con un IMA en diámetro de 3,2 cm, y 45% de las plantaciones son Clase II con IMA de 2,48 cm, comparado con datos reportados para estas Clase de sitio por Sánchez (1994) y Ugalde (1997) en Turrialba, Chavarría (1996) para Huertar Norte y Viera (1998) en Juan Viñas (Cuadro 36).

Cuadro 36. Clasificación de crecimiento y productividad en parcelas de *E. deglupta*, Grecia, Costa Rica.

Clase	Ambitos Valores	Incremento Medio Anual			
		DAP	h	AB	VTCC
		cm	m	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹
ALTA	Mínimo	2,7	-	-	-
	Promedio	3,2	-	-	-
	Máximo	4,0	-	-	-
MEDIA	Mínimo	2,2	2,0	-	-
	Promedio	2,4	2,5	1,4	8,9
	Máximo	2,6	3	-	-
BAJA	Mínimo	-	1,7	0,24	0,5
	Promedio	-	1,8	0,53	1,4
	Máximo	-	1,8	1,1	3,4

Los IMA en altura se distribuyen m año⁻¹ en dos clase de sitio; el 82% de las parcelas presentan un IMA de 2,5 m año⁻¹, catalogadas como Clase II y un 18% pertenecen a la Clase III con IMA de 1,8 m. De acuerdo a clasificación hecha por el CATIE (1994) para plantaciones en bloque, donde se reporta que para sitios de más alta calidad, el IMA es superior a 3,5 m año⁻¹, en los de mediana calidad, superior a 2,0 m año⁻¹ y en los de inferior calidad, menor de 2,0 m año⁻¹.

Los incrementos medios anual en área basal y volumen el 91% de las parcelas se catalogan en la clase marginal con IMA de área basal de 0,53 m² año⁻¹ ha⁻¹ y volumen de 1,4 m³ año⁻¹ ha⁻¹, los cuales son iguales a los reportados por Chavarría (1996) plantaciones en bloque, e inferiores a los encontrados por Sánchez (1994) y Viera (1998) en sistemas agroforestales. Los bajos incrementos que se presentan se deben a que la mayoría de las plantaciones son jóvenes (plantaciones de 2-3 años), presentándose que la parcela de mayor edad tiene IMA en área basal de 1,44 m² año⁻¹ ha⁻¹ la cual se ubica en clase II.

Los promedios obtenidos no representan el potencial real de esta especie en la zona por estar influenciados por árboles suprimidos y falta de raleo (Fig. 9), debido a la alta densidad de siembra (400 a 1000 plantas km⁻¹ y de 208 a 1111 plantas ha⁻¹), entrando a competencia intraespecífica a temprana edad (Sánchez,

1994), debido a que *E. deglupta* desarrolla copas extensas. Si el espacio es muy limitado las copas tienen un menor tamaño por la competencia; esto hace que las ramas inferiores reciban menos luz y muy pronto mueran por efecto de recesión de copa (Salazar y Jiménez 1988; Galloway 1993).

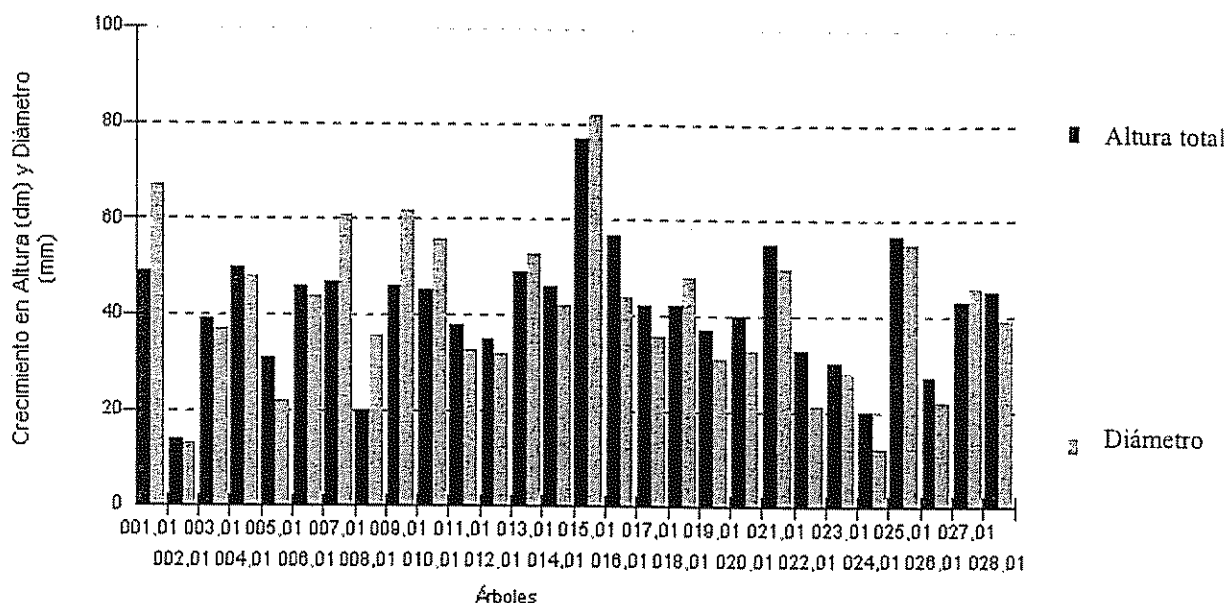


Fig. 9. Gráfico de medición total de altura y diámetro de una parcela de *Eucalyptus deglupta*.

De acuerdo a lo antes expuesto es notoria la necesidad de aplicar manejo (raleo), aunque el área basal por hectárea que presentan no es muy alta, tomando en cuenta que los objetivos de la plantación son la producción de café y madera de aserrío, donde lo que interesa es maximizar el volumen individual y no el volumen por hectárea o kilómetro.

Al realizar el manejo, se pretende mantener a la plantación con crecimientos diametrales rápidamente, se puede estimar que al realizar el manejo, los promedios de crecimiento aumentarán por la eliminación de árboles suprimidos manteniendo o superando los crecimientos actuales.

5.7.2. Crecimiento y productividad de *Eucalyptus saligna*

De acuerdo con el índice de sitio (IS) a los 60 meses (5 años), el 70% de las parcelas evaluadas corresponden a la clase media (Clase II), un 18% a la clase baja (Clase III) y solamente un 12% corresponde a clase alta (Clase I), lo cual se puede observar en la Fig. 10, Vázquez (1991), determino para saligna a una edad base de 72 meses las siguientes clases; Clase I (hd >24 m), Clase II (hd =18 a 24 m) y Clase III (hd < 18 m), para plantaciones en Guatemala y Costa Rica rangos parecidos a los obtenidos en Grecia.

