

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

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

**RENDIMIENTO Y ANALISIS FINANCIERO DEL SISTEMA
AGROFORESTAL CAFE (*Coffea arabica* cv Caturra) CON PORO
(*Erythrina poeppigiana*) BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE LAUREL
(*Cordia alliodora*).**

POR:

OSCAR RENE HERNANDEZ GUERRA

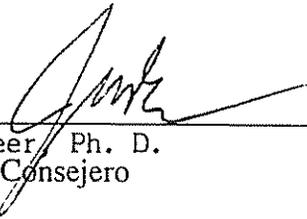
Turrialba, Costa Rica.

1995

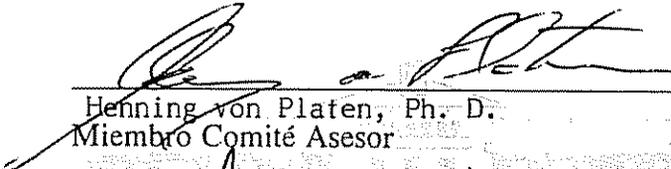
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

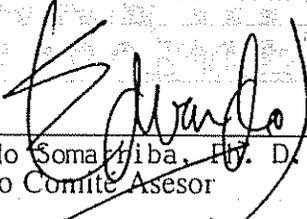
FIRMANTES:



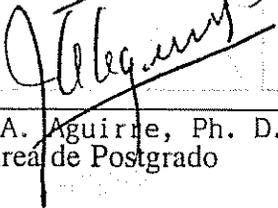
John Beer, Ph. D.
Profesor Consejero



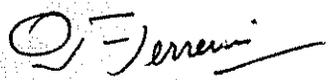
Henning von Platen, Ph. D.
Miembro Comité Asesor



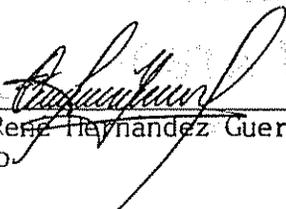
Eduardo Soma Traba, Ph. D.
Miembro Comité Asesor



Juan A. Aguirre, Ph. D.
Jefe, Área de Postgrado



Pedro Ferreira, Ph. D.
Director, Programa de Enseñanza



Oscar René Hernández Guerra
Candidato

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y
ENSEÑANZA
(CATIE)
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACION**

**/// RENDIMIENTO Y ANALISIS FINANCIERO DEL SISTEMA
AGROFORESTAL CAFE (*Coffea arabica* cv Caturra) CON PORO
(*Erythrina poeppigiana*) BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE LAUREL
(*Cordia alliodora*).**

Tesis sometida a la consideracion del Comité Técnico de Posgrado y Capacitación
del Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientae

por
✓
OSCAR RENE HERNANDEZ GUERRA

Turrialba, Costa Rica.

1995

DEDICATORIA

-A Dios todo poderoso, luz y guía que conduce por el camino de la sabiduría y permitirme alcanzar esta meta.

- A mis padres, Rosa Elba, José Antonio por sus consejos y apoyo.

-A mis hermanos, Juan José, Rosa Emperatriz y Julio Cesar, con mucho amor fraternal.

-A mi pueblo El Salvador.

AGRADECIMIENTOS

- Al Programa de Becas MUTIS, Instituto de Cooperación Iberoamericana y Agencia Española de Cooperación Internacional por proveer los fondos de beca.
- A todos los compañeros y amigos de la promoción 94-95, especialmente a Quintanilla, Samaniego y Mario por su amistad, al equipo de fútbol por los buenos y malos momentos que pasamos juntos.
- A John Beer, profesor consejero por su orientación, paciencia a la realización del presente trabajo y apoyo personal.
- A Henning von Platen, miembro de comité por su amistad, apoyo y consejos y contribución en la elaboración del trabajo de tesis.
- Eduardo Somarriba, miembro de comité por su asesoría.
- A los profesores Pedro Oñoro por su colaboración.
- A Donald Kass por su amistad y apoyo.
- A todo el personal del Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ: Edgar, Alfonso, Jesús, Armando, Allan, Margarita, Grace, Meivis por su colaboración y apoyo en la oficina.
- A Sigifredo Araya y demás familia por su hospitalidad y amistad brindada.
- A los finqueros, técnicos y administradores de fincas de Turrialba por su ayuda, amistad y hospitalidad.
- Al personal de la Biblioteca Orton en especial a Doña Adis, Programa de Posgrado, Centro de Computo y demás personas y entidades que de alguna u otra forma contribuyeron al desarrollo del presente trabajo.

BIOGRAFIA

El autor es Salvadoreño, nacido en Agosto de 1965 en la Ciudad de Estanzuelas, Departamento de Usulután.

En Diciembre de 1991, obtuvo el Título de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. En 1992 trabajo en la Fundación Cáritas de El Salvador, como Coordinador Nacional de Proyecto Agropecuario y de Capacitación Profesional.

En Enero de 1994 ingresa al Programa de Maestría del CATIE, en Turrialba, Costa Rica con una beca del Programa de Becas MUTIS. Recibiendo en Diciembre de 1995 el grado de *Magister Scientae*.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFIA	V
TABLA DE CONTENIDO	VI
RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
INDICE DE CUADROS	X
INDICE DE FIGURAS	XIII
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Café	3
2.1.1. Efecto de la sombra en la producción de café	3
2.2.2. Efecto de la sombra en el tamaño del fruto y grano	5
2.2. Laurel	6
2.2.1. Características generales e importancia	6
2.2.2. Crecimiento y rendimiento	7
2.3. Análisis financiero en sistemas agroforestales	10
3 MATERIALES Y METODOS	12
3.1. Localización y características del sitio	12
3.2. Descripción del experimento	12
3.2.1. Diseño experimental	12
3.2.2. Descripción de la unidad experimental	12
3.2.3. Tratamientos	13
3.3. Establecimiento y manejo del ensayo	13
3.4. Variables estudiadas	15
3.4.1. Producción de café	15

3.4.2. Características del fruto y grano de café	15
3.4.2.1. Grano vano	16
3.4.2.2. Tamaño de cereza	16
3.4.2.3. Rendimiento de café oro	16
3.4.2.4. Tamaño de grano de café oro	17
3.4.3. Producción de madera	17
3.4.4. Análisis financiero	17
3.5. Análisis de información	19
3.5.1. Producción de café	19
3.5.2. Características del fruto y grano de café	20
3.5.3. Producción de madera	20
3.5.4. Análisis financiero	21
4. RESULTADOS Y DISCUSION	24
4.1. Producción de café bajo diferentes densidades de laurel	24
4.1.1. Resultados	24
4.1.2. Discusión	26
4.2. Efecto de la sombra en las características del fruto y grano de café	27
4.2.1. Resultados	27
4.2.2. Discusión	28
4.3. Producción de madera	31
4.3.1. Incrementos	31
4.3.1.1. Resultados	31
4.3.2.1. Discusión	31
4.3.2. Volumen/ha con diferentes densidades de laurel	32
4.3.2.1. Resultados	32
4.3.2.2. Discusión	33
4.4. Análisis financiero	34
4.4.1. Resultados	34
4.4.2. Discusión	36
5. CONCLUSIONES	38
6. RECOMENDACIONES	40
7. BIBLIOGRAFIA	41
8. ANEXOS	47

HERNANDEZ GUERRA, O.R. 1995. Rendimiento y análisis financiero del sistema agroforestal café (*Coffea arabica* cv caturra) con poro (*Erythrina poeppigiana*) bajo diferentes densidades de laurel (*Cordia alliodora*). Tesis Mag. Sci. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70 p.

Palabras claves: Agroforestería, árboles de sombra, análisis financiero, análisis de sensibilidad, *Coffea arabica*, *Cordia alliodora*, *Erythrina poeppigiana*, grano, madera, producción, tamaño de grano.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en Turrialba, Costa Rica con el sistema agroforestal *Coffea arabica* cv caturra bajo sombra de *Cordia alliodora* y *Erythrina poeppigiana*. Los árboles se establecieron entre las hileras de los cafetos utilizando un diseño sistemático de espaciamiento. El estudio tiene por objetivos: a) cuantificar el rendimiento de *C. arabica* bajo diferentes densidades de *C. alliodora* y a pleno sol, b), estudiar las características del fruto y grano de *C. arabica* producida a pleno sol y bajo sombra, c) cuantificar la producción de madera a diferentes densidades de plantación de *C. alliodora*, d) determinar la densidad de *C. alliodora* asociado con *C. arabica* que produce el máximo beneficio financiero.

La producción de *C. arabica* para el periodo 1992-94, fue de 74, 50, 37 y 26 fanegas/ha bajo densidades de 0, 100, 200 y 300 *C.alliodora*/ha, respectivamente. Fue mayor a pleno sol que bajo sombra debido a la mayor densidad de la plantación (7215 vs 4780 plantas/ha). Las producciones por planta a pleno sol y bajo 100 *C. alliodora*/ha fueron similares, no así bajo 200 y 300 *C.alliodora*/ha que fueron inferiores. Un aumento de 100 *C. alliodora*/ha en el rango de densidades de 100 a 300 árboles/ha, provoca una disminución de 28% en la producción por hectárea.

El porcentaje de grano vano de *C. arabica* fue mayor a pleno sol (3.5%) que bajo sombra (2.5%). El rendimiento (conversión de grano cereza a grano oro) bajo sombra fue mayor en 0.6% que a pleno sol. No se encontró diferencia ni una tendencia definida en el tamaño de cereza y grano oro entre sol y sombra.

Para el periodo 1992-94, los incrementos de *C. alliodora* fueron de 1.5 cm/año en dap y 1.5 m/año en altura. Un aumento de la densidad de *C. alliodora* a los 10 años tuvo efecto negativo en dap (30 %) y volumen (50 %) pero no en altura. La producción vario de 95 a 152 m³/ha para densidades de 107 y 348 árboles/ha respectivamente.

El margen bruto/ha y la tasa interna de retorno (TIR) son mayores a pleno sol, disminuyendo a medida aumenta la densidad de *C. alliodora*. La relación beneficio/costo con sombra es mejor que a pleno sol. El ingreso por trabajo aumenta a medida aumentan las densidades de *C. alliodora*.

Al variar los precios de los productos (madera y café) y los costos (mano de obra, insumos), hasta en un +50 %, café a pleno sol tiene ventajas para TIR y margen bruto sobre los sistemas con sombra, mientras que es mas frágil a una caída en los precios del café. En los sistemas con sombra una densidad de 100 *C. alliodora*/ha resulta financieramente mejor y mas estables que 200 y 300 arboles/ha, indicando que en este rango los ingresos por venta de madera no compensa el efecto negativo de la mayor densidad de sombra sobre la producción de café.

HERNANDEZ GUERRA, O. R. 1995. Yield and financial analysis of an agroforestry system with coffee (*Coffea arabica* cv caturra) and poro (*Erythrina poeppigiana*) under different densities of laurel (*Cordia alliodora*). Thesis Mag. Sci. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70 p.

Key words: Agroforestry, bean defects, bean size, *Coffea arabica*, coffee production, *Cordia alliodora*, *Erythrina poeppigiana*, financial analysis, sensitivity analysis, shade trees, timber yield.

SUMMARY

This work was carried out in Turrialba, Costa Rica, with an agroforestry system of *Coffea arabica* cv caturra under shade of *Cordia alliodora* and *Erythrina poeppigiana*. The trees were established between coffee lines using a systematic spacing design. The objectives of this study were: a) to quantify *C. arabica* yield under different densities of *C. alliodora* and without shade, b) to study the characteristics of the berries and beans produced with and without shade, c) to quantify the production of wood at different *C. alliodora* densities, and d) to determine the density of *C. alliodora* associated to *C. arabica* that gives the maximum financial benefits.

The production of *C. arabica* for the period 1992-1994 was 74, 50, 37 and 26 "fanegas"/ha, under densities of 0, 100, 200 and 300 *C. alliodora*/ha, respectively. The higher production without shade was due to the higher *C. arabica* density (7215 vs 4780 bushes/ha). The production per bush was similar without shade and under 100 *C. alliodora*/ha, and inferior under 200 and 300 *C. alliodora*/ha. An increase of 100 *C. alliodora*/ha in the density range of 100 to 300 trees/ha causes a decrease of 28% in the *C. arabica* production per hectare.

The percentage of empty beans was higher without shade (3.5%) than under shade (2.5%). The yield (conversion from cherry to beans) under shade was 0.6% higher than without shade. No difference nor a defined trend were found in the cherry or bean size with and without shade.

For the period of 1992-1994, the growth of *C. alliodora* was of 1.5 cm/year in dbh and 1.5 m/year in height. The increase in *C. alliodora* density after 10 years had a negative effect on dbh (30%) and volume (50%), but not on height. Wood production varied from 95 to 152 m³/ha for 107 and 348 trees/ha, respectively.

The gross margin/ha and the internal return rate (IRR) are higher without shade, decreasing with the increase in *C. alliodora* density. The benefit/cost relation with shade is better than without shade. Returns to labor increase according to the increase in *C. alliodora* density.

If prices (*C. alliodora* and coffee) and costs (labor and inputs) change by +50%, coffee without shade has higher IRR and gross margin than under shade, but it is more sensitive to decreases in coffee price. For the shade systems, 100 *C. alliodora*/ha is financially better and more stable than 200 and 300 trees/ha, showing that in this range, the income from wood does not compensate the competitive effect on coffee yield.

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Incremento y crecimiento de arboles de <i>Cordia alliodora</i> en asocio con <i>Coffea arabica</i> , para el área de Turrialba, Costa Rica.	8
2	Manejo promedio del <i>Coffea arabica</i> bajo sombra de <i>Cordia alliodora</i> y <i>Erythrina poeppigiana</i> en el período 1983-1994 (actividades anuales)	14
3	Incrementos periódicos y dimensiones promedio de <i>Cordia alliodora</i> a diferentes edades asociado con <i>Coffea arabica</i> cv caturra.	31
4	Volumen de madera de <i>Cordia alliodora</i> a diferentes densidades asociado con <i>Coffea arabica</i> cv caturra a la edad de 20 años	33
5	Indicadores financieros para el sistema agroforestal café con diferentes densidades de <i>Cordia alliodora</i> a los 20 años	35
A1	Insumos, productos comerciales, cantidades y costos (¢/ha/año) utilizadas. Turrialba, Costa Rica.	48
A2	Modelos de regresión para la relación entre la densidad de <i>Cordia alliodora</i> (arboles/ha) y producción de café por planta (n = 327)	50
A3	Producción de <i>Coffea arabica</i> cv caturra promedio (fanegas/ha/año y kg/ha/año) en peso fresco a densidades de 0, 100, 200 y 300 arboles/ha de <i>Cordia alliodora</i> . Turrialba, Costa Rica.	50
A4	Porcentaje promedio por año de grano vano de café a pleno sol y bajo sombra. Turrialba, Costa Rica.	51
A5	Porcentaje promedio por año de tamaño de cereza de café a pleno sol y bajo sombra. Turrialba, Costa Rica.	51
A6	Porcentaje promedio de rendimiento de café oro a pleno sol y bajo sombra. Turrialba, Costa Rica.	51
A7	Porcentaje promedio de tamaño de grano de café oro a pleno sol y bajo sombra. Turrialba, Costa Rica.	52

A8	Dimensiones por árbol de <i>Cordia alliodora</i> a diferentes densidades (árbol/ha) y edad asociados con <i>Coffea arabica</i> cv caturra. Turrialba, Costa Rica.	52
A9	Modelos de regresión de crecimiento de <i>Cordia alliodora</i> con diferentes densidades del mismo (muestra = 53 árboles)	53
A10	Volumen (m ³ /ha) de <i>Cordia alliodora</i> a diferentes densidades y edad asociado con <i>Coffea arabica</i> cv caturra. Turrialba, Costa Rica.	53
A11	Incremento medio anual IMA en volumen total (m ³ /ha/año) de <i>Cordia alliodora</i> a diferente densidad y edad asociado con <i>Coffea arabica</i> cv caturra. Turrialba, Costa Rica.	54
A12	Frecuencia de actividades realizadas y jornales utilizados para una hectárea/año (café con sombra). Turrialba, Costa Rica.	55
A13	Frecuencia de actividades y jornales utilizados para una hectárea/año (café a pleno sol). Turrialba, Costa Rica.	56
A14	Precios (borde de finca) en colones de insumos, productos y servicios usados en el sistema café-poro-laurel (Turrialba, diciembre 1994).	57
A15	Costos (colones/ha/año) del sistema agroforestal café poro laurel para 100 laureles/ha. Turrialba, Costa Rica.	58
A16	Costos (colones/ha/año) del sistema agroforestal café-poro-laurel, para 200 laureles/ha. Turrialba, Costa Rica.	59
A17	Costos (colones/ha/año) del sistema agroforestal café-poro-laurel para 300 arboles/ha. Turrialba, Costa Rica.	60
A18	Costos (colones/ha/año) de café a pleno sol. Turrialba, Costa Rica.	61
A19	Actualización de los precios de liquidación por cosecha de café (83/84-93/94)	62
A20	Costos y beneficios de café (€/ha) con sombra, 100 laureles/ha. Turrialba, Costa Rica.	63
A21	Costos y beneficios de café (€/ha) con sombra, 200 laureles/ha. Turrialba, Costa Rica.	64

A22	Costos y beneficios de café (¢/ha) con sombra, 300 laureles/ha. Turrialba, Costa Rica.	65
A23	Costos y beneficios de café (¢/ha) a pleno sol. Turrialba, Costa Rica.	66
A24	Cambio en los indicadores financieros por efecto del análisis de sensibilidad	67

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág
1	Producción promedio de <i>Coffea arabica</i> cv caturra (fanegas/ha) bajo diferentes densidades de sombra de <i>Cordia alliodora</i>	24
2	Efecto de las diferentes densidades de <i>Cordia alliodora</i> en la producción promedio de <i>Coffea arabica</i> cv caturra (g/planta); peso fresco.	25
A1	Identificación de la parcela útil para el estudio del efecto de la densidad de sombra de poró y laurel en café	68
A2	Tamiz rotativo separador de frutos de café por tamaño	69
A3	Frecuencia acumulada de tamaño de grano de café oro con y sin sombra para 1990	70
A4	Volumen/árbol de <i>Cordia alliodora</i> a diferentes densidades y edad asociado con <i>Coffea arabica</i> . Turrialba, Costa Rica.	70

I INTRODUCCION

Los sistemas agroforestales tienen gran potencial para contribuir a la producción forestal, al mejoramiento del ambiente y a la sostenibilidad de la producción agrícola y forestal, especialmente en fincas pequeñas (Reiche y Gómez, 1993). Los cultivos perennes con árboles de sombra son quizás, el sistema agroforestal de mayor éxito practicado en muchos países. Las plantaciones de café (*Coffea spp*) son una de las formas del uso de la tierra mas importante en el trópico americano por su potencial económico y por el beneficio al suelo, particularmente cuando se asocia con árboles para sombra (Beer y Detlefsen, 1993).

