

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

RECIBIDO

Turrialba, Costa Rica

**TURNOS OPTIMOS DE RENOVACION DE CAFETALES CON SOMBRA DE
PORO (*Erythrina poeppigiana*.) Y A PLENO SOL**

POR

DIMAS MANUEL LOPEZ ARTERO



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACION

ESCUELA DE POSTGRADO

**TURNOS OPTIMOS DE RENOVACION DE CAFETALES CON SOMBRA DE
PORO (*Erythrina poeppigiana*.) Y A PLENO SOL**

Tesis sometida a consideración por el Comité Técnico Académico 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 Scientiae

por

DIMAS MANUEL LOPEZ ARTERO

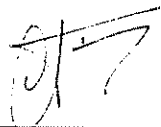
CATIE
Turrialba, Costa Rica

1998

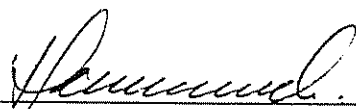
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Dirección de la Escuela de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

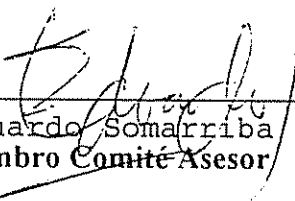
FIRMANTES:



Octavio Ramírez
Profesor Consejero



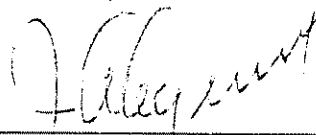
Jorge Faustino
Miembro Comité Asesor



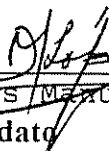
Eduardo Somarriba
Miembro Comité Asesor



Tania Ammour
Miembro Comité Asesor



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



Dimas Manuel López Artero
Candidato

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del Comité Asesor integrado por los Drs. Octavio Ramírez, Tania Ammour, Eduardo Somarriba y Jorge Faustino por sus sugerencias, aportes y acompañamiento brindado durante la realización de este trabajo.

A todos los funcionarios y empleados del CATIE por su colaboración prestada durante estos dos últimos años.

A mis compañeros de estudio y sus familias por su amistad y atenciones.

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) por haber financiado la beca que me permitió realizar los estudios de maestría en el CATIE.

INDICE

I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III. HIPOTESIS	4
3.1 Hipótesis general	4
3.2 Hipótesis específicas	4
IV. REVISION DE LITERATURA	5
4.1 Importancia de la caficultura	5
4.2 Caficultura y agroforestería	6
4.3 Caficultura intensiva	9
4.4 Análisis financieros en caficultura	16
4.5 Turnos financieros óptimos	19
V. MATERIALES Y METODOS	21
5.1 Area de estudio	21
5.1.1 Ubicación geográfica	21
5.1.2 Relieve, suelo y clima	21
5.2 Metodología de la investigación	23
5.2.1 Identificación de fincas, diseño estadístico y selección del tamaño de muestra	23
5.2.2 Variables evaluadas	25
5.2.3 Análisis de datos	27
5.2.3.1 Modelación econométrica de los sistemas de cultivo	

para determinación de turnos óptimos de renovación	27
5.2.3.2 Análisis financieros	33
5.2.3.3 Afinamiento del turno financiero óptimo	34
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	36
6.1 Modelación econométrica	36
6.1.1 Estimación de tamaño de muestra	36
6.1.2 Resultados obtenidos y discusión	36
Sistema 1. Café-poró con poda por surcos y ciclo de 3 años	37
Sistema 2. Monocultivo con poda por surcos y ciclo de 3 años ...	40
Sistema 3. Café-poró con poda por lotes y ciclo de 5 años	43
Sistema 4. Monocultivo con poda por lotes y ciclo de 5 años	46
Sistema 5. Café-poró con poda por planta y ciclo de 1 año	48
6.2 Análisis financiero	52
6.2.1 Ingresos y costos anuales	52
6.2.2 Evaluación financiera para un periodo de 20 años	53
6.2.3 Turnos financieros óptimos monoperiódicos	56
6.2.4 Turnos financieros óptimos multiperiódicos	60
VII. CONCLUSIONES	62
VIII. RECOMENDACIONES	64
IX. LITERATURA CONSULTADA	66
X. ANEXOS	71
Anexo 1	71
Anexo 2	74
Anexo 3	75
Anexo 4	80