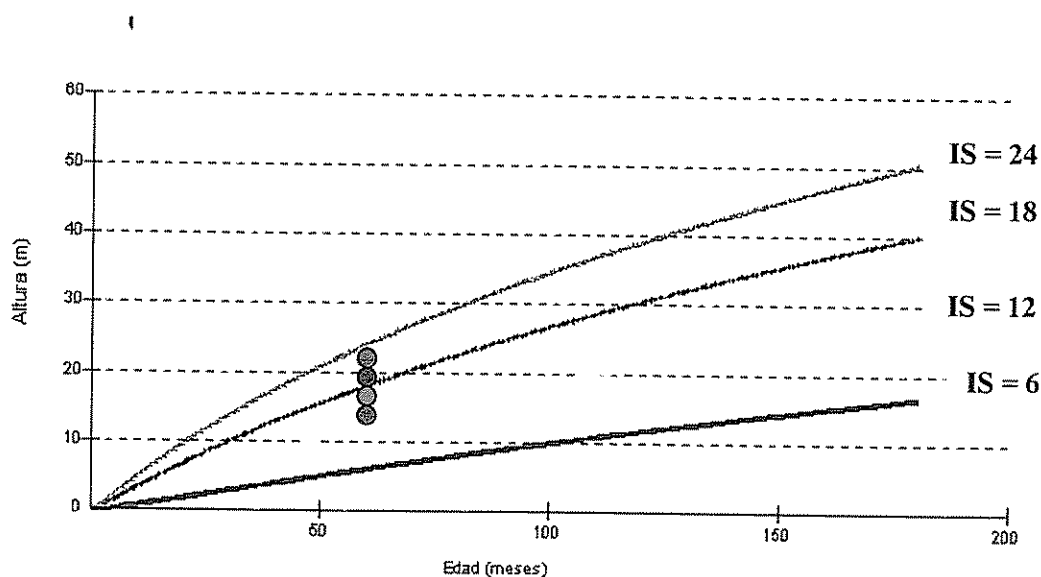


Fig. 10. Curvas de Índice de Sitio con valor estimado a la edad base de 60 meses de *Eucalyptus saligna*.

El comportamiento de los incrementos medios anual (Cuadro 37) se presenta de la siguiente forma: el 100% de las parcelas presentan IMA DAP y Altura total, son superiores a la clasificación de rangos de incremento medio anual creada con datos de experimentos de saligna en plantaciones puras en Costa Rica (Monge, 1997), Turrialba (Otárola, 1996) y con resultados obtenidos en Guatemala (Suárez, 1997).

Los resultados de Grecia son iguales a los obtenidos en sistema agroforestal en Juan Viñas, Cartago con plantaciones de cuatro años y espaciamientos de siembra de 8 X 8 m con incrementos de 6,6 cm DAP y 4,45 m de altura (Bonilla *et al.*, 1998). Con estos incrementos que presenta saligna en Grecia y Juan Viñas en sistema agroforestales, se concluye que es una especie promisoría para promover los sistemas agroforestales, entre los productores que han utilizado esta especie ninguno manifestó tener problemas con el cultivo de café.

Cuadro 37. Crecimiento y Productividad por clase de sitio en parcelas de *E. saligna*, en Grecia, Costa Rica.

Clase	Ambitos Valores	Incrementos Medios Anual			
		DAP	h	AB	VTCC
		Cm	m	m ² ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹
ALTA	Mínimo	3,6	2,8	0,57	2,00
	Promedio	4,9	3,7	2,23	15,21
	Máximo	6,6	4,8	4,21	26,8
REGULAR	Mínimo	4,0	1,2	0,27	1,00
	Promedio	4,9	2,7	1,19	5,38
	Máximo	6,7	3,5	2,71	9,1
MARGINAL	Mínimo	3,1	2,1	1,26	8,9
	Promedio	3,2	2,2	1,33	9,05
	Máximo	3,3	2,3	1,41	9,2

VTCC = Volumen total con corteza

AB = Area Basal

Los incrementos medios anuales en área basal y volumen se catalogan en la clase media y marginal, comparado con la clasificación realizada para plantaciones en Turrialba (Otárola, 1996), e igual resultado con las plantaciones de Juan Viñas (Bonilla *et al.*, 1998), que presentan IMA de área basal de 1,65 m² año⁻¹ ha⁻¹ y volumen de 13,85 m³ año⁻¹ ha⁻¹.

Para mantener los incrementos actuales, de las plantaciones es necesario realizar el manejo silvicultural (raleos), ya que la mayoría de las plantaciones presentan traslape de copas lo que evidencia que está o entrarán en competencia intraespecífica, principalmente las plantaciones que utilizaron incentivos forestales y que presentan altas densidades de siembra.

En la Fig. 11 presenta la distribución de la altura y diámetro de todos los árboles de una de las parcelas evaluadas presentando una heterogeneidad, tanto en altura como en diámetro y es lo que se observó en el campo en todas las plantaciones, lo que evidencia la importancia de la intervención silvicultural, para mantener los incrementos y lograr los objetivos propuestos de obtener madera para aserrío,

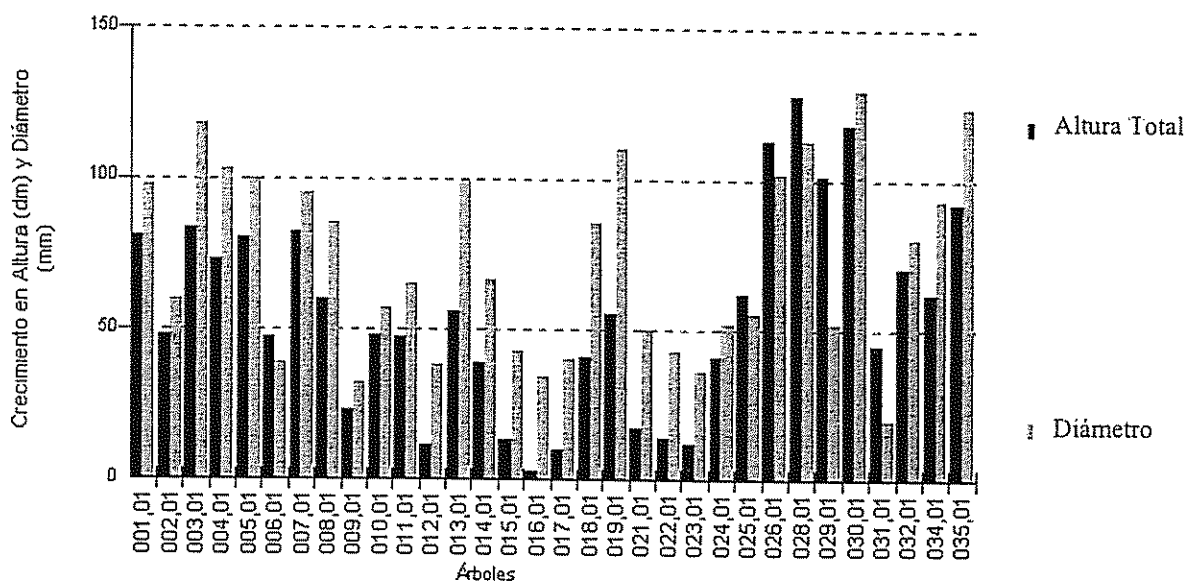


Fig. 11. Gráfico de medición total de altura y diámetro de una parcela de *E. saligna*.

5.8. Condiciones de daño encontrado en el fuste

5.8.1. Daño en fuste y forma de *Eucalyptus saligna*

Aproximadamente el 50% de las plantaciones de *E. saligna* tuvieron 10% o más de los árboles dañados (Cuadro 38), con un promedio de daño por parcela de 13% con mínimo de daño de 3% y un máximo de 56%.

Cuadro 38. Frecuencia y porcentaje de daño y forma de fuste (*Eucalyptus saligna*).