América es el continente de mayor producción de café (mas del 60% de la producción mundial), siendo este cultivo de gran importancia en las exportaciones de Centroamérica (ICAFFE, 1994). En Costa Rica, la producción promedio es de 45 fanegas¹/ha (aproximadamente 2 ton/ha café oro). La provincia de Cartago ocupa el tercer lugar en producción, de la cual el cantón de Turrialba aporta el 60 % (ICAFFE, 1994), con una producción promedio de 30 fanegas/ha (G. Ramírez, ICAFFE 1995 com. per).

A pesar que se pueden obtener producciones superiores en café sin sombra y con manejo intensivo, la mayoría de plantaciones están asociadas al menos con una especie arbórea para sombra (Montagnini, 1992). Además la densidad de sombra puede tener efecto en el rendimiento de café (café cereza a café oro). Existen muchas asociaciones café-árbol de sombra, siendo las más comunes: las leguminosas ingas (*Inga spp*) y poró (*Erythrina poeppigiana*) de mayor uso por su facilidad de manejo, fijan nitrógeno y alta producción de biomasa (abono verde); las frutales aguacate (*Persea americana*) y citricos (*Citrus spp*) y maderables laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*), (Alpizar et al, 1985).

¹ 1 fanega = 255 kg de café cereza fresca. Medida de volumen, que se refiere a la cantidad de café cereza requerido para producir 1 saco (46 kg) de café oro.

En el área de Turrialba, Costa Rica es común utilizar dos estratos de sombra encima del café: poró y laurel. Este sistema fue identificado como de alto potencial productivo (Ugalde, 1979). Poró forma el primer estrato (3-5 m de altura, alrededor de 200 árboles/ha), podada fuertemente hasta tres veces al año usando los residuos como abono para el suelo. Laurel es el segundo estrato (10-25 m de altura, 100-250 árboles/ha), produce madera que representa un ingreso adicional a pesar que los finqueros hacen poco o ningún manejo silvicultural (Beer, 1985).

El manejo de los árboles maderables en la regulación de la sombra es limitada. Sin embargo, éstos producen la madera, la que ante una abrupta caída en los precios del café, garantiza al usuario del sistema cultivo/árbol otra fuente de ingreso. En este sentido, el árbol tiene función de seguro. Otro factor importante es el ahorro, ya que los árboles maderables devuelven una suma alta al momento de su cosecha (Platen, 1993).



El presente estudio tiene por objetivos:

Cuantificar el rendimiento de *Coffea arabica* bajo diferentes densidades de laurel.

Estudiar las características del fruto y grano de *C. arabica* producida a pleno sol y bajo sombra de laurel.

Cuantificar la producción de madera a diferentes densidades de laurel

Determinar cual densidad de laurel asociado con *C. arabica* produce el máximo beneficio financiero de este sistema.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Café

2.1.1. Efecto de la sombra en la producción de café

La intensidad lumínica influencia el comportamiento del café (Carvajal, 1984). El café es una planta C_3 pero su capacidad fotosintética es baja en comparación con otras especies de este mismo grupo (Alvim, 1959). En Brasil y en las zonas altas de Jamaica y Hawai se ha cultivado café a pleno sol, mientras que en Cuba y en la mayoría de los países de América Latina, el café se cultiva bajo sombra (Duque, 1966).

El café puede adaptarse a altas intensidades de luz, lo cual puede aumentar la producción si se combina con altas cantidades de insumos (Franco, 1952; Soto, 1986). Sin embargo, el manejo a pleno sol, disminuye la longevidad del cultivo, principalmente en suelos pobres o por mal manejo (Carvajal 1984; Ramírez y González 1990). Experiencias efectuadas en Costa Rica demostraron que a pleno sol café produce más fotosíntesis por unidad de área foliar y hasta un 35 % más de materia seca (M.S) que bajo sombra (Carvajal, 1984; Huerta, 1954). Sin embargo, esto no justifica eliminar la sombra por el alto porcentaje de fruto que madura anormalmente (Pérez, 1963).

La sombra regula la intensidad de luz que llega al cafeto, disminuye la temperatura promedio del aire, manteniéndola más alta durante la noche y menor durante el día, disminuye la temperatura del suelo y aumenta su humedad, incrementa el tamaño del fruto (Basagoitia, 1983), la inducción floral y fructificación no sufren alzas o bajas marcadas de un año a otro y el período de maduración del fruto se alarga dando mejor oportunidad a su recolección (Camarco, 1978; Castillo, 1961; Meza, 1987). Con una sombra bien regulada (30-50%) se pueden obtener rendimientos elevados (Camilo *et al* 1987; CENICAFE, 1979; ICAFE/MAG, 1989;

Meza, 1987; Ramírez y González, 1990; Sam y Morales, 1983; Suárez de Castro, 1961).

Al reducir la fotosíntesis se reduce la producción y la demanda de nutrimentos, lo cual puede representar una ventaja si los precios de café son bajos. Este efecto es de mayor importancia en áreas tropicales de poca humedad, lluvias intensas, alta exposición solar, períodos largos de sequía y suelos generalmente pobres (Basagoitia, 1983; Duque, 1966; Escobar, 1978; González, 1980).

La producción de café depende de la especie y variedad, suelo, manejo y uso de sombra. En Turrialba, fincas con sombra producen entre 23 - 66 fanegas/ha, mientras que a pleno sol las producciones son de más 68 fanegas/ha (Barker, 1991).

González (1980), evaluando la producción de *C. arabica* bajo diferentes densidades de sombra (poró y laurel) y a pleno sol encontró que sin sombra, "pareció ser mejor medio para el cultivo del café". Glover (1981), evaluando el rendimiento de *C. arabica* bajo sombra de poró con y sin laurel (475 árboles/ha), encontró para el primer año un 32 % más de producción de *C. arabica* con laurel. Sin embargo, en el segundo año el rendimiento fue 30% menor en la misma asociación, con producciones durante los dos años de 42 fanegas/ha en ambos. Heuveldop *et al* (1985), durante seis años, encontraron producciones promedio de *C. arabica* de 56 fanegas/ha bajo poró y 40 fanegas/ha bajo laurel.

Detlefsen (1988), evaluando 4 años de rendimiento de *C. arabica* (4790 plantas/ha) bajo diferentes densidades de laurel (118-344 árboles/ha) y poró (131-266 árboles/ha) y a pleno sol (7215 plantas/ha), encontró los máximos rendimientos (1,0-1,2 kg/planta/año) a densidades bajas de poró y de laurel; mínimos a densidades altas de laurel y bajas de poró. Los rendimientos (café cereza) para un período de dos años fueron de 12219 kg/ha/año bajo sombra y de 15753 kg/ha/año a pleno sol.

Beer (1992), en el mismo ensayo encontró que un aumento en la densidad de poró no tuvo efectos en la producción de *C. arabica*, mientras que un aumento en la densidad de laurel de 100 a 260 árboles/ha provocó una reducción de 23 % en la producción de café durante los primeros siete años, con producciones promedios de 50, 43 y 37 fanegas/ha para densidades de 100, 180 y 260 árboles/ha de laurel, respectivamente.

Barker (1991), estudiando *C. arabica* con poró y *C. arabica* con poró y laurel en fincas privadas (promedio de 150 laurel/ha) encontró producciones promedios para cinco años de 29 fanegas/ha y 42 fanegas/ha, respectivamente. Chamorro (1991), estudiando café en su ciclo de recepa (4 años después de una poda total a 25 cm del suelo) a pleno sol y asociado con laurel, encontró 10628 y 7500 kg/ha de café pergamino seco respectivamente.

Con base en la información citada anteriormente se puede decir que altas densidades de arboles maderables como sombra en cafetales afecta negativamente la producción de café, por lo que se hace necesario conocer la cuantía de este efecto en el tiempo, lo cual se pretende en este estudio de densidades de sombra de laurel en una plantación de *C. arabica*.

2.1.2. Efecto de la sombra en el tamaño del fruto y grano

La densidad de siembra, la presencia de sombra y la precipitación que ocurre 4 a 6 meses antes de la recolección determina el tamaño que alcanzan los frutos de café (Carvajal, 1984). Entre 10 y 17 semanas después de la floración, los frutos se expanden rápidamente y el volumen que alcanzan los loculos en este momento se favorece con la irrigación (Cannell, 1974; Carvajal, 1984; León y Fournier, 1962).

El exceso de sombra afecta la morfología y la producción de frutos. Sin embargo los frutos de plantas cultivadas al sol tienden a ser más pequeños y un mayor porcentaje madura anormalmente (Fournier, 1988). González (1980), no encontró diferencias en la calidad del café entre sol y sombra y menciona que el tamaño del grano se encuentra relacionado con las condiciones de humedad y temperatura.

El crecimiento del fruto presenta una curva sigmoide con tres fases de desarrollo bien definidas: fase de crecimiento lento, hasta 30 días después de la fecundación; fase de crecimiento rápido entre 45 y 90 días como producto de traslocación y acumulación de nutrientes (K y N); fase de maduración a partir de los 90 días (Cannell, 1971; Fournier, 1961; Rivera y Sam, 1983). Después de los 200 días comienza a mostrar un amarillento externo que es el momento de la recolección (Fournier, 1961).

Por los antecedentes anteriores en el presente estudio se pretende determinar el efecto y cuantía de la densidad de sombra sobre las características del fruto y grano de café y su repercusión en el rendimiento.

2.2. Laurel

2.2.1. Características generales e importancia

El laurel es una especie de la familia Boraginacea, de crecimiento rápido. Se distribuye en México, Centro América, islas occidentales y noreste de Sudamérica. Distribuida entre los 25° latitud norte y sur, altitud de 0 a 2000 msnm, con precipitaciones anuales de 750 a 5000 mm y temperatura promedio anual de 23 a 27 °C. Crece en suelos calcáreos, sueltos, francos y francos arcillosos. No soporta anegamiento. Especie pionera caducifolia y heliófita. Tallo limpio, deciduo (uno a

El laurel se usa en agroforestería en asociaciones con cacao (*Theobroma cacao*), café, caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y pasturas. En plantaciones de café los árboles de laurel forman un segundo estrato de sombra, encima del primer nivel constituido comúnmente por ingas y poró. Los finqueros ejercen poco control silvicultural y toleran estos árboles porque su madera es valiosa y son una reserva cuando fallan los cultivos u otras eventualidades (Somarriba y Beer, 1986).

2.2.2. Crecimiento y rendimiento.

Se ha observado que laurel crece mejor en asocio con *C. arabica* que con pastos, lo que podría deberse a la mejor fertilidad natural de sitios escogidos para café, la fertilización y/o la no compactación del suelo (Somarriba y Beer, 1986). En investigaciones realizadas en Colombia en plantaciones puras, concluyeron que el crecimiento de laurel está mas influenciado por las características físicas que químicas del suelo (Salas & Franco, 1978). Estudios que reportan el crecimiento y rendimiento en asocio con café se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Incremento y crecimiento de arboles de *Cordia alliodora* en asocio con *Coffea arabica*, para el área de Turrialba, Costa Rica.

Densidad (arb/ha)	Edad (años)	dap (cm)	h (m)	v (m ³ /ha)	IMA v (m ³ /ha)	▲ dap (cm)	▲ h (m)	Referencia
180	10		19	88	12			Ugalde 79
117	10-20				11			González 80 Romijn y
185	3,5	20	9			5,6	2,6	Wildering 81
475	4-9			65-87	22			Glover 81
185	7	30	15	90				Heuveldop 85
296	10,5	22	15	124	12			Barker 91 Somarriba y Beer 86
68-290	34			298-690				
dap	diámetro al pecho							
h	altura total							
v	volumen con corteza							
▲	incremento medio anual							

Pérez (1954) concluyó que el incremento promedio en dap para esta especie asciende progresivamente hasta los primeros 6 a 10 años de edad. Somarriba y Beer (1986), en sistemas agroforestales incluyendo asocio con *C. arabica*, encontraron crecimiento en dap de 3 cm/año hasta los 5 años, 2 cm/año de 5 a 10 años y en altura de 2 m/año hasta los 5 años, 1,5 m/año de 6 a 13 años, 1 m/año entre los 14 y 19 años y luego a razón de 0,6-0,3 m/año hasta los 36 años. Estimaron al final del turno (34 años) volumen total de 298-690 m³/ha para densidades de 68 y 290 árboles/ha. Para árboles de aproximadamente de 10 años estimaron 20 cm de dap y altura de 16 a 22 m, volumen total del tallo con corteza de 0,21 a 0,32 m³/árbol.

Detlefsen (1988), en Turrialba con densidades de 118 a 344 árboles/ha de laurel asociado con *C. arabica* y poró, encontró incrementos promedios anuales de 1,9 m y 3,9 cm de altura y dap respectivamente en los primeros cuatro años. Beer (1992), en el mismo ensayo a los 7 años, encontró que un aumento en la densidad de poró de 140-280 árboles/ha provocó una reducción del 9 % en dap de laurel, mientras que un aumento en la densidad de laurel de 100-350 árboles/ha resultó en una reducción de 25% y 32% en dap y volumen/árbol de laurel respectivamente, pero sin efecto sobre la altura. La producción por hectárea fue de 41 y 98 m³/ha para las mismas densidades. Los incrementos de laurel fueron en dap de 4,5 a 5,5 cm/año hasta los 3 años, 2 a 3 cm a los 6 años y en altura 2 m/año hasta los 6 años cuando bajo a 1,5 m/año. El incremento promedio anual para los primeros siete años varió entre 7 y 12 m³/ha para densidades de 110 y 336 árboles/ha de laurel respectivamente.

En Costa Rica bajo diferentes condiciones climáticas en plantaciones puras de laurel de 1111 a 2000 árboles/ha (11 años de edad) se encontraron en promedio alturas de 15 m, dap 15,3 cm, incrementos de 1,35 cm/año y 1,35 m/año en dap y altura respectivamente (CATIE, 1994).

Vega (1977) en Surinam, a partir de árboles de 3 años de edad con altura de 7 m y dap de 9 cm, predijo un turno de 25 años con altura de 30 m y diámetro de 40 cm. Hudson (1984), en Vanuatu encontró árboles de 10 años con 23 m de altura y 27 cm de diámetro, estimó un turno de 20 años con altura de 35 m y diámetro de 55 cm. Salas & Valencia (1979) en Colombia, partiendo de árboles de 8-10 años de edad, calcularon un turno de 20 años con una densidad final de 200 árboles/ha, estimaron 20 m en altura y 40 cm de dap.

Por la información anterior laurel tiene mayor crecimiento los primeros 5 a 7 años, disminuyendo en años posteriores. Crece mejor en sistemas agroforestales, principalmente en asocio con café que en plantaciones puras. A los 20 años puede alcanzar un tamaño comercial, edad a la que se realizó el análisis financiero de los sistemas en este estudio.

2.3. Análisis financiero en sistemas agroforestales

El análisis financiero es una herramienta para comparar actividades, determinar rentabilidad, eficiencia y elaborar un buen plan financiero (Gittinger, 1983; IICA, 1993; Pérez, 1994), para lo cual se usan indicadores como valor presente neto (VPN), la relación beneficio costo (B/C), la tasa interna de retorno (TIR), el margen bruto y el ingreso por trabajo.

A través del análisis financiero se puede valorar la contribución económica de los árboles maderables en el sistema agroforestal café con sombra y permite compararlo con café a pleno sol. Barker (1991), estudiando fincas de *C. arabica* bajo laurel de 10 años de edad, encontró que los ingresos por madera contribuyeron en un 10% del total del VPN para un período de 25 años y más del 40% para un período de 15 años, con una tasa de descuento del 10 %.

González (1980), en Turrialba, evaluando el efecto de laurel (120 a 410 árboles/ha, 10 a 20 años) sobre la producción de *C. arabica* con y sin sombra de poró, encontró mayor valor de la producción (21 %) en la asociación con laurel. Glover (1981) estudiando *C. arabica* durante 2 años (1979, 1980) bajo sombra de poró con y sin laurel (475 laureles/ha, 4-9 años de edad) estimando el valor de la madera, encontró un 27% mas de ingreso bruto en la asociación con laurel.

Chamorro (1991), en Colombia determinando la rentabilidad de *C. arabica* en su ciclo de recepa (poda total a 25 cm del suelo) a pleno sol y asociado con laurel, estimó TIR de 64% a pleno sol y de 50% bajo sombra teniendo en cuenta solo el valor de la madera formada en la etapa de recepa.

Al igual que en café, Platen (1993), trabajando en cacao asociado con laurel o con poró, haciendo análisis financiero y de sensibilidad a la edad de 13 años, encontró un VPN de US\$ 6830, 6060 y relación B/C 2,71, 2,48 respectivamente; ambos indicadores muestran ventajas para el sistema cacao con laurel. Además, estimó que para poder equilibrar el VPN de ambos sistemas es necesario alguno de los siguientes cambios: el precio del cacao debería haber sido el doble de su nivel real, el precio de la madera podría caer hasta aproximadamente un 50% de su valor actual, la producción de cacao bajo poró debería subir un 8% (13% encima de la producción bajo laurel) y el nivel de los intereses debe subir alrededor de un 18%.

En algunos de los estudios de caso anteriormente citados se ha encontrado mayor rentabilidad del cultivo asociado con árboles que a pleno sol. En este trabajo, a través del análisis financiero y de sensibilidad se evalúa cual sistema (café con sombra y a pleno sol) es mas rentable y/o tiene mayor estabilidad, como también el aporte de laurel al sistema y la densidad de siembra del maderable mas conveniente financieramente.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización y características del sitio.