Anexo 5	81
Anexo 6	86
Anexo 7	91

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de café en Turrialba según año agrícola	22
Cuadro 2. Fórmulas empleadas para estimar parámetros en el MAS	24
Cuadro 3. Análisis de varianza de modelo de regresión para sistema 1	37
Cuadro 4. Estimados de los parámetros de modelo de regresión para sistema 1	38
Cuadro 5. Análisis de varianza de modelo corregido para sistema 1	39
Cuadro 6. Estimados de los parámetros de modelo corregido para sistema 1	39
Cuadro 7. Análisis de varianza de modelo de regresión para sistema 2	40
Cuadro 8. Estimados de los parámetros de modelo de regresión para sistema 2	41
Cuadro 9. Análisis de varianza de modelo corregido para sistema 2	42
Cuadro 10. Estimados de los parámetros de modelo de regresión corregido para sistema 2	42
Cuadro 11. Análisis de varianza para modelo de regresión de sistema 3	43
Cuadro 12. Estimados de los parámetros de modelo de regresión para sistema 3	44
Cuadro 13. Análisis de varianza para modelo corregido de sistema 3	45
Cuadro 14. Estimados de los parámetros para modelo corregido de sistema 3	45
Cuadro 15. Análisis de varianza para modelo de regresión de sistema 4	47
Cuadro 16. Parámetros estimados para modelo de regresión de sistema 4	47
Cuadro 17. Análisis de varianza para modelo de regresión de sistema 5	49
Cuadro 18. Estimados de los parámetros de modelo de regresión para sistema 5	49
Cuadro 19. Análisis de varianza para modelo corregido de sistema 5	50
Cuadro 20. Estimados de los parámetros de modelo de regresión corregido para sistema 5	50
Cuadro 21. Índices financieros estimados para los sistemas de cultivo según escenario de precios propuesto	55
Cuadro 22. Turnos óptimos financieros monoperiódicos según sistema de cultivo y escenario de precios propuesto	58
Cuadro 23. Turnos óptimos financieros multiperiódicos según sistema de cultivo y escenario de precios propuesto	59

LOPEZ ARTERO, D.M. 1998. Turnos óptimos de renovación de cafetales con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana.*) y a pleno sol. Tesis Mag. Sci. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 93 p.

Palabras claves: café, poró (*Erythrina poeppigiana.*), sistemas agroforestales, monocultivos intensivos, modelos econométricos, índices financieros, turnos financieros óptimos, Turrialba.

RESUMEN

En Turrialba (Costa Rica) se tiene una área cafetalera aproximada de 10000 ha, en dos sistemas característicos de cultivo: café en sistema agroforestal (SAF) y en monocultivo, bajo diferentes intensidades y ciclos de poda. Este estudio busca modelar funciones de rendimiento anual, estimar turnos financieros óptimos de renovación para plantaciones en SAF con poró (*Erythrina poeppigiana.*) y en monocultivo o a pleno sol e identificar el sistema más sostenible en rendimientos y rentabilidad financiera.

La metodología contempló la selección de fincas de café representativas de ambos sistemas investigados; encuestas a productores sobre aspectos biofísicos, manejo de plantaciones y rendimientos de café; modelación econométrica de funciones de producción para determinar las variables, numéricas y cualitativas, estadísticamente significativas. Finalmente, análisis financieros de los flujos anuales de costos e ingresos de cada sistema de cultivo, con el propósito de reconocer el más rentable a largo plazo y su turno óptimo de renovación.

El análisis de regresión para modelar el rendimiento anual de café incluyó variables biofísicas (altitud) y de manejo (variedad, edad, densidad de café y poró, podas, etc.). Las variables que resultaron estadísticamente significativas fueron: edad de la plantación en años, densidad de árboles de poró, año en el ciclo de poda y variedad. Este procedimiento conllevó efectuar pruebas de significancia, t y F, así como detección y corrección de problemas de autocorrelación y heteroscedasticidad.

La aplicación de herramientas financieras, VAN, Relación B/C y TIR, determinó el sistema de cultivo más rentable financieramente durante el periodo de evaluación (20 años) y los turnos financieros óptimos monopériódicos y multipériódicos de renovación. Índices financieros y turnos óptimos presentaron valores diferentes según sistema de cultivo y esquema de poda practicados, también de acuerdo al escenario de precios y tasa de descuento supuestos. Los análisis financieros indican que café en monocultivo es más rentable, sin embargo presenta turnos financieros óptimos similares a SAF, en las fincas evaluadas. Haber cultivado café continuamente en una misma área es una variable que no influye en el rendimiento. Se recomienda analizar otros escenarios de precios de café, costos de producción y sistemas de cultivo.

LOPEZ ARTERO, D.M. 1998. Optimal rotation turns for coffee under poro trees (*Erythrina poeppigiana*.) shade and at full sun exposure. Thesis Mag. Sci. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 91 p.

Key words: coffee, poro trees (*Erythrina poeppigiana*.), agroforestry systems, intensive monocultures, econometric models, financial index, optimal financial turns, Turrialba.