Tipo De Productor	Torcedura Basal		Bifurcado		Quebrado con Recuperación		Talado		Total de daño por parcela
	Frec	%	Frec	%	Frec	%	Frec	%	
Con Incentivos	5	13,89	2	5,56	0	0	0	0	19
	0	0	2	5,56	0	0	20	55,6	6
	0	0	3	8,33	1	2,78	0	0	11
	0	0	7	19,44	3	8,33	0	0	28
	1	3,13	1	3,13	0	0	2	6,3	6
	0	0	0	0	1	2,78	0	0	3
	1	2,78	4	11,11	15	41,67	0	0	56
	0	0	4	11,11	5	13,89	0	0	25
	0	0	0	0	0	0	16	44,4	0
	0	0	0	0	0	0	13	40,6	0
	0	0	2	7,69	1	3,85	0	0	12
2	6,67	2	6,67	0	0	0	0	13	
Sin Incentivos	1	2,78	0	0	0	0	0	0	3
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	3	12,5	0	0	0	0	13
	3	8,33	5	13,89	0	0	0	0	22

El 35% del total de las parcelas presentan torcedura basal, lo cual reduce la calidad de la madera de la primera troza. El porcentaje de torsión basal en las parcelas evaluadas es en promedio 6% (Cuadro 38). De las parcelas que han sido implementadas con incentivos, el 33% presentan el daño con un promedio de 7% por parcela, mientras el sistema sin incentivos corresponde a un 40%, con promedio de daño de 6%. No parece que el acceso a incentivos tenga una influencia a prácticas de manejo silvicultural de las plantaciones.

Un 65% de las plantaciones presentan bifurcación a altura mayor de tres metros, este problema se presenta como respuesta del árbol al presentar daño en su yema apical, ya sea ocasionado por plagas o quebradura por viento y la falta de un plan de manejo silvicultural. De las plantaciones sin incentivos, un 40% presentan bifurcación, con un promedio de daño por parcela de 13%, a diferencia de sistemas con incentivos donde el daño es de un 75% con un daño en promedio por parcela de 9% (Cuadro 38).

Las plantaciones con incentivos son las únicas que presentan daño de fuste por quebradura a altura mayor de tres metros, correspondiendo al 50% de las plantaciones evaluadas. Una de las parcelas evaluadas presenta 42% de daño esto debido a que la plantación esta en una zona que presenta fuertes vientos.

No se presenta diferencia significativa ($p < 0,01$) al comparar el porcentaje total de daño por parcela con y sin incentivos forestales. Solamente cuando se realizó la prueba para cada tipo de daño presenta diferencia significativa ($p < 0,01$) en la variable quebrado con recuperación, ya que en sistema sin incentivos no presenta daños de este tipo, lo cual se puede atribuir a parcelas no expuesta a vientos fuertes así como árboles con diámetros mayores y densidad baja el cual los árboles no presentan un diseño de cortina rompeviento (Cuadro 39).

Cuadro 39. Porcentaje de daño y forma del fuste de las especies *Eucalyptus saligna* asociadas con café implementada con/sin incentivos en Grecia, Costa Rica.

Tipo De Productor	Especie (<i>Eucalyptus saligna</i>)								
	Torcedura Basal (%)			Bifurcado (%)			Quebradura con Recuperación (%)		
	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo
Con Incentivos	3	7	14	3	9	19	3	12	42
Sin Incentivos	3	6	8	12	13	14	0	0	0

Los daños que presentan estas plantaciones, tanto con y sin incentivos, se consideran bajos, ya que son plantaciones que presentan altas densidades de siembra, que al realizar las prácticas de raleo se estarían eliminado este daño sin afectar la densidad final de la plantación.

5.8.2. Daño en fuste y forma de *Eucalyptus deglupta*

Aproximadamente el 45% de las plantaciones de *E. deglupta* tuvieron 10% o más de los árboles dañados (Cuadro 40) con un promedio de daño por parcela de 14% con mínimo de daño de 3% y un máximo de 33%. El 27% presenta daños por bifurcación y 9% para daños por quebradura con recuperación.

Cuadro 40. Frecuencia y porcentaje de daño y forma de fuste *Eucalyptus deglupta*.

Tipo de Productor	Torcedura Basal		Bifurcado		Quebrado con Recuperación		Total de Daño Parcela
	Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%	
Con Incentivos	0	0	2	5,6	1	2,8	8
	1	2,8	0	0	0	0	3
	2	5,6	4	11,1	6	16,7	33
	0	0	0	0	1	3,6	4
	0	0	2	5,6	0	0	6
	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	8	22,2	1	2,8	25
	0	0	0	0	1	4,6	5
	1	2,8	3	8,3	3	8,3	19
	3	8,3	5	15,9	3	8,3	33
	4	11,1	3	8,3	0	0	19

No se presentan diferencias significativas ($p < 0,01$) en cuanto al nivel de daño entre las especies *deglupta* y *saligna*, estos daños son causados por los fuertes vientos a que están expuesto algunas plantaciones. CATIE (1994) reporta que en sitios donde el viento es muy fuerte, el *deglupta* tiene un crecimiento menor y una forma asimétrica.

5.9. Comparación de promedios entre variables de crecimiento de plantaciones con incentivos y sin incentivos *Eucalyptus saligna*

En el cuadro 41 se presenta los promedios de las variables de crecimiento en diámetro, altura total y altura media a edad de 60 meses, presentándose diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 41. Comparación de crecimiento entre plantaciones con/sin incentivos forestales (*Eucalyptus saligna*) en Grecia, Costa Rica.

	Sistema Agroforestal						Diferencia Y Significación
	Con Incentivos			Sin Incentivos			
	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	
Edad (meses)	21	53	82	19	33	56	20 ***
IMA Diámetro (cm)	1,7	4,0	5,7	4,4	5,5	6,7	1,5 ***
IMA Altura (m)	1,2	3,1	4,4	3,5	4,0	4,9	0,9 **
IMA Volumen (m ³)	2,7	14,1	26,8	1,0	7,6	26,7	6,5 *
Altura Media (m) (edad 60 meses)	9,9	14,4	20,0	13,1	18,5	22,0	4,1 **

Significación a probabilidad; * 0,10, ** 0,05, *** 0,01

La comparación entre sistema agroforestal con y sin incentivos presenta diferencias estadísticamente significativa para las variables de crecimiento a ($p < 0,01$) para IMA diámetro y de ($p < 0,05$) en IMA altura y altura media a la edad de 5 años, lo que nos indica que el sistema agroforestal implementado sin incentivos presenta un mejor crecimiento en altura media (4,1 m), IMA altura (0,9 m) y IMA diámetro (1,5 cm) que los implementados con incentivos forestales (Cuadro 41). Por lo tanto se acepta la hipótesis planteada que sistemas agroforestales implementados sin incentivos dan mejor crecimiento de los árboles que sistemas implementados con incentivos forestales.

El sistema agroforestal con incentivo presenta mejor IMA en volumen (6,5 m³) por área pero no por árbol, esto se debe a que el IMA en volumen está influenciado por la densidad de la plantación y estas presentan alta densidad de siembra, a diferencia de plantaciones sin incentivos tienen densidades bajas, en promedio las recomendadas para estos sistemas.