El sitio experimental está ubicado en llanos de San Lucas, dentro del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica; latitud 9° 54'N y 83° 40'W; altitud 600 msnm; zona de vida bosque muy húmedo premontano (Holdridge, 1978); temperatura media anual 21,5 °C, máxima anual 26,4 °C, mínima anual 18,0 °C; precipitación 2642 mm con promedio de 246 días lluviosos; humedad relativa 87 %; radiación solar media de 424 cal cm²/día; horas sol 4,6/día. Suelo "Typic Dystropept" (Aguirre, 1971), recientemente formado de origen volcánico, textura franco arcillosa y arcillosa, pH de 4,9 a 5,1, topografía plana con micro-relieve ondulado, con pendiente de 0 a 3 %, contenido de materia orgánica de 0,5 a 6,9 %, nitrógeno de 0,3 % y capacidad de intercambio cationico de 50 meq/100 g de suelo (Detlefsen 1988).

3.2. Descripción del experimento

3.2.1. Diseño experimental

Se utilizó un diseño sistemático de densidades de sombra sobre café. La tasa de cambio de densidades entre tratamientos contiguos es del 15% (Beer, 1992).

3.2.2. Descripción de la unidad experimental

El ensayo consta de una parcela principal (100*50 m) de *C. arabica* establecida bajo diferentes densidades de sombra de laurel y poró y de dos parcelas a pleno sol a los lados sur-este y sur-oeste de la parcela principal. Las unidades experimentales la forman los cafetos de un número reducido de hileras de café, seleccionadas de manera que representan todos los tratamientos de sol y de sombra del ensayo (Fig. A1).

3.2.3. Tratamientos.

a) Laurel aumenta en dirección sur-norte, de 107 a 342 árboles/ha, plantados a distanciamiento constantes entre fila de 6,6 m y distanciamiento variables entre árboles de una misma fila de 13,1- 11,1- 9,9- 8,6- 7,5- 6,4- 5,6- 4,9 y 4,3 m.

b) Poró aumenta en dirección oeste-este de 129 a 258 árboles/ha, plantados a 6,6 m entre fila y distanciamientos constante entre árboles dentro de una misma fila. El distanciamiento constante dentro de las filas era de 11,4- 9,9- 8,6- 7,5- 6,1 o 5,6 m. Estas densidades cubren las variaciones tradicionales observados para poró y laurel en las fincas del área de Turrialba.

El café a pleno sol está plantado a un distanciamiento de 1,67 m entre hileras y 0,83 m entre plantas (7215 plantas/ha) mientras que bajo sombra está plantado a 1,67 m entre hileras y 1,25 m entre plantas (4780 plantas/ha). No se establecieron repeticiones debido al limitado espacio y recursos de manejo. Debido a esto y la distribución sistemática de los tratamientos, se midieron algunos parámetros de suelo y los diámetros de los tallos y copas del café durante el primer año como covariables para corregir la heterogeneidad del sitio en los análisis de crecimiento y producción.

3.3. Establecimiento y manejo del ensayo.

El área era un cafetal abandonado, invadido por *Panicum maximum*. Los cafetos cv caturra fueron plantados en Junio de 1983, mientras que los árboles de laurel y poró fueron sembrados (2 por posición) en Junio de 1984, habiendo necesidad de replantar poró en agosto de 1986 para lograr su definitivo establecimiento. Los árboles de laurel (procedencia CATIE), fueron establecidos por pseudoestacas. Se raleo a un árbol por posición durante le primer año. Los árboles de poró fueron establecidos por estacas procedentes de La Suiza, Turrialba mientras que la replantación de 1986 se hizo con estacas procedentes de un rodal de CATIE.

Se utilizaron prácticas agrícolas locales para café bien manejado con control intensivo de malezas, plagas y enfermedades (Cuadro 2). Se hicieron zanjas superficiales como drenaje en áreas de borde. La fertilización fue con 382 kg/ha/año de 20-7-12-3-1,2 (N-P₂O₅-K₂O-B₂O₅-MgO) en dos aplicaciones y 191 kg/ha/año de Nutran (NH₄NO₃, 35% de nitrógeno). La fertilización total equivale a 143 kg de N, 12 kg de P, 38 kg de K, 3 kg de B y 3 kg de Mg ha/año. La poda de poró se realizó dos veces por año en junio/julio y diciembre/enero, mientras que la poda y rodajeo de laurel solamente se hizo los primeros dos años. La poda de *C. arabica* fue selectiva por planta, en enero de cada año a partir de 1988. No se realizó ninguna recepa hasta el momento de este análisis.

Cuadro N° 2. Manejo promedio de *Coffea arabica* bajo sombra de *Cordia alliodora* y *Erythrina poeppigiana* en el periodo 1983-1994 (actividades anuales)

ACTIVIDAD	MES	COMENTARIO
Control de malezas (2-3 veces/año)	Enero/Febrero	Herbicidas
	Abril/Mayo	
	Setiembre/Octubre	
Fertilización. (3 veces/año)	Enero	Nutran ¹
	Mayo/Junio	Formula completa ²
	Setiembre/Octubre	Formula completa
Atomización. (2-3 veces/año)	Febrero	Fungicida
	Mayo/Junio	Mezcla ³
	Octubre	Mezcla
**Poda (1 vez año)	Enero/Febrero	Manual
**Deshija (1 vez/año)	Mayo/Junio	Manual
		(3 a 4 meses después de la poda)

¹ Nitrógeno 35%, 40 g/planta/año

² 20-7-12-3-1,2 (N,P₂O₅, K₂O, B₂O, MgO) 40 g/planta/aplicación

³ Fungicida + Abono foliar + Adherente

** Actividades hechas a partir de 1988

3.4. VARIABLES ESTUDIADAS

3.4.1. Producción de café

Se analizó la producción de cerezas de café por planta en el período 1985-1994. La producción de cereza madura por planta se midió quincenalmente de junio a diciembre de cada año. En cada recolección se tomó el peso fresco (g) de las cerezas y se determinó el contenido de materia seca (M.S) con base en una muestra de 500 g secada a 70°C durante 72 horas. El peso fue convertido a fanegas a razón de 1 fanega por 255 kg de cereza fresca.

La producción del año 85, es un promedio por planta para todas las densidades, debido a que a esta edad no hubo efecto de la densidad de sombra tanto de poró como de laurel. Para el período 86-91, se tomó el promedio de seis años de acuerdo al mejor modelo que explico la producción de café (Beer, 1992). En este estudio se incorpora la producción del período 92-94 y estimación de los años 1995 a 2003. Para el período 95-2003, la producción fue estimada con base al promedio de las últimas cuatro cosechas de acuerdo a los modelos desarrollados para cada año.

3.4.2. Características del fruto y grano de café.

Se analizó el efecto de la sombra y sol en los siguientes parámetros: porcentaje de grano vano, tamaño de cereza, rendimiento (conversión de café cereza a café oro) y tamaño de grano. Los datos fueron tomados quincenalmente durante dos ciclos de fructificación (1990-1991), tomando cinco mediciones en 1990 y cuatro en 1991. Se tomaron ocho muestras para sol y 28 para sombra. Cada muestra esta compuesta por la producción de 15 plantas (Fig. A1). En 1990 las muestras se tomaron antes durante y después del pico de producción (octubre a noviembre), mientras que para 1991 se tomaron muestras durante y después del pico de producción (setiembre a noviembre).

3.4.2.1. Grano vano.

Cuando una cereza contiene granos vanos estos flotan en agua. De cada muestra original se extrajo una muestra de 100 cerezas, la cual se introdujo en un recipiente con agua para contar el número de cerezas que flotó, calculando así el porcentaje de grano vano bajo sombra y a pleno sol.

3.4.2.2. Tamaño de cereza.

Las muestras fueron limpiadas de material extraño (hojas, ramitas, etc) y pasadas por un tamiz rotativo (Fig A2) separador de frutos de café en los siguientes tamaños: pequeño (< 12 mm), mediano (12 mm-13 mm) y grande (> 13 mm). Se tomó el peso (g) de las cerezas en cada categoría de tamaño para sol y sombra.

3.4.2.3. Rendimiento de café oro.

Se obtuvieron tres submuestras de similar peso (más o menos 2,5 kg), anotado el peso verde exacto para cada uno. En algunos casos no fueron posibles tres submuestras, reduciendo el número de estas a dos de por lo menos 1,5 kg o cuando la muestra fue muy pequeña a una de un mínimo de 0,5 kg. Posteriormente estas submuestras fueron procesadas de la siguiente manera:

1. Despulpado.
2. Dejadas en fermentación en una bolsa por 24 horas y lavado.
3. Llevadas a secadora "Forced draft" (horno a 50 °C) por 72 horas para reducir su humedad a aproximadamente 11 %.
4. Pasada por máquina peladora para quitar la testa o cascarilla (al pergamino) y llevarla a café oro y toma de peso (g).
5. Se midió el porcentaje de humedad con sub-submuestras aproximadamente de 250 g con un medidor comercial de humedad ("Steinlite model RCT moisture tester"). Para muestras menores de 250 g de café oro se utilizó el porcentaje promedio de humedad del grupo de muestras medidas el mismo día .

Con los valores anteriores se estimaron los factores de conversión de peso de café cereza a peso café oro ajustado al 11 % de humedad (valor de exportación).

3.4.2.4. Tamaño de grano de café oro.

Cada submuestra de café oro fue pasada durante dos minutos en una maquina vibradora con tamices (zarandas) que miden el ancho del grano, con medidas en sesenticuatroavos de pulgada (1/64"). Estas submuestras fueron clasificados en siete categorías de tamaño (>20/64, 19/64, 18/64, 17/64, 16/64, 15/64 y < 14/64) y se tomó el peso (g) de café oro en cada categoría de tamaño.

3.4.3. Producción de madera

Se midió la altura total (h; m), diámetro a la altura del pecho (dap; cm), cada año (diciembre o enero), durante 10 años (1986 - 1994). Con estas mediciones se estimó el volumen/árbol y volumen/ha.

3.4.4. Análisis Financiero

Para las densidades de 0, 100, 200 y 300 laureles/ha se estimaron los costos, ingresos, flujo de caja *ex-post* (1983-1994) y *ex-ante* (1994-2003), analizando los datos de insumos usados en cada año. La información fue obtenida de los registros del ensayo y datos económicos llevados por el proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Por tratarse de un ensayo, no todas las actividades e insumos son con fines productivos, por lo que se depuró la lista de insumos hasta contener los elementos de manejo agronómico (cuadro A1). Se estimaron las actividades, tiempos y cantidades normales en el manejo comercial de café con sombra y a pleno sol, a través de entrevistas a finqueros, técnicos y administradores, informes de algunas fincas del área (Hacienda La Isabel 1993, Zamora 1995) y comparación con la literatura (Carvajal 1984; Rojas 1994).

Los costos se estiman de acuerdo a la siguiente función:

$$C_t = C_b + C_e * D$$

Donde:

C_t = Costos totales

C_b = Costos básicos; los costos por hectárea que no son afectados por la densidad de laurel (ej. fertilización, poda de café, cosecha, etc).

C_e = Costos específicos; son aquellos que dependen de la densidad del laurel. Se espera que estos sean directamente proporcionales al número de árboles dentro del rango analizado (100-300 árboles/ha) y son expresados en costos/árbol (ej. marcado, hoyado).

D = Densidad de laurel (árboles/ha).

Los ingresos por madera fueron calculados con base en el volumen comercial estimado en pulgada maderera tica (PMT²) para un turno de 20 años y el precio de la madera en la finca. Se tomó como referencias el precio en pie, obtenido por entrevistas a los finqueros, madereros y aserraderos del área. Los ingresos por café fueron calculados con base en la producción medida (fanegas) y precios de liquidación de este en los últimos 10 años, cosechas (1983/84-1993/94) pagados al productor (ICAFE, 1994). El análisis de flujo de caja fue calculado para un período de 20 años que es el turno esperado para laurel y a la vez un período aconsejable para iniciar la renovación del cafetal.

²1 PMT=1 pulgada de ancho*1 pulgada de grueso*4 varas de largo. 1 vara =0.84 m.

364 PMT = 1 m³ para tucas medido al mecate (Lux y Platen, 1995)

3.5. ANALISIS DE INFORMACION

3.5.1. Producción de café.

Los rendimientos 1985-1991 ya han sido analizados (Beer, 1992). En este estudio se agregan los de 1992-1994. Los rendimientos totales por planta de café por año fueron utilizados como variable de respuesta a las densidades de sombra de laurel y poró, a través de análisis de regresión múltiple. El modelo estadístico utilizado en este análisis fue:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + e$$

Donde:

Y = la producción promedio anual.

a = el intercepto.

b_1 y b_2 = los coeficientes de regresión.

X_1 y X_2 = las densidades de laurel y poró respectivamente.

e = error

Los totales de producción por planta fueron transformados a su raíz cuadrada para convertirlos a una distribución normal y reducir su heterogeneidad por la cantidad de valores bajos y ceros e igualar la varianza (Steel y Torrie, 1985). La elección del mejor modelo de regresión fue basada en la consideración del coeficiente de determinación, el valor de F, raíz cuadrada del error y las significancias de los coeficientes de regresión de los predictores b_1 y b_2 (densidades). Las predicciones de los modelos deben retransformarse para obtener el valor real y por lo tanto estimar la producción.

Los bajos valores de tolerancia entre los términos lineal y cuadrático indicaron problemas de colinearidad de las densidades de sombra lo cual podría afectar el cálculo de los coeficientes de regresión, por lo que las densidades de *C alliodora* y

poró fueron centradas, restando de la densidad para cada árbol el promedio de estas especies. Los promedios fueron 163,2 árboles/ha para laurel y 204,5 árboles/ha para poró (Beer, 1992).

3.5.2. Características del fruto y grano de café.

Se compararon los promedios entre años (1990 y 1991) y tratamientos (sol y sombra). Los pesos (g) de grano vano, tamaño de cereza y rendimiento (conversión café cereza a café oro) y tamaño de grano fueron pasados a porcentajes. Con los porcentajes de tamaño de grano oro se obtuvo el promedio ponderado y la frecuencia acumulada para las diferentes categorías.

3.5.3. Producción de madera

Con las mediciones de altura y dap hasta los 10 años (1984-1994) y asumiendo incrementos en dap de 1 cm/año y h 1 m/año (entre los 10 y 20 años de edad)³, se calcularon las dimensiones y volumen a diferentes densidades al final de turno (20 años). El volumen total del tallo con corteza (v ; m³/árbol) fue estimado con el diámetro (cm) y altura (m) usando la ecuación desarrollada por Somarriba y Beer (1986), para sistemas agroforestales de Costa Rica.

$$v = -0,0176 + 0,000034 d^2 h - 0,000086 d^2 + 0,00336 h.$$

Del volumen total un 64% es volumen comercial (Somarriba y Beer, 1986), a partir del cual se estima el volumen en pulgadas madereras ticas (PMT) haciendo la relación de $1\text{m}^3 = 364 \text{ PMT}$ (para tucas) con base a datos de Lux y Platen (1995).

El efecto de la densidad de laurel sobre su crecimiento se analizó mediante regresiones utilizando las mediciones de estos a los 10 años de edad.

³ Somarriba y Beer 1986, Somarriba (datos no publicados de Ojo de Agua, Panamá), Beer (datos no publicados de Talamanca, Costa Rica)

3.5.4. Análisis financiero

Se tomaron las siguientes consideraciones: a) estimación de costos y beneficios, b) estimación de una tasa de interés, c) cálculo de índices financieros y d) análisis de sensibilidad

a) Costos y beneficios.

Costos. Los costos de *C. arabica* bajo sombra son calculados con base a 4780 plantas/ha. Se asume una densidad constante de poró (200 árboles /ha) que es la densidad promedio del ensayo y la densidad de mayor frecuencia en las fincas de Turrialba (entrevistas a finqueros del área). Se calcula con tres densidades para laurel 100, 200 y 300 árboles/ha. Para *C. arabica* a pleno sol los costos son calculados con base a 7215 plantas/ha.

A partir del año cinco, se hacen las siguientes consideraciones con respecto al sistema café con sombra (J. Brenes, CATIE/GTZ. 1995 com. per., encargado del manejo del ensayo):

1. Debido a una mayor cantidad de plantas (51% mas), para las cantidades de mano de obra (M.O) se estimó un aumento en igual porcentaje.
2. Mayor gasto de fertilizante en igual porcentaje por la mayor densidad de plantas (se aplica la misma cantidad por planta a sol y sombra).
3. Igual atomizada dado que es mayor la cantidad de plantas en el sol, pero la incidencia de enfermedades fungosas es menor.
4. Las variaciones en herbicidas para café con y sin sombra no son significativas. Se consideran tres aplicaciones/año en ambos sistemas suficientes.

Beneficios. Los ingresos para ambos sistemas (café con sombra y sin sombra) fueron valorados con base al precio de mercado y la producción de café y madera (año 20) pagados en la finca.

b) Tasa de interés. La tasa de interés utilizada fue del 6 %, que es una tasa deflacionada, obtenida de deducir de la tasa de interés promedio anual de los bonos de estabilización monetaria a largo plazo (24 meses), la tasa de inflación correspondiente. Fue estimada con una serie de 9 años (1975-1993), calculando la tasa de interés deflacionada año a año y se tomó el promedio para los 9 años (Londoño, 1993).

c) Índices financieros. Se determinaron para un período de 20 años. Se asumieron precios constantes para todos los insumos y productos, bajo el supuesto que la inflación y cambios futuros de las tasas de interés afecta por igual a todos los factores generadores de ingresos y costos incluidos en los análisis. Los índices financieros fueron:

- Beneficio neto (BN). La diferencia entre los ingresos totales (IT) y costos totales (Ct).

$$BN = IT - Ct$$

- Flujo de caja (FC). La diferencia entre los ingresos totales (IT), menos los costos variables (Cv); no incluyen la mano de obra familiar.

$$FC = IT - Cv$$

- Ingreso por trabajo (IT). Se calcula dividiendo la suma de los flujos de caja (SFC) entre el número de jornales (NJ).

$$IT = SFC / NJ$$

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Producción de café bajo diferentes densidades de laurel

4.1.1 Resultados

La producción de café es afectada negativamente por la densidad de laurel. Entre 1985-1994 la producción promedio fue de 72, 49, 40 y 32 fanegas/ha/año para densidades de 0, 100, 200 y 300 laureles/ha, respectivamente (Fig.1).

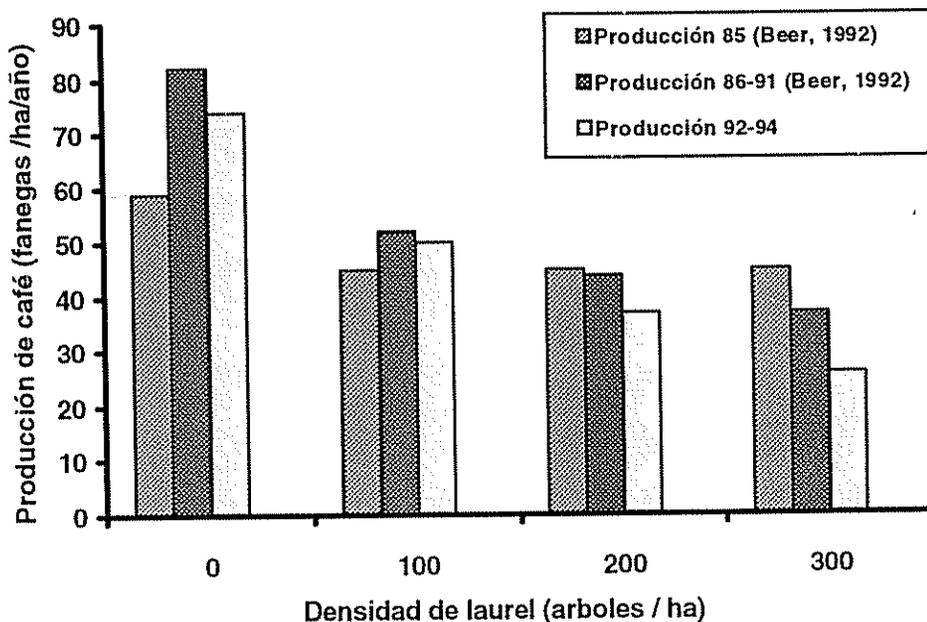


Figura 1. Producción promedio de *Coffea arabica* cv caturra (fanegas/ha/año) bajo diferentes densidades de sombra de *Cordia alliodora*

La producción del 85 y 86-91 son promedios de producción estimados por Beer (1992). El período 92-94, es un promedio, estimado de acuerdo al mejor modelo lineal desarrollado para cada año (cuadro A2).

Para estos modelos no se considera el efecto de poró debido a que en los modelos desarrollados para cada año su efecto no fue significativo. Aunque el efecto de laurel fue altamente significativo, el ajuste (AR^2) en los modelos de los años 92 y

94 fue bajo. Al agregar a estos modelos, covariables como área basal del café, diámetro de copa y otros, mejora significativamente el ajuste hasta explicar mas que la mitad de la variación en la productividad por planta, pero el intercepto y coeficientes para la variable densidad de laurel no se afectan (Beer, 1992).

La producción promedio de tres cosechas de café por unidad de superficie para el período (1992-94) fue de 74, 50, 37 y 26 fanegas/ha para densidades de 0, 100, 200 y 300 árboles/ha de laurel respectivamente (cuadro A3), siendo mayor a pleno sol que bajo sombra debido a la mayor densidad de la plantación de café (7215 vs 4780 plantas/ha). Al comparar la producción por planta a pleno sol y bajo 100 árboles/ha estas fueron similares y mas altas que los valores observados bajo 200 y 300 arboles/ha (Fig 2). Los mayores rendimientos se encontraron a densidades bajas de laurel (100 árboles/ha) y los menores a densidades altas (300 árboles/ha).

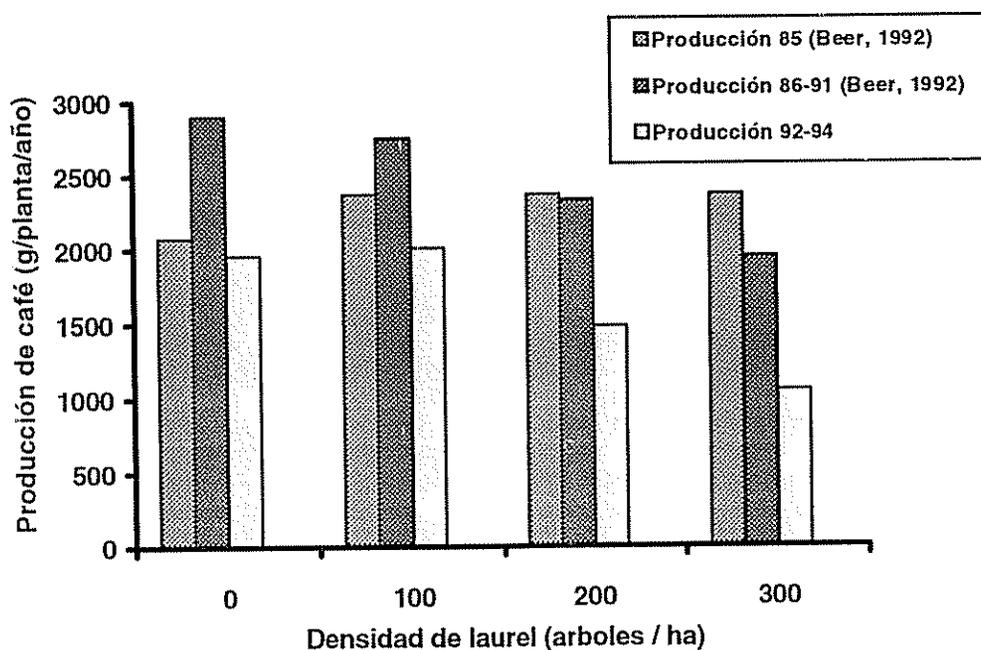


Figura 2. Efecto de la diferentes densidades de *Cordia alliodora* en la producción promedio de *Coffea arabica* cv caturra (g/planta/año); peso fresco.

Bajo sombra la producción para el período 92-94 disminuyó a medida que aumentó el número de árboles. Un aumento de 100 árboles/ha de laurel en densidades desde 100 a 300 árboles/ha provocó una disminución de 28 % en la producción de café por hectárea.

4.1.2. Discusión

El efecto negativo de laurel en la producción de café esta acorde con lo reportado por Detlefsen (1988) y Beer (1992) en años anteriores en el mismo ensayo, como también por lo reportado por González (1980) y Barker (1991) en cafetales con sombra del área de Turrialba y por Chamorro (1991) en Colombia. El efecto negativo de la sombra de laurel (28 %) es mayor que el reportado por Beer (1992) hasta los 7 años. Esto indica un mayor efecto de la sombra en los últimos años debido al crecimiento de los arboles.

Las producciones encontradas en este estudio para densidades de 0 a 200 árboles/ha de laurel son altas comparadas a la producción promedio de las fincas comerciales del área de Turrialba, las cuales producen 30 fanegas/ha/año (Comunicaciones personales con G. Ramírez, ICAFE-MAG y entrevistas a productores del área en 1995).

La producción encontrada bajo la densidad promedio (200 laurel/ha) para 6 años (86-91) y para 10 años (85-94) es de 40 y 43 fanegas/ha/año respectivamente, similares a las encontradas durante seis años por Heuveldop *et al* (1985), de 41 fanegas/ha/año para una densidad de 185 arboles/ha de laurel Turrialba, Costa Rica.

Las producciones a pleno sol de 18.461 a 20.885 kg/ha/año (cuadro A3), son superiores a los reportados por Carvajal (1984), González (1980) y Ramírez (1993), similares a los reportados por ICAFE-MAG (1986). La producción para 1992-94 fue de 18.811 kg/ha/año, superior al encontrado por Detlefsen (1988) de 15.573 kg/ha

en el mismo ensayo para el período (85-87), lo cual puede deberse al hecho que Detlefsen trabajo con las primeras cosechas de plantas, todavía jóvenes.

La producción de café bajo sombra de 200 laurel/ha para 1992-93 (9.133 kg/ha/año) y 1993-94 (10.323 kg/ha/año), son similares al promedio de las dos cosechas obtenidas por Glover (1981) y Barker (1991) y ligeramente superiores a los reportados por González (1980). La producción 1992-94 (9.435 kg/ha/año) es inferior al encontrado por Detlefsen (1988) de 12.219 kg/ha/año para el período (85-87), indicando una disminución de la producción la cual se debe en gran parte al efecto negativo de la sombra de laurel.

Por los resultados encontrados, utilizando solamente el criterio de productividad de café, una densidad de 100 laurel/ha o menos parece ser mejor para café asociado con laurel y poró para la zona de Turrialba hasta la edad de 10 años. Este efecto puede cambiar con el transcurso del tiempo.

4.2. Efecto de la sombra en las características del fruto y grano de café

4.2.1. Resultados

a) Grano vano.

No se encontraron diferencia significativa en los promedios de porcentaje de grano vano entre años. Promediando 1990-1991, el porcentaje promedio bajo sombra fue ligeramente menor (2,5 %) que a pleno sol (3,5 %) (cuadro A4).

b) Tamaño de cereza.

No se encontró diferencia en el promedio de los dos años entre sol y sombra (33 %). Dentro de cada año no se encontró diferencia en el porcentaje de tamaño de cereza (grande, mediano, pequeño) entre sol y sombra. Entre años el porcentaje promedio de cereza grande varía de 41% en 1990 a 29 % en 1991 y pequeña de 15 % en 1990 a 27 % en 1991, mientras que cereza mediano no cambio (43 %) en los dos años (cuadro A5).

c) Rendimiento de café oro.

La conversión de café cereza a café oro para sol y sombra fue mayor (1,8 %) para 1990 que para 1991. Bajo sombra fue 0,6 % mayor que a pleno sol para los dos años (cuadro A6). El porcentaje de conversión siempre fue ligeramente mayor con sombra que a pleno sol.

d) Tamaño de grano de café oro.

No se encontraron diferencias entre sol y sombra en la distribución porcentual de granos por categoría de tamaño en los dos años de estudio. Los promedios ponderados para sol y sombra fue de tamaño 17/64 en 1990 y 16/64 en 1991 (cuadro A7). El porcentaje acumulado de grano oro arriba del promedio ponderado (16/64) es de un 86 % para 1990 y 78 % para 1991.

En 1990 las diferencias de porcentaje acumulado entre sol y sombra se dieron entre los tamaños 16/64 y 20/64, siendo mayor en el tamaño 18/64, para los tamaños 15/64 y 14/64 los porcentajes fueron iguales (Fig A3). Para 1991 no se encontraron diferencias entre sol y sombra en ninguna clase de tamaño.

4.2.2. Discusión

a) Grano vano

Los porcentajes de grano vano promedio están acordes a los encontrados por los beneficios del área, quienes estiman para *C. arabica* cv caturra de 2 a 3 % (J. Carmona Coopesuiza, com. per, 1995).

Asumiendo una producción de 40 fanegas/ha, con los porcentajes de grano vano encontrado sería de 1,4 fanega a pleno sol y 1 fanega bajo sombra, con una diferencia de 0,4 fanega por hectárea mas a pleno sol. Esta diferencia tiene consecuencias en la producción y a nivel económico si se considera la producción nacional.

b) Tamaño de cereza

La variación en los porcentajes entre sol y sombra en el tamaño de cereza (grande, mediano y pequeño) en este estudio (1990-91) se hace entre los tamaños grande y pequeño, sin que esta variación afecte el porcentaje de cereza mediana ni los promedios de sol y sombra, indicando que no existe efecto de la sombra y sol en el tamaño de cereza.

Las diferencias en los tamaños de cereza entre años puede deberse al hecho que la producción de 1990 fue baja con frutos de mayor tamaño, mientras que para 1991 la producción fue alta pero los frutos de menor tamaño, esto se da como mecanismo autorregulador de la planta. Otro efecto puede haber sido el momento de la recogida, pues si esta se hizo en época de bastante humedad las cerezas tienden a tener mayor tamaño. En este estudio no se encontró relación entre tamaño de cereza y la presencia o no de sombra a diferencia de otras investigaciones (Basagoitia, 1983; Fournier, 1988; Muschler, R; 1995, comunicación personal).

c) Rendimiento de café oro

El mayor rendimiento encontrado bajo sombra (0,6 %) con respecto a sol, indica que hay un efecto positivo de la sombra, el cual puede deberse en parte al mayor porcentaje de grano vano encontrado a pleno sol. El mayor rendimiento encontrado para 1990 pudo deberse a la mayor cantidad de cereza grande encontrada el mismo año.

Debido al mayor rendimiento (0,6%) se obtienen más libras de café oro bajo sombra por fanega recolectada. Los beneficios, después de quitar los costos de procesado y utilidad, dividen el monto restante entre el número de fanegas que reciben y al tener mayor cantidad de libras oro, mayor es el precio por fanega que llega al productor.

Este efecto positivo de la sombra no es considerado actualmente, existiendo un subsidio de los productores bajo sombra a los de pleno sol. Esta ventaja en términos económicos puede significar mayores ingresos para los productores, además de ser una razón adicional de la necesidad en el uso de la sombra en cafetales.

Asumiendo una producción de 40 fanegas/ha tendríamos 6,68 fanegas de café oro a pleno sol y 6,92 bajo sombra, con una diferencia de 0,24 fanegas/ha equivalente a 61,2 kg/ha más de café oro bajo sombra.

d) Tamaño de grano de café oro

El porcentaje de tamaño de grano oro encontrado para sol y sombra en este estudio para los dos años es mayor a 16/64 y coincide con el tamaño a partir del cual se considera de exportación \geq a 16/64 (J. Carmona Coopesuiza, com. per. 1995). El mayor tamaño de grano oro en 1990 (17/64) puede deberse al mayor tamaño de cereza grande encontrado el mismo año.

Las comparaciones de promedios anuales no mostraron una tendencia definida entre sol y sombra principalmente para tamaño de cereza y tamaño de grano, aunque en algunas fechas de muestreo las diferencias fueron marcadas. La falta de consistencia entre los resultados de los dos años puede deberse al efecto de la poda entre uno y otro año, o al hecho que el estudio de las características del fruto y grano no se realizó durante todo el período de la cosecha.

4.3. Producción de madera

4.3.1. Incrementos.

4.3.1.1. Resultados.

Los incrementos para el período 1992-1994 (7 a 10 años), fueron de 1,5 cm/año en dap y 1,5 m/año en altura, los cuales son menores que los encontrados en años anteriores. A los 10 años el dap promedio fue de 31,5 cm, la altura de 18 m y volumen total del tallo con corteza de 0,56 m³/árbol (cuadro 3).

Cuadro 3. Incrementos periódicos y dimensiones promedios de *Cordia alliodora* a diferentes edades asociado con *Coffea arabica*.

Edad (años)	Incrementos		Dimensiones		
	dap (cm)	altura (m)	dap (cm)	altura (m)	v (m ³ /árbol)**
0-3	5,0	2,0	15,0	6,0	0,03
3-7	3,0	2,0	27,0	14,0	0,30
7-10	1,5	1,5	31,5	18,5	0,56
10-20*	1,0	1,0	41,5	28,0	1,57

0-7 años con base a datos Beer (1992)

7-10 años mediciones hechas por el autor

* Estimado con base a datos no publicados del proyecto agroforestal CATIE/GTZ

**Calculado con base a formula de Somarriba y Beer (1986)

No se encontraron diferencias en altura a diferentes densidades. En cambio, la densidad afectó dap y volumen. Un aumento en la densidad de laurel de 100 a 348 árboles/ha a los 10 años, resultó en una reducción promedio de 30 % y 50 % en dap y volumen/árbol respectivamente (cuadro A8 y figuras A4)

4.3.1.2. Discusión.

Un aumento en la densidad de laurel afecta negativamente el crecimiento en dap y volumen por árbol pero no a la altura. El efecto negativo de la densidad sobre el dap a los 10 años de edad es mayor que el reportado por Beer (1992) a los 7 años.

Los incrementos promedios en dap y altura hasta los 5 años son ligeramente superiores a los reportados por Somarriba & Beer (1986) y Vega (1977) pero menores a los reportados por Romijn y Wilderink (1981). Los incrementos de 5 a 10 años coinciden con los reportados por Somarriba & Beer (1986).

Las dimensiones de los árboles a los 10 años coinciden con los reportados para sistemas agroforestales por Ugalde (1979), Somarriba & Beer (1986), Heuveldop *et al* (1985) y son ligeramente superiores a los reportados por Barker (1991) y para plantaciones puras en Costa Rica (CATIE, 1994).

4.3.2. Volumen/ha con diferentes densidades de laurel.

4.3.2.1. Resultados

La variable densidad de poró no tuvo efectos en las regresiones de dap, altura y volumen (10 años), por lo que los modelos quedaron en función de laurel solamente. Los modelos encontrados son altamente significativos para dap y volumen (cuadro A9).

La producción por hectárea a los 10 años fue de 95 a 152 m³/ha para densidades de 107 y 348 laureles/ha respectivamente. Esto representa un aumento de 62 % en volumen cuando se aumenta la densidad en 225 % (cuadro A10). El incremento medio anual (IMA) en volumen promedio de 8 a 10 años fue de 11,5 m³/ha/año (cuadro A11).

A partir de los modelos de regresión y las estimaciones de incremento, se calculó el volumen de madera para 100, 200 y 300 árboles/ha a los 20 años, los cuales se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Volumen de madera de *Cordia alliodora* a diferentes densidades asociado con *Coffea arabica*.cv caturra a la edad de 20 años.

DENSIDAD	VT (m ³ /ha)	VC (m ³ /ha)	VC (PMT)
100	206	132	47990
200	342	219	79672
300	417	267	97144

VT = Volumen total

VC = Volumen comercial (64 % de VT)

PMT = Pulgada maderera tica (1m³ = 364 PMT)

Un aumento en la densidad de laurel del 100 y 200 %, resulta en un aumento del 66 y 102 % del volumen total/ha respectivamente, indicando que la producción de volumen/ha no es directamente proporcional a la densidad debido a que por árbol es mayor a menor densidad.