No se presentan diferencias estadísticamente significativas para índice de sitio, se supone que es debido a que los productores con incentivos como sin incentivos realizan el mismo plan de manejo del cultivo de café (limpias, fertilización) manteniendo igual calidad de sitio.

6. CONCLUSIONES

Los incentivos forestales juegan un papel importante en la implementación de los sistemas agroforestales en el Cantón de Grecia, Costa Rica. Esto es muy evidente ya que, en promedio los productores que han utilizado los incentivos reforestan el 78% del área de café que poseen, mientras que los que no utilizan incentivos solamente reforestan el 29%. La diferencia de media es de 2,9 ha entre SAF con/sin incentivos.

El 100% de los sistemas agroforestales implementados con incentivos en el cantón Grecia han sido financiados con incentivos FDF según registros del CAC-Grecia, a diferencia del incentivo CAFa que ha sido para la siembra de plantaciones puras.

El 10% de los sistemas agroforestales implementados en el cantón de Grecia a sido con fondos propios. Estos sistemas presentan fecha de plantación menores a los sistemas implementados con incentivos, por lo que se concluye que los sistemas agroforestales implantados con incentivos a motivado a los productores de la zona a tomar la iniciativa de implementar el sistema en sus fincas, al observar el efecto del rápido crecimiento de las especies arbóreas en ese sistema.

Sin embargo, para aumentar los sistemas agroforestales en el cantón de Grecia, es necesario contar con incentivos forestales o crédito que sea compatible con programas de reforestación, ya que una de las variables en el modelo de regresión que influyen positivamente en el área a reforestar, es que están dispuestos a tomar un crédito para reforestar.

Uno de los factores que influyen en la no-adopción de los sistemas agroforestales en el Cantón de Grecia es la asistencia técnica, debido ha que las

instituciones que dan este servicio no incluyen los sistemas agroforestales en su programa, dirigiendo la asistencia técnica al cultivo de café, hortalizas, caña, frutales etc.

Los resultados obtenidos aportan elementos para concluir que existen diferencias socioeconómicas (tamaño de la finca, mano de obra contratada y ubicación de la vivienda) entre los productores que han introducido árboles maderables en sus fincas de café y los no-reforestadores en el cantón de Grecia.

A través del empleo de un modelo de regresión múltiple, se determinaron las características que están influyendo en el porcentaje del área de sistema agroforestal a implementar con respecto al área de cultivo de café. Los resultados estadísticos obtenidos nos permiten concluir que los factores que influyen negativamente son:

- Edad del productor
- Decisión del sitio a plantar por el productor
- Si recibe asistencia técnica
- Reforestar sin incentivos

Factores que influyen positivamente:

- Ingresos fuera de la finca
- Oportunidad de crédito para reforestar
- El criterio de que reforestar es rentable
- Experiencia previa (Seguirán sembrando árboles (Productores con SAF)

Los sistemas agroforestales implementados sin incentivos presentan características silviculturales (crecimiento, calidad de fuste) mejores que los sistemas con incentivos. Estas diferencias no se deben a un manejo silvicultural practicado por los productores sin incentivos, sino a que presentan la densidad de siembra recomendada para estos sistemas.

Los sistemas agroforestales implementados con incentivos tienen una densidad superior a los 705 arb, km⁻¹ en el sistema en línea, lo que repercute en la calidad de la madera. En sistema en bloque presenta densidad promedio de 1262 arb ha⁻¹ lo que repercute, no solo en la calidad de la madera, sino en la producción del cultivo de café, con estas densidades de siembra no estaríamos hablando de sistema agroforestal sino de plantaciones de maderables puras.

Las plantaciones en sistema agroforestal presentan un 9% de daño en el fuste, lo que reduce su potencial productivo, si los objetivos de producción es madera para aserrío. Este porcentaje de daño es debido a la falta de manejo y raleo para seleccionar los mejores y permitir un mejor desarrollo en diámetro y evitar la quebradura apical que es lo que a provocado la bifurcación a altura mayor de tres metros.

En los sistemas agroforestales implementados sin incentivos hay una mayor diversidad de especies. Esto debido que la decisión de seleccionar la especie es del productor y no del técnico como sucede en sistema con incentivos. Es de hacer notar que la especie *E. deglupta* solamente es utilizada en la zona de Grecia por productores que han utilizado incentivos.

Los resultados obtenidos de *Eucalyptus saligna* en los sistemas agroforestales se consideran de alta producción con IMA: en diámetro de 4,8 cm, altura de 3,59 m, área basal de 8,07m² ha⁻¹año⁻¹ y volumen de 12,78 m³ ha⁻¹año⁻¹.

Los resultados obtenidos de *Eucalyptus deglupta* en los sistemas agroforestales se consideran de producción media, al presentar los IMA en diámetro de 2,94 cm, altura 2,37 m, área basal de 1,81 m² ha⁻¹año⁻¹ y volumen de 2,46 m³ ha⁻¹año⁻¹. Estos incrementos que se reportan no se debe a una menor fertilidad del sitio, sino a otros factores como: altitud sobre el nivel del mar y fuertes vientos que se presentan en la zona.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los entes gubernamentales y privados que prestan asistencia técnica en el cantón de Grecia incorporen dentro de los programas de capacitación, promoción y transferencia el componente agroforestal, incluyendo los siguientes temas:

- Conceptos básicos de agroforestería
- Conceptos básicos de silvicultura
- Especies maderables y selección
- Manejo del sistema agroforestal
- Aspectos de economía y comercialización en sistemas agroforestal con café

Recomendamos seguir apoyando con incentivos forestales a los productores de café del cantón de Grecia ya que son necesarios para la implementación de árboles maderables en combinación con el cultivo de café.

Es necesario informar con exactitud en que consisten los incentivos forestales, ya que la mayoría de los productores que utilizaron incentivos manifestaron desconocerlos. Esto conlleva a una mala difusión entre los productores del programa de incentivos forestales.

Es prioritario que se inicie con las actividades de raleo en los sistemas agroforestales implementados con incentivos forestales, ya que las altas densidades actuales repercuten negativamente en la producción de café y la calidad de la madera a obtener.

Se recomienda la implementación de parcelas permanentes de evaluación para la especie *E. deglupta* y determinar el índice de sitio de esta especie a altitudes mayores de 1000 msnm y dar un seguimiento de comportamiento de esta en la zona, ya que la bibliografía consultada reporta que esta especie presenta problemas a la edad de 5 años, en zonas con altitud mayores de los 1000 msnm.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, v. 2. Predicción del rendimiento. FAO Forestry Paper no. 22/2 80 p.
- Alfaro, M.M. 1991. Evaluación financiera de la inversión en plantaciones forestales. CATIE (C.R.). Proyecto Madeleña. Silvoenergía no. 48. 4 p.
- Alvarado, M.; Rojas R., E. 1992. Diagnóstico sobre el grado de transferencia y adopción, por parte del caficultor, del paquete tecnológico (cosecha 1990-1991). San José, Costa Rica, ICAFE. 90 p.
- Besly, T.; Case, A. 1993. Modeling technology adoption in developing countries. American Economic Review 83: 396-402.
- Bonilla, G.; Segura, E.; Camargo G., J.C. 1998. Crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus saligna* en un sistema agroforestal, Juan Viñas, Costa Rica. Reporte de trabajo de campo del curso de Silvicultura de Plantaciones. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Bunch, R. 1985. Dos mazorcas de maíz: Una guía para el mejoramiento agrícola orientado hacia la gente. Portland, Oxa., World Neighbors. 268 p.
- Canet, G. 1992. Sistemas de incentivos a la actividad forestal para pequeños y medianos agricultores en Costa Rica. In Conferencia Centroamericana sobre Incentivos Forestales (1992, Managua, Nicaragua). Memoria: Managua, Nicaragua. p. 14-15.
- Caveness, F.; Kurtz, W. 1993. Agroforestry adoption and risk perception by farmers in Senegal. Agroforestry Systems 21: 11-25.
- CATIE 1994. Deglupta: *Eucalyptus deglupta*, especie de árbol de uso múltiple en América Central, Turrialba, Costa Rica. CATIE. 45 p.
- CATIE 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: resultados de cinco años de investigación. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Informe Técnico no. 86. 224 p.
- Costa Rica. Censo Nacional Agropecuario. 1984. Censo nacional agropecuario 1984. San José, C.R. 216 p.
- Chambers, R.; Foster, W. 1983. Participation in the farmer-owned reserve program: a discrete choice model. American Journal of Agricultural Economics 65: 120-124.

- Chavarrilla E., M.I. 1996. Clasificación preliminar de calidades de sitio y factores asociados con el crecimiento del *Eucalyptus deglupta* Blume para la Región Huertar Norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional. 88 p.
- Chavarrilla E., M.I.; Valerio V, R. 1993. Guía preliminar de parámetros silviculturales para apoyar los proyectos de reforestación en Costa Rica. San José, Costa Rica, Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas/Dirección General Forestal. 202 p.
- Chinchilla V., E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica, San José, C.R., IFAM. 396 p.
- Clutter, J.L.; Fortson, J.C.; Pienaar, L.V.; Brister, G.H.; Bailey, R.L. 1983. Timber management: a quantitative approach. New York, Wiley. 333 p.
- Curtis, V. R. ; Moreno, R. ; Franco, M. ; Lungo, B. ; Platais, H. 1996. Incentivos forestales para El Salvador. Un análisis económico financiero. Proyecto No. 519-0385. San Salvador, El Salvador, Abt Associates Inc/Green Project/USAID. 82 p.
- Current, D.; Lutz, E.; Sherr, S. 1995. Costs, benefits and farmer adoption of agroforestry: Project experience in Central America and the Caribbean. World Bank Environment Paper no. 14. 212 p.
- DECAFOR. 1994. Adendum a manual de procedimientos técnico – administrativo 3 p. (Mimeografiado)
- Fèder, G.; Just, R.; Zilberman, D. 1982. Adoption of agricultural innovations in developing countries. World Bank Staff Working Paper no. 542.
- Freund, R.J.; Littell, R.C. 1991. SAS system for regression. 2 ed. Cary North Carolina, SAS Institute Inc., 210 p.
- Galloway, G. 1993. Manejo de plantaciones forestales; guía técnica para el extensionista. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Manual Técnico no. 7. 59 p.
- Godoy, J. C. 1997. Evaluación económica de los incentivos a la reforestación otorgados por el Gobierno de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 94 p.
- Godoy, R. 1992. Determinants of smallholder commercial tree cultivation. World Development 20: 713-725.
- Gujarati, D. 1992. Econometria. 2 ed. Mexico, Mc Graw Hill. 597 p.

- Hernández S., R.; Fernández C., C.; Baptista L., P. 1991. Metodología de la investigación. Mexico, Mcgraw-Hill. 555 p.
- Hyman, E. 1983. Loan financial of smallholder tree farming in the provinces of Ilocos Norte and Ilocos Sur, Philippines. *Agroforestry Systems* 1: 225-243.
- Hughell, D. A. 1991. Lineamientos para el desarrollo de modelos para la predicción de crecimiento y rendimientos de árboles de uso múltiple. Informe interno. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 131 p
- Jadan P., S.V. 1972. Sistema de clasificación de índice de sitio para *Eucalyptus deglupta* Bl. en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. IICA. 87 p.
- Jimenez A., M. 1988. Aplicación de un aclareo en *Eucalyptus saligna* (Smith) y determinación de costos e ingresos económicos de la extracción de los productos; San Ramón, Alajuela. Tesis Ing. For. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica. 122 p.
- Johnson, A.; Johnson, M.; Buse, R. 1987. *Econometrics basic and applied*. New York, Macmillan. 477 p.
- INSTITUTO DE FOMENTO Y ASESORIA MUNICIPAL 1992. Diagnostico Municipalidad de Grecia Protección de cuencas hidrográficas. San José, Costa Rica, Convenio MIRENEM - IFAM. 51 p.
- Inions, G. 1990 Classification and evaluation of site in Karri (*Eucalyptus diversicolor*) regeneration, 1. edaphic and climatic attributes. *Forest Ecology and Management* 32: 117-134.
- Kleinn, C. 1997. Notas de clase de Estadística. Supuestos de Prueba de Chi Cuadrada. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Costa Rica. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1994. Plan de trabajo agencia de extensión de Grecia. Grecia, Costa Rica. 80 p.
- Martínez H., H.A. 1989. El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Boletín Técnico no.19. 79 p.
- Martínez, H. 1994. Evaluación técnica externa del programa de desarrollo forestal. San José, Costa Rica, Programa de Desarrollo Forestal DGF-DECAFOR/Secretaría Técnica de Apoyo. San José, Costa Rica. 120 p.
- Menanteau-Horta, D. 1976. Algunas consideraciones sobre el cambio sociocultural: Sus implicaciones para el desarrollo rural y la difusión de innovaciones agropecuarias. In *Sociología del desarrollo rural: enfoque*

- interdisciplinario de la difusión de tecnología agropecuaria en Chile. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. p. 123-128.
- Michaelsen, T. 1983. Incentives for maintaining peoples interest in tree growing. Maser, Lesotho. 77 p.
- Monge M., J.L. 1997. *Eucalyptus saligna* Smith. In Ugalde, L. ed. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Costa Rica. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Informe Técnico no. 290. p. 105-122.
- Montenegro, J.; Ramírez, G.; Blanco-Metzler, H. 1997. Evaluación del establecimiento y crecimiento inicial de seis especies maderables asociadas con café. Agroforestería en las Américas. 4(13):14-20.
- Fundación Neotrópica. 1991. Análisis de los incentivos y desincentivos para la reforestación y el manejo del bosque natural en Costa Rica. San José, Costa Rica. Centro de Estudios Ambientales y Políticas. 131 p.
- Otarola A., E. 1996. Productividad y cuantificación económica de los productos provenientes de raleos en plantaciones forestales de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Cupressus* en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba CR. CATIE 98 p.
- Philips, G.B. 1992. Development of site index curves for *Eucalyptus rubida* Deane et Maiden growing in lesotho. Commonwealth Forestry Review 17(3-4):197-202
- Pojar, J.; Klinka, K.; Meidinger, D.V. 1987. Biogeoclimatic ecosystem classification in British Columbia. Forest Ecology and Management 22: 119-154.
- Raintree, J. 1983. Strategies for enhancing the adoptability of agroforestry. Agroforestry Systems 1:173-187.
- Ramirez, O.; Shultz, S. 1997. Estudio de adopción de prácticas agroforestales y plantaciones en un proyecto en Panamá.
- Rogers, E. 1995. Diffusion of innovations. New York. 519 p.
- Sanchez, A. 1994. Crecimiento de *Eucalyptus deglupta* y *Eucalyptus grandis* bajo tres sistemas de plantación a nivel de finca, en la zona de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 95 p.
- Salazar, R.; Jimenez, V. 1988. Comportamiento del *Eucalyptus deglupta* en Costa Rica. CATIE (C.R.). Proyecto Madeleña. Silvoenergía no. 27. 4 p.
- Sequeira V., W. 1996. Fomento a los sistemas agroforestales (SAF). San José, Costa Rica, DECAFOR. (Mimeografiado)