4.3.2.2. Discusión.

El volumen promedio a diferentes densidades (126 m³/ha) a los 10 años, es mayor al reportado por Heuveldop *et al* (1985) e igual al encontrado por Barker (1991). El IMA en volumen (11,5 m³/ha/año) coincide con el reportado por González (1980), Barker (1991), Ugalde (1979) y Beer (1992).

Los dimensiones promedios proyectadas a los 20 años resulta en dap de 42 cm y altura de 29 m (cuadro A8), menor que lo estimado por Hudson (1984), similar a lo reportado por Vega (1977), pero mayor al de Salas y Valencia (1979). Estas diferencias pueden deberse a las calidades de sitio o condiciones ecológicas entre los diferentes lugares.

4.4. Análisis financiero

4.4.1. Resultados

El número de jornales utilizados es mayor a pleno sol que con sombra excepto el año dos (cuadros A12 y A13). Los costos totales con base a los precios de mercado (cuadro A14), varían del año uno al cuatro, pero son constantes del cinco al veinte, resultando ser mayores a pleno sol que bajo sombra, con excepción del año dos (cuadros A15, A16, A17 y A18).

El precio de liquidación promedio actualizado de café (10 años) fue de $\$13364,00$ /fanega (cuadro A19) y para madera $\$40,00$ /PMT. Con estos precios y cantidades se estimaron costos y beneficios⁴. El beneficio neto y flujo de caja son negativos el año uno y dos debido a los costos de establecimiento de los sistemas y por que tampoco hay cosecha, mientras que son positivos del 3 al 20 bajo sombra y a pleno sol (Cuadros A20, A21, A22 y A23). En los sistemas con sombra, a medida que aumenta la densidad disminuyen los costos, debido a la menor producción de café y por ende menor requerimiento de mano de obra.

El margen bruto/ha y TIR son mayores sin árboles, disminuyendo conforme aumenta la densidad de árboles. La relación beneficio/costo es mayor con 100 árboles/ha y en todos los casos los sistemas con sombra resultan ser mejores que sin sombra. El ingreso por trabajo aumenta a medida aumentan las densidades de sombra (cuadro 5).

⁴ No se incluyen beneficios ecológicos potenciales de los sistemas como protección de erosión, mulch, etc

Cuadro 5. Indicadores financieros para el sistema agroforestal *Coffea arabica* cv caturra con diferentes densidades de *Cordia alliodora* a los 20 años.

DENSIDAD (árboles/ha)	Margen Bruto/ha	TIR %	B/C ¢/¢	Ingreso por trabajo ¢/jornal
0	5274884	73,2	1,8	3104
100	4076924	66,3	2,2	3463
200	3499743	59,0	2,1	3718
300	2904050	51,1	2,0	3894

La TIR calculada en los cuatro sistemas esta por arriba del costo de oportunidad y en este sentido el sistema a pleno sol tendría ventajas. La relación B/C es positiva en todos los sistemas indicando que por cada colon invertido se obtiene mayor retribución.

Para productores grandes que tienen disponibilidad de capital y quieren maximizar ganancias café a pleno sol es la mejor alternativa, mientras que para productores pequeños con poco capital de inversión y disponibilidad de mano de obra familiar los sistemas con sombra es la alternativa más recomendable

El análisis de sensibilidad para los sistemas (cuadro A24), nos indican que: Al variar por separado los precios de los productos (madera y café) y los costos (M.O, insumos), hasta en un + 50 %, el café a pleno sol tiene ventajas sobre los sistemas con sombra para los indicadores TIR y margen bruto/ha, no así para la relación beneficio/costo e ingreso por trabajo. Esta ventaja del café a pleno sol se debe a la densidad de la plantación (7215 plantas/ha vs 4780 planta/ha). Una caída en los precios del café de un 50 % resulta en una desventaja para café a pleno sol en los indicadores margen bruto/ha, relación beneficio/costo, ingreso por trabajo con respecto a todos los sistemas con sombra y menor TIR que bajo 100 árboles/ha, indicando mayor fragilidad de café a pleno.

Dentro de los sistemas con sombra, el café bajo 100 árboles/ha resulta ser el mejor sistema para los indicadores TIR, relación B/C y margen bruto a los cambios en insumos, mano de obra y productos (madera y café), no así en ingreso por trabajo.

En los sistemas con sombra, un aumento de 50 % en el precio de la madera no supera los indicadores bajo 100 árboles/ha, excepto en ingreso por trabajo indicando que la contribución por venta de madera (200 y 300 árboles/ha), no compensa el efecto negativo del aumento de la densidad de sombra sobre la producción de café. El Ingreso por trabajo es mayor en los sistemas con sombra que a pleno sol, por lo que para fincas pequeñas de tipo familiar el uso de sombra resulta ser la mejor alternativa

4.4.2. Discusión

En el presente caso el Beneficio Neto es negativo en los primeros dos años, por la inversión inicial de establecimiento de los sistemas y por que no hay producción. A partir del año 3 al 20, que se inicia la producción de café este es positivo con un gran aumento en el año veinte en los sistemas con sombra por los ingresos de la venta de madera, teniendo el árbol una función de ahorro (Platen, 1993).

La relación B/C a pesar de los cambios positivos y negativos en los parámetros se mantiene arriba de 1 en todos los sistemas, indicando que hay ganancias, excepto a pleno sol donde una caída en el precio del café de -50 % hace este indicador desfavorable (0,9), esto implica que por cada colon invertido en el sistema se obtiene 0,9 colones. El ingreso por trabajo en cualquiera de los cuatros sistemas es mayor que el salario que ganaría fuera de la finca, por lo que es mas rentable trabajar dentro de esta.

Plantaciones de café a pleno sol presentan mejores indicadores (margen bruto y TIR) que bajo sombra debido a la mayor densidad de plantación, pero mayor fragilidad a una caída en los precios del café, lo cual es frecuente en este cultivo. Esta situación puede enfrentarla un productor grande con disponibilidad de capital.

Los sistemas con sombra presentan mejor ingreso por trabajo y relación B/C que a pleno sol y dentro de estos una densidad de 100 árboles/ha presenta buenos y estables indicadores, inclusive supera la TIR del cultivo a pleno sol cuando baja el precio del café en un 50 %, por lo que para finqueros pequeños que tienen menor disponibilidad de capital, resulta ser la alternativa que permite pagar mejor la inversión.

En este estudio no se consideran los costos por daño al café en el momento de la cosecha de laurel (año 20), debido a que asumimos una renovación del cafetal en este año.

5. CONCLUSIONES

1) La densidad de sombra tuvo efectos negativos en la producción de café. Un aumento de 100 árboles/ha de laurel en densidades desde 100 a 300 árboles/ha provoca en promedio una disminución de 28 % en la producción de café por hectárea. La mayor producción (1,9 kg cereza/planta/año) se encontró a densidad baja de laurel (100 árboles/ha), mientras que la menor producción (1 kg cereza/planta/año) se presentó a densidad alta del mismo (300 árboles/ha). La producción de café fue mayor a pleno sol que bajo sombra debido a la densidad de la plantación.

2) El porcentaje de grano vano y rendimiento de café oro en base de cereza son mejores bajo sombra que a pleno sol y significa un subsidio de los productores bajo sombra a los de pleno sol que actualmente no es considerado. Esta ventaja significaría mayor ingreso y una razón adicional de la necesidad en el uso de la sombra en cafetales.

3) Un aumento en la densidad de plantación de laurel a los 10 años tuvo efecto negativo en dap (30 %) y volumen (50 %) por árbol, pero no en altura. La producción de madera por hectárea varió de 95 a 152 m³/ha para densidades de 107 y 348 árboles/ha de laurel respectivamente. Esto representa un aumento de 62% en volumen/ha cuando se aumenta la densidad en 225 %. El IMA promedio en volumen de 7 a 10 años fue de 11,5 m³/ha/año.

4) Para productores grandes, con disponibilidad de capital que tengan como objetivo principal maximizar ganancias café, a pleno sol resulta ser la mejor alternativa. Para pequeños productores que tienen poca capacidad de inversión y suficiente mano de obra familiar los sistemas asociados con árboles es la alternativa mas recomendable por que requieren menor inversión y generan relación B/C e ingreso por trabajo mas alto.

5) El café a pleno sol resulta ser más susceptible a una caída en los precios del café (- 50 %), pues resulta en una desventaja para margen bruto/ha, relación beneficio/costo, ingreso por trabajo con respecto a todos los sistemas con sombra.

6) En los sistemas con sombra, un aumento de hasta 50 % en el precio de la madera no supera los indicadores financieros bajo 100 árboles/ha de laurel. Esto indica que la contribución adicional por venta de madera, cuando se aumenta la densidad a 200 y 300 árboles/ha, no compensa el efecto negativo que hace la mayor densidad de sombra sobre la producción de café.

7) En los sistemas con sombra con y sin variaciones en los costos y productos el ingresos por trabajo y relación B/C son mayores que a pleno sol. Eso sugiere para fincas pequeñas, tipo familiar, el uso de sombra resulta ser la mejor alternativa y dentro de estas 100 arboles/ha tiene el mejor comportamiento productiva y financieramente.

6. RECOMENDACIONES

1) Para café asociado con laurel a los 10 años en el área de Turrialba, una densidad de 100 árboles/ha, es la mas recomendable pues da los mayores producciones. Esta densidad ofrece mejor estabilidad financiera a cambios en los costos (M.O, insumos) y precios de los productos (café y madera) del sistema y para fincas pequeñas tipo familiar esta opción representa mayor seguridad de inversión y mejores ingresos.

2) Debido a la frecuencia con que se encuentra el sistema café-poro-laurel en el área y a la importancia que tiene en la actualidad la valoración ambiental, sería importante hacer un estudio acerca de una evaluación económica-ecológica del sistema, cuantificar la erosión y/o fertilidad de los sistemas con sombra y a pleno sol y tratar de ponerles un valor económico a estos parámetros.

3) No existen suficientes trabajos sobre el efecto de la sombra y sol en las características del fruto y grano de *C. arabica*. Debido a la variabilidad entre los resultados encontrados en la presente investigación en diferentes fechas de muestreo, en futuros estudios deben hacerse durante todo el ciclo de recolección.

7. BIBLIOGRAFIA

- ACUÑA ULLOA, J.; VARGAS, A.; RAMIREZ, C. 1979 El laurel (*Cordia alliodora*-Ruiz & Pav.) Oken. Desarrollo Agropecuario e Industrial (Costa Rica) 6(32): 100-110.
- AGUIRRE A., V. 1971. Estudios de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., IICA. 139 p.
- ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H. W.; HEUVELDOP, J.; FOLSTER, H. 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poro (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba Costa Rica. Biomasa y reservas nutritivas. Turrialba (C.R.) 35 (3): 233-242
- ALVIM, P. 1959. Coffea and Tea Industries and the Flavor Field. 81(11):11-23.
- BARKER, D. J. 1991. An economic analysis of farming coffee and trees at Turrialba, Costa Rica: comparing small farms with poro (*Erythrina poeppigiana*) only to those with both laurel (*Cordia alliodora*) and poro. Thesis. Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE 130 p.
- BASAGOITIA, C. R. 1983. Técnicas modernas para el cultivo del café. Uso y manejo de sombra en cafetales. Nueva San Salvador, Instituto Salvadoreño de Investigación del café. p. 87-96.
- BEER, J. 1985. Experiencias con árboles de sombra en cafetales en Costa Rica In Avances en la investigación agroforestal: memorias. Eds. J. Beer; H. W. Fassbender; J. Heuvel dop. Turrialba, C. R., CATIE. p 187 -195
- _____. 1992. Production and competitive effects of the shade trees *Cordia alliodora* and *Erythrina poeppigiana* in an agroforestry system with *Coffea arabica*. Ph. D. Thesis. Oxford, University of Oxford. 230 p.
- _____; DETLEFSEN, G. 1993. Producción y efectos competitivos de los árboles de sombra *Cordia alliodora* y *Erythrina poeppigiana* en un sistema agroforestal con *Coffea arabica*. Turrialba, C. R., CATIE. 35p (en prensa)
- BERMUDEZ, M. 1980. Erosión hídrica y escorrentía superficial en el sistema de café (*Coffea arabica*), poro (*Erythrina poeppigiana*) y laurel(*Cordia alliodora*) en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 74 p
- BOSHIER, D. 1992. A study of the reproductive biology of *Cordia alliodora* (R. and P.) Oken. Ph D. Thesis. Oxford, Oxford University. 150 p

- CAMARCO, S. 1978. La sombra y su manejo. In Curso de caficultura (1978, Guatemala). Guatemala, Federación de Cooperativas de Café de Guatemala. p 1-16.
- CAMILO, D.; VARGAS, J.; PEREZ, Q.; CAMILO, J. 1987. Manual de la caficultura dominicana. Santo Domingo, R. D. Subsecretaria de Producción y Mercadeo, Departamento del Café. p. 60-63.
- CANNELL, M. 1971. Seasonal patterns of growth and development of Arabica coffee in Kenya. 4. Effects of seasonal differences in rainfall on bean size. Kenya Coffee (Kenia) 36: 176-180.
- _____ 1974 Factors affecting arabica coffee bean size in Kenya. Kenya Coffee (Kenia) 39: 342-352.
- CARVAJAL, J.F. 1984. Cafeto - cultivo y fertilización. 2ed. San José, Costa Rica, Instituto Nacional de la Potasa. 82p.
- CASTILLO, J. E. 1961. Nota sobre el efecto de la intensidad lumínica en la floración del cafeto. CENICAFE (Col.) 17(2): 51-60.
- CATIE. 1994. Laurel (*Cordia alliodora*): especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico n° 239. 41 p.
- CENICAFE. 1979. Manual del cafetero colombiano. 4 ed. Ed. H.A. Coreas. Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. p. 93-105.
- CHAMORRO, G. 1991. Evaluación del sistema agroforestal soca de café (*Coffea arabica*) asociada con nogal (*Cordia alliodora*)(Ruiz y Pavon) Oken. Chinchina, Caldas, Colombia, 15 p.
- DETLEFSEN, E.G. 1988. Evaluación del rendimiento de *Coffea arábica* cv."caturra" bajo diferentes densidades de siembra de *Cordia alliodora* y plantados en un diseño sistemático de espaciamiento. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 121 p
- DUQUE, J. P. 1966. Importancia de la luz para el cafetal. Café de Nicaragua (Nic.) 179: 21
- ESCOBAR, J. E. 1978. Manejo de sombra en cafetales In Curso de Técnicas Modernas para el Cultivo del Café (1978, El Salvador). Nueva San Salvador, Instituto Salvadoreño de Investigación del Café. 7 p.

- FOURNIER, L. A. 1961 Características varietales del fruto de (*Coffea arabica* L).
Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA 76 p.
- _____ 1988 El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra un enfoque agronomico y ecofisiologico. *Agronomía Costarricense (C.R.)* 12 (1): 131-146.
- FRANCO, C. M. 1952. A agua do solo e sombreamento dos cafezais em Sao Paulo. *Boletín de Superintendencia dos Servicos do Café. (Brasil)* 27 (299):10-19
- GITTINGER, J.P. 1983. Análisis económico de proyectos agrícolas. Madrid, Tecnos. 532p (Serie del IDE, Banco Mundial)
- GLOVER, N. 1981. Coffee yields in a plantation of *Coffea arabica* var caturra, shaded by *Erythrina poeppigiana* with and without *Cordia alliodora*. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No 17. 26 p.
- GONZALEZ, L.E. 1980. Efecto de la asociación de laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken) sobre producción de café (*Coffea arabica*) con y sin sombra de poro (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook). Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 110 p.
- HACIENDA LA ISABEL. 1993. Presupuesto de funcionamiento 1993-1994 Turrialba, C.R. 14 p.
- HEUVELDOP, J.; FASSBENDER, H.W.; ALPIZAR, L.; FOLSTER, H. 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poro (*Erythrina poeppigiana*). Producción agrícola, maderable y residuos vegetales. Turrialba (Costa Rica) 35(3): 347-355.
- HOLDRIDGE, L.R. 1978. Ecología basada en las zonas de vida. Trad del Inglés por H. Jiménez-Saa. San José, C.R., IICA. 216 p
- HUERTA S., A. 1954. La influencia de la intensidad de la luz en la eficiencia asimilatoria y el crecimiento del cafeto. Turrialba Costa Rica, IICA. 69 p.
- HUDSON, J. M. 1984. A note *Cordia alliodora* in Vanuatu. *Commonwealth Forestry Review (G.B.)* 63 (3): 181-183.
- ICAFFE. 1994. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San. José, C. R. 105 p.
- _____ 1985-1995. Informe de liquidaciones final cosechas 83/84 a 93/94. San José, C.R. 80 p.

- ICAFFE; MAG. 1989 Manual de recomendaciones para el cultivo del café. San. José, C. R. p. 42-45
- IICA . 1993. Proyecto de inversión para pequeñas empresas rurales, Manual de capacitación a técnicos de campo. San Jose, C. R. p. 143 236.
- JOHNSON, P.; MORALES, R.A. 1972. A review of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav. Oken). Turrialba (C.R.) 22(2): 210-220.
- LEON, J.; FOURNIER, L. 1962. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba (C.R.) 12: 65-74
- LONDOÑO D., M. 1993 Manejo sostenible de bosques naturales en una finca ganadera un estudio de caso en San Rafael de Bordon, baja Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialab, C.R. p33-37
- LUX, M.; PLATEN, H. Von 1994. Consumo y comercialización de madera en baja Talamanca, Costa Rica (en preparación).
- MEZA, M. 1987. Manejo de cafetales. In Congreso Sobre el Cultivo del Café (1987, El Salvador). Memoria. San José, C.R., IICA-PROMECAFE/CATIE. p. 37-69.
- MONTAGNINI, F y otros 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones 2 ed. San José, C. R., OET p. 57-90
- PEREZ, C.A. 1954. Estudio forestal del laurel *Cordia alliodora* (R & P) Cham. Tesis Mag. Agr. Turrialba, C.R., IICA. 182 p.
- PEREZ, V.M. 1963. Nutrición del cafeto de Costa Rica. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín Técnico No 43. 35 p
- PEREZ E., L. 1994. Un método eficaz para el análisis financiero de pequeños y medianos proyectos de inversión. San José, Costa Rica, IICA. 86 p.
- PLATEN, H. von. 1993. Evaluación económica de sistemas agroforestales de cacao con laurel y poro en Costa Rica In. Sombras y cultivos asociados con cacao. Ed. W. Philips Mora. Turrialba, C.R., CATIE. p. 163 172.
- _____ 1994. Inversiones a largo plazo: ¿Como tomar en cuenta la inflacion y los intereses ? Revista Forestal Centroamericana, (C.R.) 11:16-18
- RAMIREZ, E.; GONZÁLEZ, A. 1990. El cultivo del café en México. Mexico, Instituto Mexicano del Café. p. 143-147.

- REICHE, C; GÓMEZ, M. 1993. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica. In Semana Científica CATIE (8-10 dic 1993). Memorias Ed. Rodolfo Salazar. Turrialba, C.R. v.2, p 79-81.
- RIVERA, R; SAM, O. 1983. Estudio preliminar de la relación del fruto y el estado nutricional en *Coffea arabica* L (var. Caturra) a plena exposición solar. Cultivos Tropicales(Cuba) 5(1): 389-403.
- ROJAS C., G. 1994. Modelo de costos de producción de café. San Jose, C.R., Instituto del Café de Costa Rica, Departamento de Estudios Económicos. 20 p.
- ROMIJN, M.; WILDERING, E. 1981. Evaluación preliminar de los sistemas agroforestales del ensayo central "la Montaña". Turrialba, C. R., CATIE. 43 p (en prensa)
- SALAS, G DE LAS, FRANCO, J.M. 1978. Influencia del factor edafico en el crecimiento inicial del laurel(*Cordia alliodora*) (R.Pav) (Oken) en las terrazas del río Mira, Nariño, Colombia. Bogotá, Col., Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. 48 p.
- _____; VALENCIA, J. 1979. Notas sobre la reforestación con *Cordia alliodora* (R. y Pav) Oken en dos zonas tropicales de bajura: Tumaco y Carare-Opon, Colombia. Bogota, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Serie Técnica n° 10) 34 p.
- SAM, O.; MORALES, D. 1983. Crecimiento de plantulas de cafetos (*Coffea arabica* L. var. Caturra) al sol y bajo sombra controlada. Viveros en bolsa. Cultivos Tropicales (Cuba) 5(1):83-93.
- SOMARRIBA, E.; BEER, J. 1986. Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia alliodora* en sistemas agroforestales. CATIE. Serie Técnica. Boletín Técnico no. 16. 23p
- SOTO, F. 1986. The growth of coffee (*Coffea arabica* L) seedlings at full sunlight and shade with farm plant densities. Horticultural Abstracts (G.B.) 56 (12): 10138.
- STEEL, R. G.; TORRIE, J. H. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2 ed. Colombia, Mc Graw Hill. p. 226-229.
- SUAREZ DE CASTRO, F. 1961. Efecto del sombrío en los primeros años de vida de un cafetal. Turrialba (Costa Rica) 3(10): 81-102.

UGALDE, L.A. 1979. Descripción y evaluación de las practicas agroforestales en la cuenca piloto de La Suiza, Cantón Turrialba. Turrialba, C.R., CATIE. 25 p. (en prensa)

VEGA, C. L. 1977. La silvicultura de *Cordia alliodora* (R & P Oken) como especie exótica en Surinám. Boletín Instituto Forestal Latinoamericano (Venezuela) No. 52: 3-26.

ZAMORA, F.; JARA, J.. 1994 Programa agrícola año 1995. Aquiares, Turrialba, AGRO-INDUSTRIAS AQUIARES S.A. 21p

ANEXOS

Cuadro A1. Insumos , productos comerciales, cantidades y costos (¢/ha/año) utilizados. Turrialba, Costa Rica.

1983 = AÑO 1						
INSUMO	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	COST/APLIC	COSTO TOTAL
Herbicida	Roundup	l	1	1745,0		
	2,4 D	l	1	622,5		
	Goal	l	1	4360,0	6727,5	
	Radex	l	0,6	555,0		
	Roundup	l	5,4	1745,0		
	2,4 D	l	4	622,5	2922,5	9650,0
Fertilizantes	Nutran	kg	191	9762,0	9762,0	
	Formula *	kg	191	10895,0	10895,0	20657,0
Atomizantes	Kocide	kg	0,4	362,5		
	Menorel	kg	0,4	305,0		
	Pega fix	Onz	3	128,0	795,5	795,5
* Formula (20-7-12-3-1,2), utilizada la mayoría de los años						
1984 = AÑO 2						
INSUMO	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	COST/APLIC	COSTO TOTAL
Herbicida	Gardoprin	l	3,5	6405,0		
	Radex	l	1,5	1387,5	7792,5	
	Goal	l	3	13080,0	13080,0	20872,5
Fertilizantes	Nutran	kg	191	9762,0	9762,0	
	Formula	kg	191	10895,0	10895,0	20657,0
Atomizantes	Urea	kg	4	500,0		
	NU-7	kg	1	500,0		
	Pegafix	l	1	381,0	1381,0	1381,0
1985 = AÑO 3						
INSUMO	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	COST/APLIC	COSTO TOTAL
Herbicida	Goal	l	1,5	6540,0	6540,0	
	Roundup	l	1,5	2617,5	2617,5	
	Gardoprin	l	2	3660,0		
	Diuron	kg	0,5	697,5		
	Radex	l	2	1850,0		
	2,4 D	l	1,5	933,75		
	Pegafix	l	0,5	190,5	7331,75	16489,25
Fertilizantes	Nutran	kg	191	9762,0	9762,0	
	Formula	kg	191	10895,0	10895,0	20657,0
Atomizantes	Fermate	g	500	535,0		
	Abo. foliar	g	500	180,0		
	NU-7	g	250	125,0		
	Pegafix	l	1	381,0	1221,0	
	Kocide	kg	1,5	1125,0		
Menorel	kg	0,5	205,0	1330,0	2551,0	

CONTINUACION CUADRO 1A

1986 = AÑO 4

INSUMO	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	COST/APLIC	COSTO TOTAL
Herbicida	Radex	l	2	1850,0		
	2,4 D	l	2	1245,0		
	Gardoprin	l	3	5490,0		
	Pegafix	l	1	381,0	8966,0	
	Mezcla anterior			8966,0		
	Mezcla anterior			8966,0	26898,0	
Fertilizantes	Formula	kg	191	10895,0	21790,0	
	Nutran	kg	191	9762,0	9762,0	31552,0
Atomizantes	Kocide	kg	1	750,0		
	Urea	kg	2	250,0		
	Abo foliar	kg	2	720,0	1720,0	
	Kocide	kg	1	750,0		
	Urea	kg	2	250,0		
	Abon foliar	kg	2	720,0	1720,0	3440,0

1987-2003 = AÑO 5-20

INSUMO	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	COST/APLIC	COSTO TOTAL
Herbicida	Roundup	l	7	12215,0	24430,0	
	Gardoprin	l	2	3660,0		
	Radex	l	3,5	3237,5		
	2,4 D	l	1	622,5	7520,0	31950,0
Fertilizantes	Nutran	kg	191	9762,0	9762,0	
	Formula	kg	191	10895,0	21790,0	31552,0
Atomizantes	Anvil	l	1	3970,0	3970,0	
	Atemi	kg	1	9935,0		
	Abo Foliar	kg	2	720,0		
	Adherente	l	1	381,0	22072,0	26042,0

Cuadro A2. Modelos de regresión para la relación entre la densidad de *Cordia alliodora* (árboles/ha) y la producción de café por planta. (n = 327)

MODELO	P	C.V.	AR ²	t ₁
Y92 = 22,88 - 29(DL *)	***	40	3	***
Y93 = 27,43 - 62(DL *)	***	35	12	***
Y94 = 25,78 - 24(DL *)	***	35	2,1	***
Y9294 = 26,69 - 38(DL *)	***	17	18	***
Y8694 = 26,90 - 31(DL *)	***	15	18	***

Todos los valores de producción son transformados (raíz cuadrada) por lo que para predicciones deben de retransformarse para obtener el valor real

Todos los coeficientes para predecir deben multiplicarse por 10⁻³ (excepto el intercepto)
(DL *) Densidad centrada = (DL - promedio (DL))= (DL=163,2)

DL = Densidad de laurel

AR² = Valor ajustado de R² por el número de parámetros en el modelo

CV = Coeficiente de variación del modelo (%)

P = Significancia del modelo (*** < 0.001)

t₁ = Significancia de prueba "t" para coeficiente de variable

***= altamente significativo

Cuadro A3. Producción de *Coffea arabica* cv caturra promedio (fanegas/ha/año y kg/ha/año) en peso fresco a densidades de 0, 100, 200 y 300 árboles/ha de *Cordia alliodora*, Turrialba, Costa Rica.

AÑO	FANEGAS/ha/año				kg/ha/año			
	DENSIDAD DE LAUREL				DENSIDAD DE LAUREL			
	0	100	200	300	0	100	200	300
Producción 85	59	45	45	45	14956	11350	11350	11350
Producción 86-91	82	52	44	37	20920	13170	11159	9329
Producción 92	58	39	31	23	14663	10066	7824	5896
Producción 93	95	64	41	23	24261	16198	10424	5918
Producción 94	69	48	40	33	17508	12282	10217	8342
Producción 95-2003 (estimado)	74	59	44	32	18870	15145	11279	8035
Promedio 92-93	76	51	36	23	19462	13132	9133	5907
Promedio 93-94	82	56	40	28	20885	14240	10321	7130
Promedio 92-94	74	50	37	26	18811	12849	9495	6719
Promedio 85-94	72	49	40	32	18461	12613	10198	8167

Con sombra asumiendo i) 4780 plantas/ha ii) 1 fanega = 255 kg

Sin sombra asumiendo i) 7215 plantas/ha ii) 1 fanega = 255 kg

Porcentaje de humedad = 29 %

Producción 85 promedio por planta para todas las densidades con laurel

Producción 86-91 promedio de 6 años

Producción 92-94 estimado con base a modelos desarrollados para cada año

Producción 95-2003, estimada tomando el promedio de los últimos 4 años

Cuadro A4. Porcentaje promedio por año de grano vano de café a pleno sol y bajo sombra. Turrialba; Costa Rica.

AÑO	SOL	SOMBRA	PROMEDIO
1990	3,4	2,6	3,05
1991	3,6	2,5	3,0
Promedio	3,5	2,5	3,03

Cuadro A5. Porcentaje promedio por año de tamaño de cereza de café a pleno sol y bajo sombra, Turrialba, Costa Rica.

TAMAÑO	AÑOS					
	1990			1991		
	SOL	SOMBRA	PROMEDIO	SOL	SOMBRA	PROMEDIO
Grande	41	41	41	28	31	29
Mediano	45	43	44	44	43	43
Pequeño	14	16	15	29	26	27
Promedio	33	33	33	34	33	33
Grande	> 13 mm					
Mediano	12 mm a 13 mm					
Pequeño	< 12 mm					

Cuadro A6. Porcentaje promedio de rendimiento de café oro a pleno sol y bajo sombra, Turrialba, Costa Rica.

AÑO	SOL	SOMBRA	PROMEDIO
1990	17,5	18,1	17,8
1991	15,9	16,5	16,0
Promedio	16,7	17,3	16,9

Cuadro A7. Porcentaje promedio de tamaño de grano de café oro a pleno sol y bajo sombra, Turrialba, Costa Rica.

Tamaño de grano	1990		1991	
	SOL	SOMBRA	SOL	SOMBRA
20/64	2	1	1	1
19/64	10	7	4	4
18/64	26	23	13	13
17/64	32	34	30	30
16/64	17	21	30	30
15/64	6	7	12	11
14/64	7	7	10	11
TOTAL	100	100	100	100
Promedio	17	17	16	16
Ponderado.				

Cuadro A8. Dimensiones por árbol de *Cordia alliodora* a diferentes densidades (árboles/ha) y edad asociados con *Coffea arabica* cv caturra Turrialba, Costa Rica.

Edad (años)	dap (cm)				ALTURA (m)				VOLUMEN (m ³ /árbol)*			
	8	9	10	20*	8	9	10	20*	8	9	10	20*
Densidad (arb/ha)												
107	34,3	36,0	37,9	47,9	16,3	17,6	19,3	29,3	0,59	0,72	0,89	2,17
110	34,5	36,4	38,1	48,1	14,9	15,9	18,2	28,2	0,54	0,65	0,82	2,09
140	31,5	32,6	35,1	45,1	15,2	16,5	19,4	29,4	0,47	0,56	0,76	1,94
143	32,5	34,4	35,7	45,7	15,4	16,7	19,3	29,3	0,51	0,63	0,79	1,99
180	26,9	27,8	29,2	39,2	15,6	16,5	18,8	28,8	0,38	0,44	0,55	1,45
214	28,9	30,3	31,3	41,3	16,1	17,6	19,4	29,4	0,43	0,53	0,63	1,64
250	28,3	29,5	30,8	40,8	15,1	16,4	19,4	29,4	0,4	0,48	0,63	1,60
285	27,3	28,5	29,6	39,6	15,6	17,2	19,2	29,2	0,4	0,48	0,59	1,50
326	25,8	26,7	27,3	37,3	14,9	16,1	17,9	27,9	0,32	0,38	0,45	1,28
348	24,4	25,6	26,5	36,5	15,6	16,5	18,4	28,4	0,30	0,36	0,44	1,25
Promedios	29,4	30,8	32,2	42,2	15,4	16,7	18,9	28,9	0,43	0,52	0,66	1,8

* Dimensiones proyectadas

Cuadro A9. Modelos de regresion de crecimiento de *Cordia alliodora* con diferentes densidades del mismo (muestra=53 árboles)

	P	C.V	AR ²	t ₁
DIAMETRO				
d92 = 37,13 - 36,3(DL)	***	15	30	***
d93 = 39,08 - 39,2 (DL)	***	15,5	30	***
d94 = 41,10 - 42,8 (DL)	***	16	31	***
ALTURA				
h92=15,67-0,89(DL)	NS	13	1,2	NS
h93=16,99-1(DL)	NS	13	1,8	NS
h94=19,31-1,7 (DL)	NS	12	1,6	NS
VOLUMEN				
v92=0,64-0,94 (DL)	***	34	20	***
v93=0,77-1,2 (DL)	***	36	19	***
v94=0,98-1,5 (DL)	***	35	21	***

DL = Densidad de laurel (árboles/ha)

Todos los coeficientes para predecir deben multiplicarse por 10⁻³ (excepto el intercepto)

AR²= Valor ajustado de R² por el numero de parametros en el modelo

CV= Coeficiente de variacion del modelo (%)

P = Significancia del modelo (*** < 0,001)

t₁ = Significancia de prueba "t" para coeficiente de variable

NS = No significativo

Cuadro A10. Volumen (m³/ha)de *Cordia alliodora* a diferente densidad y edad asociado con *Coffea arabica* cv caturra, Turrialba, Costa Rica.

Edad (años)	8	9	10
Densidad(arb/ha)			
107	63	77	95
110	59	72	90
140	66	78	96
143	73	89	114
180	69	79	99
214	92	113	135
250	100	121	158
285	113	138	168
326	106	123	146
348	106	125	152
Promedio	85	101	125

Cuadro A11. Incremento medio anual IMA en volumen total (m³/ha/año) de *Cordia alliodora* a diferente densidad y edad asociado con *Coffea arabica* cv caturra, Turrialba, Costa Rica.

Edad (años)	8	9	10	Promedio
Densidad(arb/ha)				
107	7,9	8,6	9,5	8,7
110	7,4	7,9	9,0	8,1
140	8,2	8,7	9,6	8,8
143	9,1	9,9	11,4	10,1
180	8,6	8,7	10,0	9,1
214	11,5	12,6	13,5	12,5
250	12,5	13,4	15,8	13,9
285	14,1	15,3	16,8	15,4
326	13,2	13,6	14,6	13,8
348	13,2	13,9	15,2	14,1
Promedio	10,6	11,3	12,5	11,5

Cuadro A12. Frecuencia de actividades realizadas y jornales* utilizados para una hectárea/año (café con sombra), Turrialba, Costa Rica.

ACTIVIDAD	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5 a 20	
	Nº veces	Jorn.	Nº veces	Jorn.						
Preparación de terreno ✓	1	6,5								
Marcado ✓	1	5,3								
Hoyado ✓	1	32,0								
Compra de plantas de café										
Transporte										
Siembras	1	23,0								
Resiembras café /1			1	1,0	1	1,0	1	1,0	1	1,0
Aplicación de Herbicida	2	2,2	3	3,3	3	3,3	3	3,3	3	3,3
Aplic. Fertilizantes	2	2,3	3	3,5	3	3,5	3	3,5	3	3,5
Atomizada /2	2	3,1	3	4,7	3	4,7	3	4,7	3	4,7
Poda de café									1	6,0
Deshija									1	5,4
Cosecha /3					1	150,0	1	173,3	1	173,3
PORO (200 árboles/ha)										
Marcado			1	1,0						
Hoyado			1	1,7						
Corta de estacas			1	3,0						
Transporte /4			1							
Siembra			1	4,5						
Descumbra (poda)					2	6,0	2	6,0	2	6,0
LAUREL (100 árboles/ha)										
Marcado			1	1,0						
Hoyado			1	1,0						
Compra de árboles			1							
Transporte /4			1							
Siembra			1	1,0						
Poda					1	0,9	1	0,9		
TOTAL		74		26		169		193		203

* 1 jornal = 8 horas = 6,5 horas efectivas

Año 1 = 1983.

/1 Resiembra el 2% anual del total de plantas

/2 Incluye aplicación de abono foliar, fungicida y adherente

/3 Se considera en promedio que un jornal recoge 6 cajuelas/día

/4 Incluye costo de mano de obra

Año agrícola enero a diciembre.