- Segura B., O. 1992. Incentivos forestales en Costa Rica. Políticas económicas del sector. Tesis de Mag. Sc. Alajuela, Costa Rica, INCAE. 54 p.
- Suárez C., F. 1980. Conservación de suelos. Primera reimpression de la tercera edición, Editorial IICA, San José, Costa Rica. 315 p.
- Suárez, R. 1997. *Eucalyptus saligna* Smith. In Ugalde, L. ed. Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Guatemala CATIE (C.R.). Serie Técnica. Informe Técnica no. 290. p. 241-259.
- Tacher, T.; Lee, D.; Schelhas, J. 1997. Farmer participation in reforestation incentive programs in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 35: 269-289.
- Ugalde, L. 1998. Apuntes de Clase de Silvicultura de plantaciones forestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Ugalde, L. 1980. Rendimiento y aprovechamiento de dos intensidades de raleo selectivos en *Eucalyptus deglupta* Blume en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa UCR – CATIE. 128 p.
- Van de Ban, A. W. 1957. Some characteristics of progressive farmers in the Netherlands. *Rural Sociology* 22 (1-4):205-212.
- Vásquez, W. 1991. Modelos preliminares para la predicción del rendimiento de *Eucalyptus saligna* Smith. En Costa Rica y Guatemala. CATIE (C.R.). Proyecto Madeleña. Silvoenergía no. 46. 4 p.
- Viera V., C.J. 1998. Crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus deglupta* en un sistema agroforestal, Juan Viñas, Costa Rica. Reporte de trabajo de campo del curso de Silvicultura de Plantaciones. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Villarraga F., L. F. 1998. Factores biofísicos y socioeconómicos que afectan la reforestación en la cuenca del río Purires en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 89 p.
- Wyeth J. 1994. Reforestation incentives in Costa Rica. Afforestation of cattle farms project in the Central pacific region of Costa Rica. San José, Costa Rica, ODA/MAG/MIRENEN. 25 p.

9. ANEXOS

Anexo 1a. ENCUESTA DE RECOLECCION DE DATOS A LOS PRODUCTORES QUE HAN UTILIZADO LOS INCENTIVOS FORESTALES

ENCUESTA No. _____

1. INFORMACION GENERAL

1.1 Lugar y fecha

1.2 Nombre del Productor

Edad _____

1.3 Es usted propietario

Copropietario _____ o arrendatario

1.4 Cual es su ocupación principal?

Agricultura__ Ganadería__ Forestal ____ Otra _____

1.5 Tamaño de la finca

mz _____ ha _____

1.6 Area total de cultivo de café

mz _____ ha _____

1.7 Area de café con maderables

mz _____ ha _____

1.8 Vive en la finca?

Si () No () Donde _____

distancia _____

1.9 Usted tiene título de propiedad de la finca?

Si () No ()

2. INFORMACION SOCIOECONÓMICA

2.1 Nivel de educación

	Productor	Esposa	Hijos	Hijos
Primaria	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____
Secundari	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____
Técnica	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____
Superior	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____

2.2 ¿Cuántos trabajan en la finca?

Jornales utilizados por ha/mes _____

2.3 Distribución de la mano de obra en la finca

	Tiempo Completo	Parcialmente %	No participa
Productor			
Esposa			
Hijo (s)			
Peones			

2.4 Otras fuentes de ingreso

	Actividad	Monto
Productor		colones
Esposa		colones
Hijo (s)		colones
Otros		colones

3. USO DE INCENTIVOS FORESTALES

3.1 Conoce de los incentivos forestales? Si () No ()

Qué sabe de los incentivos?

3.2 Desde que año es beneficiario de los incentivos forestales? Año _____

Cuántos años a utilizado los incentivos? Años _____

3.3 Cuántas hectáreas ha plantado?

FDF _____ Monto _____ CAF _____ Monto _____

CAFa _____ Monto _____ Otros _____ Monto _____

Fondo Propio _____ Monto _____

3.4 Cuáles especies forestales ha plantado?

Ciprés () Pino ()

Eucalyptus saligna () Cedro ()

Eucalyptus deglupta () Laurel ()

Otros () Cuales

3.5 Cuáles son las principales (Cité dos)?

1 _____

2 _____

3.6 Para qué usa los árboles?

Leña () Protección Cultivo ()

Construcción () Postes ()

Protección Suelos () Madera ()

Venta () Otros ()

3.7 Qué cantidad de árboles por ha tiene sembrados?

Siembra inicial _____ Actual _____

3.8 Quién decidió el sitio de plantación?

Productor ()
Técnico ()
Ambos ()

3.9 Quién decidió la especie?

Productor ()
Técnico ()
Ambos ()

3.10 Con qué fines planto usted?

Leña () Aserrio () Postes ()
Protección de cuenca () Protec. Suelos () Protec. Cultivos ()

3.11 Si no existiera el incentivo usted hubiera plantado árboles?

Si () No ()

Por qué?

3.12 Cómo se unió usted al programa de reforestación?

Iniciativa propia ()
lo convencieron los técnicos ()
lo convencieron la organización ()
Observación de las fincas vecinas ()

3.13 Por qué se unió al programa de reforestación?

Por aprovechar los incentivos ()
Por aprovechar parte de finca ()
Por reforestar ()
Otras razones ()

3.14 Qué piensa hacer con los árboles cuando no tenga el apoyo de los incentivos?

() Abandonar la plantación
() Le dará mantenimiento mínimo
() Cambiara de cultivo
() La trabajara con recursos propios
() Otras actividades

3.15 Aunque no haya incentivos usted seguirá sembrando árboles?

Si () No () Por qué?

3.16 Sería usted capaz de tomar un crédito blando o favorable para reforestar?

Si () No ()

3.17 La actividad forestal le gusta?

- Mucho ()
- Poco ()
- Muy poco ()
- Nada ()

3.18 Por qué ha sembrado usted sus árboles?

3.19 Le gusta el método de siembra que le recomendaron?

- Si () No ()

3.20 Recibe asistencia técnica?

- Si () No ()
Quien se la dá?

3.21 Cada cuánto lo visitan?

3.22 Las indicaciones son por escrito?

- Si () No ()

3.23 Qué hacen en las visitas?

3.24 La organización a la que pertenece le da capacitación?

- Si () No ()

3.25 En qué lo han capacitado?

3.26 ¿Con qué tipo de incentivo prefiere trabajar?

- FDF () CAFa () CAF () Otros ()

3.27 Le tiene fe a su plantación forestal?

- Si () No ()
Por qué?