Cuadro A13 Frecuencia de actividades y jornales* utilizados para una hectárea/año en café sin sombra, Turrialba, Costa Rica

ACTIVIDAD	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5 a 20	
	Nº veces	Jorn.	Nº veces	Jorn.						
Preparación de terreno	1	6,5								
Marcado	1	5,3								
Hoyado	1	48,3								
Compra de plantas de café										
Transporte										
Siembras	1	34,7								
Resiembras café /1			1	1,0	1	1,0	1	1,0	1	1,0
Aplicación de Herbicida	2	3,3	3	5,0	3	5,0	3	5,0	3	5,0
Aplic Fertilizantes	2	3,5	3	5,3	3	5,3	3	5,3	3	5,3
Atomizada /2	2	4,7	3	7,1	3	7,1	3	7,1	3	7,1
Poda de café									1	9,1
Deshija									1	8,2
Cosecha /3					1	196,7	1	273,3	1	273,3
TOTAL		106		18		215		292		309

* 1 jornal = 8 horas = 6,5 horas efectivas

Año 1 = 1983

/1 Resiembra el 2% anual del total de plantas

/2 Incluye aplicación de abono foliar, fungicida y adherente

/3 Se considera en promedio que un jornal recoge 6 cajuelas/día

Año agrícola enero a diciembre.

Cuadro A14. Precios (borde de finca) en colones de insumos, productos y servicios usados en el sistema café-poró-laurel (Turrialba, diciembre 1994)

COSTO UNITARIO						
CONCEPTO	PRODUCTO	UNIDAD	CANTIDAD	A	B	PROMEDIO
Herbicida	2,4 D	l	1	650	595	622
	Goal	l	1	4560	4160	4360
	Roundup	l	1	1850	1640	1745
	Radex	l	1	925		925
	Diuron	kg	1	1590	1200	1395
	Gramoxone	l	1	940	880	910
	Gardoprin	l	1		1830	1830
Fertilizante	Nutran	kg	45		2300	2300
	Fórmula /1	kg	45		2567	2567
Insumos para atomización	Kocide	g	500	375	350	362
	Menorel	g	500	205	405	305
	Pegafix *	l	1		317	381
	Fermate	g	500	535	585	560
	Abono foliar	g	500	180	180	180
	NU Z	g	250		125	125
	Folivex Zn	g	200		235	235
	Atemi	l	1	9500	10370	9935
	Anvil	l	1		3970	3970
	Urea	kg	2	250		250
Otros						
Hoyado (150 hoyos/jornal)						
Siembra (210 plantas/jornal)						
Jornal /2						1120
Plantas de café						30
Transporte de plantas						2
Estacas de poró						4
Compra de árboles						25
Transporte de árboles						33
Cosecha fanega						4000
Cosecha(jornal/día) /3						1200
Café (fanega) /4						13664
Madera (PMT) /5						40

A y B Lugares de cotización

* Adherente

/1 Formula (20-7-12-3-1,2)

/2 1 jornal = 8 horas = 6,5 horas efectivas

/3 Precio jornal asumiendo que recoge en promedio 6 cajuelas/día

/4 Precio promedio de las ultimas diez cosechas (83/84 a 93/94)

/5 Precio promedio en pulgada maderera tica (PMT) en pie para tucas

Para la estimación de los costos se uso el precio promedio

Cuadro A15. Costos (colones/ha/año) del sistema agroforestal café-poró-laurel para 100 laureles/ha, Turrialba, Costa Rica

	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5 a 20	
	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo
MANO DE OBRA (M.O)*										
CAFE										
Preparación de terreno	6,5	7280								
Marcado	5,3	5936								
Hoyado	32,0	35840								
Siembra	23,0	25760								
Resiembra/1			1,0	1120	1,0	1120	1,0	1120	1,0	
Herbicida	2,2	2464	3,3	3696	3,3	3696	3,3	3696	3,3	
Fertilización	2,3	2576	3,5	3920	3,5	3920	3,5	3920	3,5	
Atomizada	3,1	3472	4,7	5264	4,7	5264	4,7	5264	4,7	
Poda									6,0	6720
Deshija									5,4	6048
Cosecha /2					150	180000	173,3	208000	173,3	208000
PORO (200 árboles/ha)										
Marcado			1,0	1120						
Hoyado			1,7	1904						
Corta de estaca			3,0	3360						
Siembra			4,5	5040						
Descubre					6,0	6720	6,0	6720	6,0	6720
TOTAL M.O.CAFE-PORO	74,4	83328	22,7	25424	168,5	200720	191,8	228720	203,2	
LAUREL (100 árboles/ha)										
Marcado			1,0	1120						
Hoyado			1,0	1120						
Siembra			1,0	1120						
Poda					0,9	1008	0,9	1008		
TOTAL M.O LAUREL			3,0	3360	0,9	1008	0,9	1008		
INSUMOS Y TRABAJOS CONTRATADOS										
CAFE-PORO										
Preparación de terreno		31187								
Compra de plantas	4780,0	143400	100,0	3000	100,0	3000	100,0	3000	100,0	3000
Transporte plantas	4780,0	9560	100,0	200	100,0	200	100,0	200	100,0	200
Herbicida/3	2,0	9650	2,0	20872	3,0	16489	3,0	26898	3,0	31950
Fertilizante /4	2,0	20657	2,0	20657	2,0	20657	3,0	31552	3,0	31552
Atomizada /5	1,0	795	1,0	1381	2,0	2551	2,0	3440	3,0	26042
Transporte de poró			200,0	800						
TOTAL INSUMOS CAFE-PORO		215249		46910		42897		65090		92744
LAUREL (100 árboles)										
Compra			100,0	2500						
Transporte árboles			100,0	3333						
TOTAL INSUMOS LAUREL				5833						
TOTAL M.O. Café, poró, laurel		83328		28784		201728		229728		241488
TOTAL INSUMOS Café, poró, laurel		215249		52743		42897		65090		92744
TOTAL COSTOS CAFÉ PORO		298577		72334		243617		293810		334232
TOTAL COSTOS LAUREL				9193		1008		1008		
TOTAL COSTOS CAFE-PORO-LAUREL		298577		81527		244625		294818		334232

Café sembrado en mayo 1983 = Año 1

* Jornales, 1 jornal = 8 horas = 6,5 horas efectivas

/1 Resiembra el 2% anual del total de plantas

/2 Se considera en promedio que un jornal recoge 6 cajuelas/día

/3 a partir de año 5; tres aplicaciones, una mezcla de radex, gardoprin y 2,4 D y dos de roundup

/4 a partir de año 5, una aplicación de nitrógeno 35% y dos de fórmula 20-7-12-3-1,2 (40 g/planta/aplicación)

/5 a partir de año 5, una aplicación de fungicida (solo) y dos de mezcla de fungicida, abono foliar y adherente

Cuadro A16. Costos (colones/ha/año) del sistema agroforestal café-poró-laurel, para 200 laureles/ha, Turrialba, Costa Rica.

	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5 a 20	
	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo
MANO DE OBRA (M.O) *										
CAFE										
Preparación de terreno	6,5	7280								
Marcado	5,3	5936								
Hoyado	32,0	35840								
Siembra	23,0	25760								
Resiembra/1			1,0	1120	1,0	1120	1,0	1120	1,0	1120
Herbicida	2,2	2464	3,3	3696	3,3	3696	3,3	3696	3,3	3696
Fertilización	2,3	2576	3,5	3920	3,5	3920	3,5	3920	3,5	3920
Atomizada	3,1	3472	4,7	5264	4,7	5264	4,7	5264	4,7	5264
Poda									6,0	6720
Deshija									5,4	6048
Cosecha /2					150	180000	146,7	176000	146,7	176000
PORO (200 árboles/ha)										
Marcado			1,0	1120						
Hoyado			1,7	1904						
Corta de estaca			3,0	3360						
Siembra			4,5	5040						
Descumbre					6,0	6720	6,0	6720	6,0	6720
TOTAL M.O. CAFE-PORO	74,4	83328	22,7	25424	168,5	200720	165,2	196720	176,6	209488
LAUREL (200 árboles/ha)										
Marcado			1,0	1120						
Ahoyado			1,3	1456						
Siembra			1,0	1120						
Poda					1,8	2016	1,8	2016		
TOTAL M.O LAUREL			3,3	3696	1,8	2016	1,8	2016		
INSUMOS Y TRABAJOS CONTRATADOS										
CAFE-PORO										
Preparación de terreno		31187								
Compra de plantas	4780,0	143400	100,0	3000	100,0	3000	100,0	3000	100,0	3000
Transporte plantas	4780,0	9560	100,0	200	100,0	200	100,0	200	100,0	200
Herbicida/3	2,0	9650	2,0	20872	3,0	16489	3,0	26898	3,0	31950
Fertilizante /4	2,0	20657	2,0	20657	2,0	20657	3,0	31552	3,0	31552
Atomizada /5	1,0	795	1,0	1381	2,0	2551	2,0	3440	3,0	26042
Transporte de poró			200,0	800						
TOTAL INSUMOS CAFE-PORO		215249		46910		42897		65090		92744
LAUREL (200 árboles)										
Compra			200,0	5000						
Transporte árboles			200,0	6666						
TOTAL INSUMOS LAUREL				11666						
TOTAL M.O. Café poró laurel		83328		29120		202736		198736		209488
TOTAL INSUMOS Café poró laurel		215249		58576		42897		65090		92744
TOTAL COSTOS CAFE PORO		298577		72334		243617		261810		302232
TOTAL COSTOS LAUREL				15362		2016		2016		
TOTAL COSTOS CAFE-PORO-LAUREL		298577		87696		245633		263826		302232

Café sembrado en mayo 1983 = Año 1

* Jornales, 1 jornal = 8 horas = 6,5 horas efectivas

/1 Resiembra el 2% anual del total de plantas

/2 Se considera en promedio que un jornal recoge 6 cajuelas/día

/3 a partir de año 5; tres aplicaciones, una mezcla de radex, gardoprin y 2,4-D y dos de roundup

/4 a partir de año 5, una aplicación de nitrógeno 35% y dos de formula 20-7-12-3-1,2 (40 g/planta/aplicación)

/5 a partir de año 5, una aplicación de fungicida (solo) y dos de mezcla de fungicida, abono foliar y adherente

Cuadro A17. Costos (colones/ha/año) del sistema agroforestal café-poró-laurel (300 laureles/ha), Turrialba, Costa Rica.

	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5 a 20	
	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo
MANO DE OBRA (M.O) *										
CAFE										
Preparación de terreno	6,5	7280								
Marcado	5,3	5936								
Hoyado	32,0	35840								
Siembra	23,0	25760								
Resiembra/1			1,0	1120	1,0	1120	1,0	1120	1,0	1120
Herbicida	2,2	2464	3,3	3696	3,3	3696	3,3	3696	3,3	3696
Fertilización	2,3	2576	3,5	3920	3,5	3920	3,5	3920	3,5	3920
Atomizada	3,1	3472	4,7	5264	4,7	5264	4,7	5264	4,7	5264
Poda										6,0 6720
Deshija										5,4 6048
Cosecha /2					150	180000	123,3	148000	123,3	148000
PORO (200 árboles/ha)										
Marcado			1,0	1120						
Hoyado			1,7	1904						
Corta de estaca			3,0	3360						
Siembra			4,5	5040						
Descumbra					6,0	6720	6,0	6720	6,0	6720
TOTAL M.O. CAFE-PORO	74,4	83328	22,7	25424	168,5	200720	141,8	168720	153,2	181488
LAUREL (300 árboles/ha)										
Marcado			1,0	1120						
Ahoyado			2,0	2240						
Siembra			1,5	1680						
Poda					2,7	3024	2,7	3024		
TOTAL M.O LAUREL			4,5	5040	2,7	3024	2,7	3024		
INSUMOS Y TRABAJOS CONTRATADOS										
CAFE-PORO										
Preparación de terreno		31187								
Compra de plantas	4780	143400	100	3000	100	3000	100	3000	100	3000
Transporte plantas	4780	9560	100	200	100	200	100	200	100	200
Herbicida/3	2,0	9650	2,0	20872	3,0	16489	3,0	26898	3,0	31950
Fertilizante /4	2,0	20657	2,0	20657	2,0	20657	3,0	31552	3,0	31552
Atomizada /5	1,0	795	1,0	1381	2,0	2551	2,0	3440	3,0	26042
Transporte de poró			200	800						
TOTAL INSUMOS CAFE-PORO		215249		46910		42897		65090		92744
LAUREL (300 árboles)										
Compra			300	7500						
Transporte árboles			300	9999						
TOTAL INSUMOS LAUREL				17499						
TOTAL M.O. Café, poró, laurel		83328,0		30464		203744		171744		181488
TOTAL INSUMOS Café, poró, laurel		215249		64409		42897		65090		92744
TOTAL COSTOS CAFE PORO		298577		72334		243617		233810		274232
TOTAL COSTOS LAUREL				22539		3024		3024		
TOTAL COSTOS CAFE-PORO-LAUREL		298577		94873		246641		236834		274232

Café sembrado en mayo 1983 = Año 1

* Jornales, 1 jornal = 8 horas = 6,5 horas efectivas

/1 Resiembra el 2% anual del total de plantas

/2 Se considera en promedio que un jornal recoge 6 cajuelas/día

/3 a partir de año 5; tres aplicaciones, una mezcla de radex, gardoprin y 2,4-D y dos de roundup

/4 a partir de año 5, una aplicación de nitrógeno 35% y dos de formula 20-7-12-3-1,2 (40 g/planta/aplicación)

/5 a partir de año 5, una aplicación de fungicida (solo) y dos de mezcla de fungicida, abono foliar y adherente

Cuadro A18 . Costos (colones/ha/año) de café a pleno sol, Turrialba, Costa Rica.

	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5 a 20	
	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo	Cant	Costo
MANO DE OBRA (M.O) *										
CAFE										
Preparación de terreno	6,5	7280								
Marcado	5,3	5936								
Hoyado	48,0	54118								
Siembra	34,7	38897								
Resiembra /1			1,0	1120	1,0	1120	1,0	1120	1,0	1120
Herbicida			5,0	5581	5,0	5581	5,0	5581	5,0	5581
Fertilización	3,3	3720	5,3	5919	5,3	5919	5,3	5919	5,3	5919
Atomizada	3,5	3889	7,1	7948	7,1	7948	7,1	7948	7,1	7948
Poda	4,7	5242							9,1	10147
Deshija									8,2	9132
Cosecha /2					196,7	236000	273,3	328000	273,3	328000
TOTAL DE MANO DE OBRA		119085	18,4	20568	215,0	256568	291,7	348568	308,9	367848
INSUMOS Y TRABAJOS CONTRATADOS										
CAFE										
Preparación de terreno		31187								
Compra de plantas	7215,0	216450	145,0	4350	145,0	4350	145,0	4350	145,0	4350
Transporte	7215,0	14430	145,0	290	145,0	290	145,0	290	145,0	290
Herbicida /3	2,0	9650	2,0	20872	3,0	16489	3,0	26898	3,0	31950
Fertilización /4	2,0	29388	2,0	29388	2,0	29388	3,0	47582	3,0	47582
Atomizada /5	1,0	795	1,0	1381	2,0	2551	2,0	3440	3,0	26042
TOTAL INSUMOS		301900		56281		53068		82560		110214
TOTAL COSTOS		420985		76850		309637		431128		478062

Café sembrado en mayo 1983 = Año 1

* Jornales, 1 jornal = 8 horas = 6, 5 horas efectivas

/1 Resiembra el 2% anual del total de plantas

/2 Se considera en promedio que un jornal recoge 6 cajuelas/día

/3 a partir de año 5, tres aplicaciones, una mezcla de radex, gardoprin y 2,4 D y dos de roundup

/4 a partir de año 5, una aplicación de nitrógeno 35% y dos de formula 20-7-12-3-1,2 (40 g/planta/aplicación)

/5 a partir de año 5, una aplicación de fungicida y dos de mezcla de fungicida, abono foliar y adherente

Cuadro A19. Actualización de los precios de liquidación por cosecha de café (83/84-93/94)

Cosecha	Precio de liquidacion (¢//fanegas) ¹				Indice de inflacion		P. actualizado (¢//fanega)
	Peter's	Sta. Rosa	Río Claro	Promedio	1975=100%*	1994=100%**	
83/84	2652	2796	2989	2812	617	20	14084
84/85	3175	3359	3492	3354	684	22	15152
85/86	5778	5952	6525	6085	790	26	23801
86/87	4192	4342	4393	4309	920	30	14473
87/88	4917	4882	4824	4874	1153	37	13063
88/89	5111	5148	5273	5177	1267	41	12627
89/90	4742	4809	4726	4759	1613	52	9117
90/91	6022	5814	6241	6026	2021	65	9213
91/92	5738	5844	5964	5849	2364	77	7645
92/93	5364	5975	5992	5777	2578	83	6924
93/94	10400	10675	10542	10538	3090	100	10538
Promedio							13664

P= precio

I= Índice

*= Fuente Banco Central de Costa Rica

**= Rebasado=I inflacion (cada año)/I.inflacion (93/94)*100

P. Actualizado=P. promedio (cada año)/rebasado*100

¹ Fuente Liquidaciones de ICAFE

Cuadro A20. Costos y beneficios de café (¢/ha) con sombra, 100 laureles/ha. Turrialba, Costa Rica.

AÑO	COSTOS			BENEFICIOS					
	Insumos	M. Obra	Total	Producción ¹ fanegas/ha	Valor ²	Beneficio Neto	Flujo de caja	Jornales	Ingreso por trabajo
1	215250	83328	298578			(298578)	(215250)	76	
2	52744	28784	81528			(81528)	(52744)	26	
3	42897	201728	244625	45	614880	370255	571983	169	
4	65090	229728	294818	52	710528	415710	645438	192	
5	92744	241488	334232	52	710528	376296	617784	203	
6	92744	241488	334232	52	710528	376296	617784	203	
7	92744	241488	334232	52	710528	376296	617784	203	
8	92744	241488	334232	52	710528	376296	617784	203	
9	92744	241488	334232	52	710528	376296	617784	203	
10	92744	189488	282232	39	532896	250664	440152	160	
11	92744	289488	382232	64	874496	492264	781752	243	
12	92744	225488	318232	48	655872	337640	563128	190	
13 a 19	92744	269488	362232	59	806176	443944	713432	227	
20	92744	269488	362232	59	2725766	2363534	2633022	227	
*				47990					
					Sumatoria	8839050	13450426	3884	3463
					TIR		66,3		
					MARGEN BRUTO/HA		4077130,0		
					B/C		2,2		

Café sembrado en mayo de 1983

¹ Producción peso fresco Año 3 producción/año

Año 4 - 9 promedio de producción

Año 10 - 12 Producción para cada año.