3.28 Cree que plantar árboles es rentable?

OBSERVACIONES

Anexo 1b. ENCUESTA DE RECOLECCION DE DATOS A LOS PRODUCTORES QUE N HAN UTILIZADO LOS INCENTIVOS FORESTALES.

ENCUESTA No. _____

1. INFORMACION GENERAL

1.1 Lugar y fecha

1.2 Nombre del Productor

Edad _____

1.3 Es usted propietario?

Copropietario

o
arrendatari
o

1.4 Cuál es su ocupación principal?

Agricultura _____ Ganadería _____ Forestal _____ Otra _____

1.5 Tamaño de la finca

mz

ha

1.6 Area total de cultivo de café

mz

ha

1.7 Area de café con maderables

mz

ha

1.8 Vive en la finca?

Si ()

No ()

Donde

distancia

1.9 Usted tiene título de propiedad de la finca?

Si ()

No ()

2. INFORMACION SOCIOECONÓMICA

2.1 Nivel de educación

	Productor	Esposa	Hijos	
Primaria	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____
Secundaria	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____
Técnica	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____
Superior	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____

2.2 Cuántos trabajan en la finca?

Jornales utilizados por
ha/mes

2.3 Distribución de la mano de obra en la finca

	Tiempo Comple.	Parcialmente %	No participa
Productor			
Esposa			
Hijo (s)			

2.4 Actividad que le genera mayor ingreso de la finca?

2.5 Otras fuentes de ingreso?

	Actividad	Monto
Productor		colones
Esposa		colones
Hijo (s)		colones
Otros		colones

3. USO DE INCENTIVOS FORESTALES

3.1 Conoce de los incentivos forestales? Si () No ()

Qué sabe de los incentivos?

3.2 Porqué no ha utilizado los incentivos forestales?

3.3 Cuántas hectáreas ha plantado?

Fondo Propio has Monto colones

3.4 Cuáles especies forestales ha plantado?

Ciprés	()	Pino	()
Eucalyptus s	()	Cedro	()
Eucalyptus d	()	Laurel	()
Otros	()	Cuales	

3.5 Cuáles son las principales (Cite dos)?

1 _____

2 _____

3.6 Para qué usa los árboles?

Leña	()	Protección C.	()
Construcción	()	Postes	()
Protección S	()	Madera	()
Venta	()	Otros	()

3.7 Qué cantidad de árboles por ha tiene sembrados?

Siembra inicial _____ Actual _____

3.8 Quién decidió el sitio de plantación?

Productor	()
Técnico	()
Ambos	()

3.9 Quién decidió la especie?

Productor ()
Técnico ()
Ambos ()

3.10 Con qué fines planto usted?

Leña () Aserrio () Postes ()
Protección Cuencas () Protec. Suelos () P. Cultivos ()

3.11 Cómo se unió usted al programa de reforestación?

Iniciativa propia ()
lo convencieron los técnicos ()
lo convencieron la organización ()
Observación de las fincas vecinas ()

3.12 Por qué se unió al programa de reforestación?

Por aprovechar parte de finca ()
Por reforestar ()
Otras razones ()

3.13 Sería usted capaz de tomar un crédito blando o favorable para reforestar?

Si () No ()

3.14 La actividad forestal le gusta?

Mucho ()
Poco ()
Muy poco ()
Nada ()

3.15 Por qué ha sembrado usted sus árboles?

3.16 Le gusta el método de siembra que le recomendaron?

Si () No ()

3.17 Recibe asistencia técnica?

Si () No ()

Quién se la dá?

3.18 Cada cuanto lo visitan?

3.19 Las indicaciones son por escrito?

Si () No ()

3.20 Qué hacen en las visitas?

3.21 La organización a la que pertenece le dá capacitación?

Si () No ()

3.22 En qué lo han capacitado?

3.23 Le tiene fé a su plantación forestal?

Por qué?

Sí () No ()

3.24 Cree que plantar árboles es rentable?

OBSERVACIONES

Anexo 1c. ENCUESTA DE RECOLECCION DE DATOS A LOS PRODUCTORES QUE NO HAN REFORESTADO.

ENCUESTA No. _____

1. INFORMACION GENERAL

1.1 Lugar y fecha:

1.2 Nombre del Productor

Edad _____

1.3 Es usted propietario?

Copropietario

o arrendatario

1.4 Cual es su ocupación principal?

Agricultura ____ Ganadería ____ Forestal ____ Otra _____

1.5 Tamaño de la finca

mz

ha

1.6 Area total de cultivo de café

mz

ha

1.7 Vive en la finca?

Si ()

No ()

Donde

distancia

1.8 Usted tiene título de propiedad de la finca

Si

()

No

()

2. INFORMACION SOCIOECONOMICA

2.1 Nivel de educación

	Productor	Esposa	Hijos	
Primaria	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____
Secundaria	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____
Técnica	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____
Superior	() años _____	() años _____	() años _____	Edad _____

2.2 Cuántos trabajan en la finca?

Jornales utilizados por ha/mes

2.3 Distribución de la mano de obra en la finca

	Tiempo Completo	Parcialmente %	No participa
Productor			
Esposa			
Hijo (s)			
Peones			

2.4 Qué actividad le genera mayor ingreso?

2.5 Otras fuentes de ingreso?

	Actividad	Monto
Productor		colones
Esposa		colones
Hijo (s)		colones
Otros		colones

3. DE LOS INCENTIVOS FORESTALES

3.1 Qué opina de los árboles maderables en el cultivo de café?

3.2 Por qué no ha utilizado este tipo de sistema en su finca?

3.3 Conoce de los incentivos forestales? Si () No ()

Qué sabe de los incentivos?

3.4 Qué opinión tiene de ellos?

3.5 Por qué no ha hecho uso de los incentivos?

3.6 Sería usted capaz de tomar un crédito blando o favorable para reforestar?

Si () No ()

3.7 La actividad forestal le gusta?

Mucho ()
 Poco ()
 Muy poco ()
 Nada ()

3.8 Recibe asistencia técnica?

Si () No ()

Quién se la dá?

3.9 Cada cuánto lo visitan?

3.10 Las indicaciones son por escrito?

Si () No ()

3.11 Qué hacen en las visitas?

3.12 La organización a la que pertenece le da capacitación?

Si () No ()

3.13 En qué lo han capacitado?

3.14 Cree que plantar árboles es rentable?

OBSERVACIONES

Anexo 2. Caracterización de las fincas de productores que han reforestado con incentivos, sin incentivos como los que no han reforestado.

No, Finca	Distribución de área			Uso de incentivos		Sistema Agroforestal	
	T. Finca	C. Café	S. Agrofore.	Si	No	Si	No
1	1,05	1,05	1,05	X		X	
2	1,4	1,4	1,4	X		X	
3	9,8	5,6	1,4	X		X	
4	7	7	7	X		X	
5	10,5	7	2,8	X		X	
6	24,5	7	7	X		X	
7	7,7	6,3	6,3	X		X	
8	11,2	3,5	2,1	X		X	
9	4,2	4,2	1,96	X		X	
10	3,85	3,15	2,1	X		X	
11	9,8	7,7	7,7	X		X	
12	7	7	5,6	X		X	
13	14	14	14	X		X	
14	8,05	8,05	5,6	X		X	
15	7	5,95	5,95	X		X	
16	8,4	7,7	5,6	X		X	
17	10,5	9,8	9,8	X		X	
18	14	14	7	X		X	
19	2,8	2,1	1,4	X		X	
20	2,1	2,1	2,1	X		X	
21	5	4	3	X		X	
22	3,5	3,5	0,525		X	X	
23	15,4	14	1,4		X	X	
24	49	49	7		X	X	
25	1,05	0,42	0,42		X	X	
26	3	2,5	2,5		X	X	
27	11,9	2,8	0,525		X	X	
28	8	3,5	2		X	X	
29	2,1	0,875	0,7		X	X	
30	3,5	3,5	0				X
31	10,5	10,5	0				X
32	4,2	0,525	0				X
33	5	5	0				X
34	1,4	1,4	0				X
35	0,525	0,525	0				X
36	5,25	3,15	0				X
37	1,575	1,575	0				X
38	1	1	0				X
39	8,4	5,6	0				X
40	6,3	3,15	0				X
41	12	10	0				X
42	7	4,9	0				X

Anexo 4. Modelo de regresión para determinar los coeficientes de la ecuación de altura media de *E. saligna*

The SAS System

```
data a;
```

```
input hm e is ab eb hd ;
```

```
lhm= log(hm);
```

```
lis=log(is);
```

```
e=1/e;
```

```
lab=log(ab);
```

```
eb=1/eb;
```

```
et=(eb-e);
```

```
lhd=log(hd);
```

```
cards;
```

```
6,2 21 16,9 0,5 60 6,5  
10,1 33 18,2 2,5 60 10,9  
10,9 34 18,9 2,0 60 11,7  
18,5 56 22,6 14,6 60 21,4  
7,7 19 21,4 0,9 60 7,9  
5,6 55 13,3 12,4 60 12,3  
15,5 55 18,8 5,6 60 16,7  
13,3 69 14,3 8,1 60 16,1  
14,7 82 13,7 8,6 60 17,7  
16,1 45 24,1 10,9 60 19,3  
16,4 45 24,2 10,4 60 19,3  
13,1 55 18,1 12,5 60 16,8  
14,2 55 19,6 13,0 60 18,2  
7,6 21 22,2 2,1 60 9,1  
15,6 55 19,2 11,8 60 17,9  
10,5 45 14,1 2,1 60 10,9  
13,2 55 18 19,3 60 16,8  
;
```

```
*proc print;
```

```
proc reg;
```

```
*model lis= et;
```

```
model lhm= e lis;
```

```
output out=r1 r=residuos p=pred;
```

```
run;
```

```
quit;
```

```
data b; set a;
```

```
do;
```

```
altmedia=exp(-0,304162-25,189957*eb+1,165767*lis);
```

```
end;
```

```
proc print;
```

```
run; quit;
```

Model: MODEL1
 Dependent Variable: LHM

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	2	1,63800	0,81900	26,763	0,0001
Error	14	0,42843	0,03060		
C Total	16	2,06643			

Root MSE	0,17493	R-square	0,7927
Dep Mean	2,45488	Adj R-sq	0,7631
C,V,	7,12598		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-0,304162	0,67747291	-0,449	0,6603
E	1	-25,189957	3,72742648	-6,758	0,0001
LIS	1	1,165767	0,24074489	4,842	0,0003

OBS	LAB	ET	LHD	ALTMEDIA a los 60 meses
1	-0,69315	-0,030952	1,87180	13,0919
2	0,91629	-0,013636	2,38876	14,2732
3	0,69315	-0,012745	2,45959	14,9152
4	2,68102	-0,001190	3,06339	18,3716
5	-0,10536	-0,035965	2,06686	17,2395
6	2,51770	-0,001515	2,50960	9,9020
7	1,72277	-0,001515	2,81541	14,8233
8	2,09186	0,002174	2,77882	10,7752
9	2,15176	0,004472	2,87356	10,2500
10	2,38876	-0,005556	2,96011	19,8008
11	2,34181	-0,005556	2,96011	19,8966
12	2,52573	-0,001515	2,82138	14,1819
13	2,56495	-0,001515	2,90142	15,5612
14	0,74194	-0,030952	2,20827	17,9931
15	2,46810	-0,001515	2,88480	15,1916
16	0,74194	-0,005556	2,38876	10,5997
17	2,96011	-0,001515	2,82138	14,0906

Anexo 3.1. Promedio de crecimiento por parcela en sistema agroforestal en bloque (*Eucalyptus saligna*).

Finca	Edad (meses)	Sobre Vivencia %	Distancia, línea planta		Area planta m2	Diámetro		Altura		Altura Domin.	Índice Sitio	Área Basal m2/ha	Vol (m³/ha)	IMA (m³/ha/año)
			cm	cm		DAP	IMA	Promedio	IMA					
1	55	89	100	300	126	7,9	1,7	5,6	1,2	12,3	13,3	12,4	56,6	12,4
5	45	63	450	300	432	17,4	4,6	16,1	4,3	19,3	24,1	10,9	83,6	22,3
9	21	50	300	500	540	8,9	5,1	7,6	4,3	9,1	22,2	2,1	10,3	5,9
11	45	77	812	812	1716	15,1	4	10,5	2,7	10,9	14,1	2,1	11,5	3,1
12	55	64	200	400	240	17,6	3,8	13,2	2,8	16,8	18	19,3	127,2	27,8
14	31	75	650	800	832	14,9	5,4	10,1	5,7	10,9	18,2	2,5	13,7	7,8
17	19	65	794	794	2270	10,5	6,6	7,7	4,8	7,9	21,4	0,9	4,2	2,6

1-12 SAF Con incentivos forestales
13-17 SAF Sin incentivos forestales

Anexo 3.2. Promedio de crecimiento por parcela en sistema agroforestal en línea (*Eucalyptus saligna*)

Finca	Edad (meses)	Sobre Vivencia %	Distancia, Planta		Largo Parcela	Diámetro		Altura		Altura Domin.	Índice Sitio	Área Basal (m²/km)	Vol (m³/km)	IMA (m³/km/año)
			cm	cm		DAP	IMA	Promedio	IMA					
2	55	31,59	200	200	72	21,7	4,7	15,5	3,3	16,7	18	11,5,6	39,1	8,6
3	69	64	200	200	72	18	3,1	13,3	2,3	16,1	14,3	8,1	54,1	9,4
4	82	42	200	200	72	22,9	3,3	14,7	2,1	17,7	13,7	8,6	57,5	8,4
6	45	94	200	200	72	16,7	4,4	16,4	4,3	19,3	24,2	10,4	82,2	21,9
7	55	94	200	200	72	18,3	4	13,1	2,8	16,8	18,1	12,5	81,9	17,9
8	55	58	100	100	36	16,9	3,6	14,2	3,1	18,2	19,6	13	92	20,1
10	55	44	200	200	64	26,3	5,7	15,6	3,4	17,9	19,2	11,8	80,4	17,5
13	21	86	800	800	288	7,7	4,4	6,2	3,5	6,5	16,9	0,5	2,4	1,4
15	32	47	400	400	144	14,9	5,2	10,9	5,9	11,7	18,2	2	12,1	6,6
16	56	54	200	200	48	26,2	5,6	18,5	3,9	21,4	22,6	14,6	111,5	23,9

1-12 SAF Con incentivos forestales
13-17 SAF Sin incentivos forestales