Año 13 - 20 Estimado con base al promedio de producción de los últimos cuatro años

² Año 20, incluye los beneficios de la madera de laurel

* Cosecha hipotética de la madera (12/2003) en pulgadas madereras ticas (PMT) para 100 árboles/ha

Valor (fanega café) 13664,00

Valor (PMT) 40,00

Tasa de interés real 6 %

Cuadro A21. Costos y beneficios (¢/ha) de café con sombra, (200 laureles/ha). Turrialba, Costa Rica

AÑO	COSTOS			BENEFICIOS					
	Insumos	M. Obra	Total	Producción ¹ fanegas/ha	Valor ²	Beneficio Neto	Flujo de caja	Jornales	Ingreso por trabajo
1	215250	83328	298578			(298578)	(215250)	74	
2	58577	29120	87697			(87697)	(58577)	26	
3	42897	202736	245633	45	614862	369229	571965	170	
4	65090	198736	263826	44	601198	337372	536108	167	
5	92744	209488	302232	44	601198	298966	508454	177	
6	92744	209488	302232	44	601198	298966	508454	177	
7	92744	209488	302232	44	601198	298966	508454	177	
8	92744	209488	302232	44	601198	298966	508454	177	
9	92744	209488	302232	44	601198	298966	508454	177	
10	92744	157488	250232	31	423572	173340	330828	133	
11	92744	197488	290232	41	560208	269976	467464	167	
12	92744	193488	286232	40	546544	260312	453800	163	
13 a 19	92744	209488	302232	44	601198	298966	508454	177	
20	92744	209488	302232	44	3788091	3485859	3695347	177	
*				79672					
				Sumatoria		8097410	11883138	3196	3718
				TIR			59,0		
				MARGEN BRUTO/HA			3499743,4		
				B/C			2,1		

Café sembrado en mayo de 1983

¹ Producción peso fresco Año 3 Producción /año

Año 4 - 9 promedio de producción

Año 10 - 12 Producción para cada año

Año 13 - 20 Estimado con base al promedio de producción de los últimos cuatro años

² Año 20 incluye los beneficios de la madera de laurel

* Cosecha hipotética de la madera (12/2003) en pulgadas madereras ticas (PMT) para 200 árboles/ha

Valor (fanega café) 13664,00

Valor (PMT) 40,00

Tasa de interes real 6%

Cuadro A22. Costos y beneficios (¢/ha) en el sistema de producción café con sombra, 300 laureles/ha. Turrialba, Costa Rica

AÑO	COSTOS			BENEFICIOS					
	Insumos	M. Obra	Total	Producción/1 fanegas/ha	Valor /2	Beneficio Neto	Flujo de caja	Jornales	Ingreso por trabajo
1	215250	83328	298578			(298578)	(215250)	74	
2	64410	30464	94874			(94874)	(64410)	27	
3	42897	203744	246641	45	614862	368221	571965	171	
4	65090	171744	236834	37	505553	268719	440463	144	
5	92744	181488	274232	37	505553	231321	412809	153	
6	92744	181488	274232	37	505553	231321	412809	153	
7	92744	181488	274232	37	505553	231321	412809	153	
8	92744	181488	274232	37	505553	231321	412809	153	
9	92744	181488	274232	37	505553	231321	412809	153	
10	92744	125488	218232	23	314263	96031	221519	107	
11	92744	125488	218232	23	314263	96031	221519	107	
12	92744	165488	258232	33	450899	192667	358155	140	
13 a 19	92744	161488	254232	32	437235	183003	344491	137	
20	92744	161488	254232	32	43230084	4068776	4230264	137	
*				97144					
					Sumatoria	7134622	10239710	2630	3895
					TIR			52	
					MARGEN BRUTO/HA			2904050	
					B/C			2,0	

Café sembrado en mayo de 1983

/1 Producción peso fresco Año 3 Produccion /año

Año 4 - 9 promedio de producción

Año 10 - 12 Producción para cada año

Año 13 - 20 Estimado con abse al promedio de producción de los últimos cuatro años

/2 Año 20 incluye los beneficios de la madera de laurel

* Cosecha hipotética de la madera (12/2003) en pulgadas madereras ticas (PMT) para 200 árboles/ha

Valor (fanega café) 13664,00

Valor (PMT) 40,00

Tasa de interés real 6 %

Cuadro A23 Costos y beneficios (¢/ha) del sistema de producción café a pleno sol. Turrialba, Costa Rica.

AÑO	C O S T O S			B E N E F I C I O S					
	Insumos	M. Obra	Total	Producción /1 fanega/ha	Valor	Beneficio Neto	Flujo de caja	Jornales	Ingreso por trabajo
1	301901	119085	420986			(420986)	(301901)	106	
2	56282	20569	76850			(76850)	(56282)	18	
3	53068	256569	309637	59	806152	496515	753084	215	
4	82560	348569	431129	82	1120415	689286	1037855	292	
5	110214	367848	478062	82	1120415	642353	1010201	309	
6	110214	367848	478062	82	1120415	642353	1010201	309	
7	110214	367848	478062	82	1120415	642353	1010201	309	
8	110214	367848	478062	82	1120415	642353	1010201	309	
9	110214	367848	478062	82	1120415	642353	1010201	309	
10	110214	271848	382062	58	792489	410426	682275	229	
11	110214	419848	530062	95	1298042	767980	1187828	352	
12	110214	315848	426062	69	942788	516726	832574	266	
13 a 20	110214	335848	446062	74	1011106	565044	900892	282	
				Sumatoria		10115213	16393580	5281	3104
				Va actualizado		5274884	8690803		1646
				TIR				73,2	
				MARGEN BRUTO/HA				5274884,1	
				B/C				1,8	

Café sembrado en mayo de 1983

/1 Producción peso fresco Año 3 Producción/año

Año 4 - 9 Promedio de producción

Año 10 - 12 Producción para cada año

Año 13 - 20 Promedio de producción de los últimos cuatro años

Valor (fanega café) 13664,00

Tasa de interés real 6 %

Cuadro A24 Cambio en los indicadores financieros por efecto del análisis de sensibilidad

Tasa Interna de Retorno (%)					
Densidad (árboles/ha)	M.O +50 %	Insumos +50 %	Café +50 %	Café -50 %	Madera +50 %
0	53,0	55,7	109	13	
100	45,7	48,9	103,5	13,6	66,3
200	38,8	41,8	96	12,7	59,1
300	31,7	34,4	88,4	11,6	51,6

Relación Beneficio / Costo					
Densidad (árboles/ha)	M.O +50 %	Insumos +50 %	Café +50 %	Café -50 %	Madera +50 %
0	1,3	1,6	2,6	0,9	
100	1,6	1,9	3,1	1,2	2,2
200	1,6	1,8	3	1,2	2,3
300	1,6	1,7	2,8	1,2	2,2

Margen Bruto por hectárea (colones)					
Densidad (árboles/ha)	M.O +50 %	Insumos +50 %	Café +50 %	Café - 50 %	Madera +50 %
0	3566925	4611336	10283835	265934	
100	2845252	3536934	7587781	566068	4376193
200	2466858	2957158	6328242	671245	3996588
300	2036468	2358869	5163037	645063	3509851

Ingreso por Trabajo (colones/jornal)					
Densidad (árboles/ha)	M.O +50 %	Insumos +50 %	Café +50 %	Café -50 %	Madera +50 %
0	3104	2890,7	4870,4	1338,5	
100	3463,3	3223,7	5187	1739,2	3710,2
200	3718,1	3426,2	5370,4	2065,7	4216,2
300	3894,8	3538,9	5459,1	2330,5	4633,8

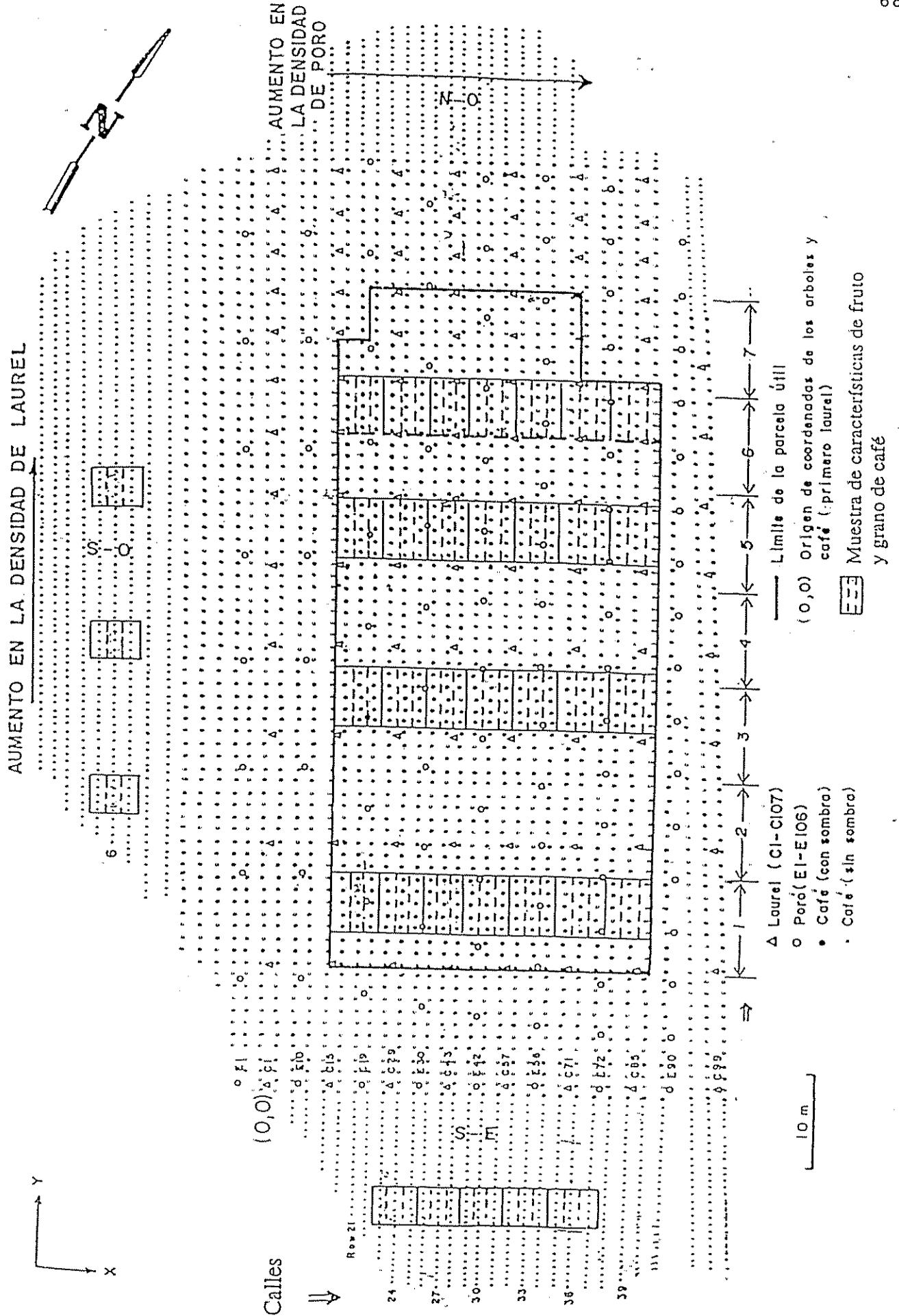
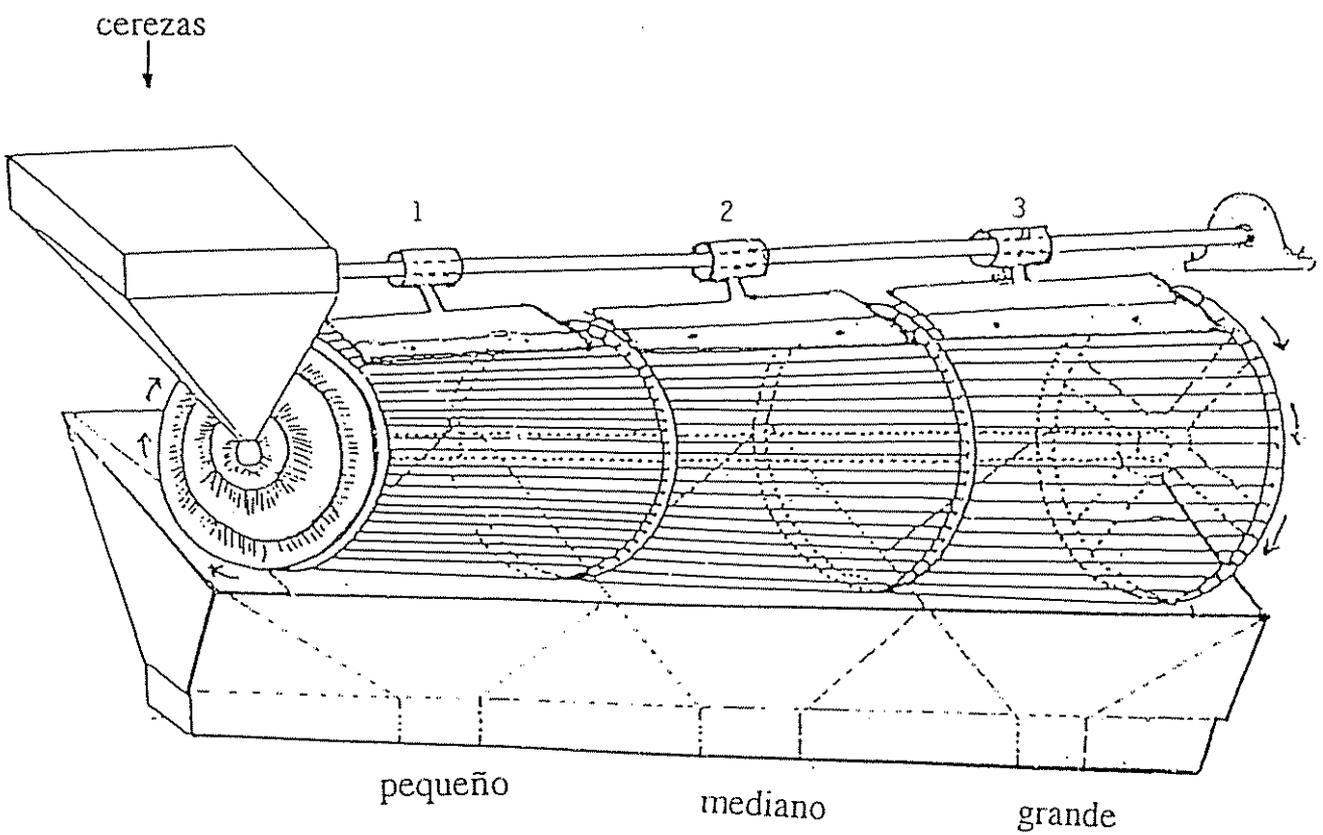


Figura A1 Identificación de la parcela útil para el estudio del efecto de la densidad de sombra de poro y laurel en café.



Largo del tamis = 150 cm
Diámetro mínimo = 47 cm
Diámetro máximo = 59 cm

1. Grano pequeño
separación
 ≤ 12 mm

2. Grano mediano
separación
12 -13 mm

3. Grano grande
separación
 ≥ 13 mm

Figura A2. Tamiz rotativo separador de frutos de café por tamaño

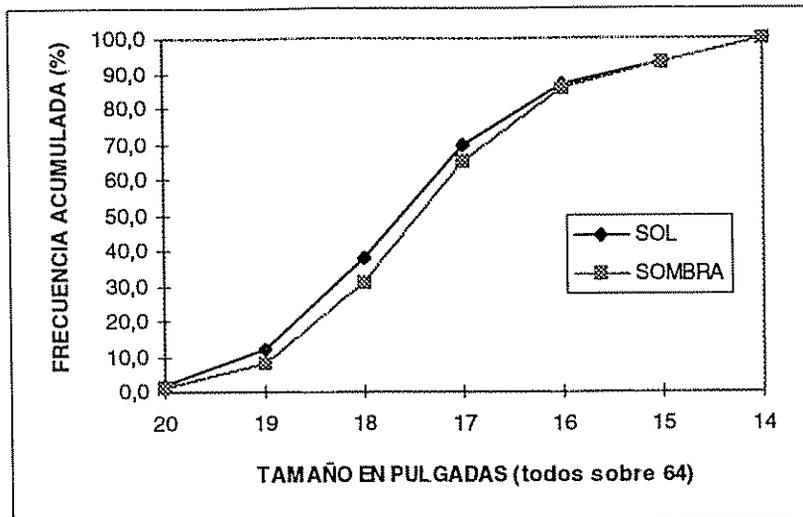


Figura A3. Frecuencia acumulada de tamaño de grano de cafe oro con y sin sombra para 1990.

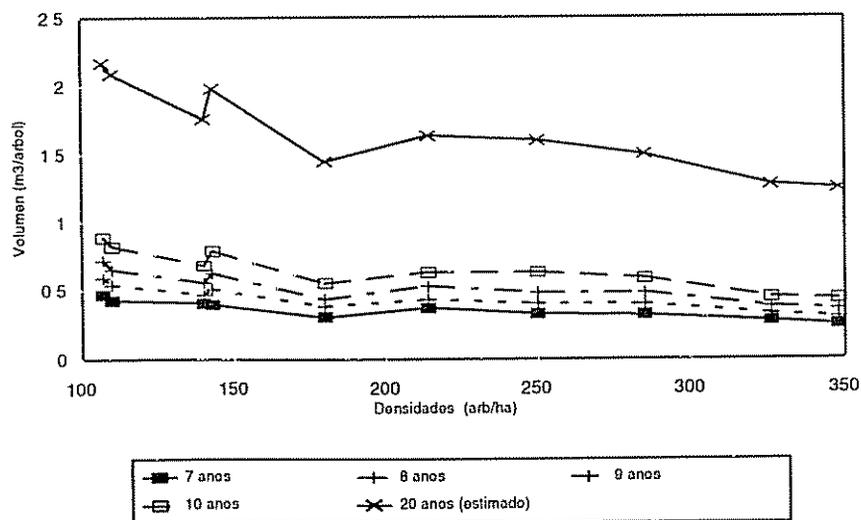


Figura A4 Volumen/árbol de *Cordia alliodora* a diferentes densidades y edad asociado con *Coffea arabica*. Turrialba, Costa Rica.