SUMMARY

Coffee growing areas in Turrialba (Costa Rica) are 10000 has. approximately, grouped in two main cropping systems: coffee as agroforestry system (AFS) and as intensive monoculture, both of them are under different pruning schemes. This study aims at modeling production functions, estimating optimal financial rotations turns of coffee plantations in agroforestry system with poro trees (*Erythrina poeppigiana*.) and in monoculture at full sun exposure, and finding out the most sustainable cropping system in yields and profitability.

The methodology included selecting coffee farms in both cropping systems; surveying farmers about biophysics features of their farms, plantations management, and annual yields; econometric modelation of production functions so as to determine which numerical and categorical variables were statistically significant. Finally, financial analysis of each cropping system annual income and cost flows, in order to find out the most profitable one in the long run and its optimal rotation turn.

Regression analysis used for modeling coffee production functions included biophysical variables (altitude) and cropping variables (coffee variety, age, coffee and poro trees population density, pruning schemes, etc.). Statistically significant variables were coffee plants age, poro tree population density, year in the pruning cycle, and coffee variety. This procedure also included performing statistical tests such as t and F tests, besides finding out and correcting autocorrelation and heteroscedasticity problems.

Financial tools such as Net Present Value, Cost Benefit Ratio, and Internal Revenue Rate were used to identify the most profitable cropping system during an assessment period of 20 years, and to estimate optimal financial rotations turns. Both financial indexes and optimal rotation turns were different in each cropping system and in each pruning scheme, according to simulated coffee price patterns and discount rates. Financial analysis demonstrated that coffee plantations as monoculture are more profitable in the farms that were studied; however, optimal financial rotation turns were similar in both cases. Growing coffee continuously in a same land does not affect yield patterns. Although it is suggested to explore what happens in other coffee price, production cost and cropping system scenarios.

I. INTRODUCCION

El desarrollo económico de largo plazo es, en muchos casos, dependiente de la sostenibilidad del medio ambiente y de los recursos naturales para proveer bienes y servicios que generan beneficios socioeconómicos; la sostenibilidad ha llegado a entenderse como el manejo de los recursos para satisfacer necesidades cambiantes mientras se mantiene o mejora su base y se evita la degradación ambiental, asegurando a largo plazo un desarrollo productivo y equitativo. Sin embargo, el desarrollo es frecuentemente acompañado por impactos adversos en el medio ambiente que requieren de alternativas prácticas e inmediatas para evitarlos (Azqueta 1995).

El cultivo del café ha demostrado tener, en algunos casos, la capacidad de conciliar rentabilidad financiera con la conservación de recursos naturales. En este trabajo se compara la sostenibilidad productiva y financiera de café cultivado en sistema agroforestal con poró (*Erythrina poeppigiana.*) y en monocultivo intensivo o a pleno sol. El estudio se llevó a cabo en varias fincas representativas de ambos sistemas de producción en el cantón de Turrialba. El énfasis es en la determinación de turnos financieros óptimos de renovación de cafetales, mediante la evaluación de los rendimientos y rentabilidad del cultivo a largo plazo, utilizando modelos econométricos y análisis financieros.

Se hipotetiza que las plantaciones de café cultivadas en asocio con árboles de poró presentan turnos financieros óptimos de renovación más amplios y mayor sostenibilidad en rendimientos a través del tiempo que café a pleno sol. Como justificación se tiene que en café, uno de los cultivos al que se le ha dedicado un esfuerzo mayor en investigación en el área centroamericana, todavía se continúa investigando y discutiendo la conveniencia disminuir la sombra en las plantaciones hasta llegar a cultivarse a plena exposición solar, uno de los aspectos tecnológicos desarrollados y fomentados en las últimas décadas.

Desde la perspectiva financiera, este estudio conllevó la determinación de turnos financieros óptimos para la renovación de cafetales, tanto bajo sistema agroforestal con árboles de poró como en monocultivo o a pleno sol, siguiendo diferentes esquemas de poda. La evaluación financiera de los cinco sistemas de producción de café finalmente

identificados e investigados permitió discernir el más rentable en el largo plazo y el momento más apropiado para efectuar la renovación, cuando el propósito es maximizar la rentabilidad financiera, lo cual podría servir posteriormente como herramienta analítica para la toma de decisiones por el empresario agrícola. También para identificar el sistema de cultivo con rendimientos aceptables durante un período de tiempo más prolongado.

II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

2.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar la sostenibilidad financiera y de los rendimientos a largo plazo, entre sistema agroforestal con poró (*Erythrina poeppigiana.*) y monocultivo intensivo para la producción de café, en Turrialba (Costa Rica).

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Estimar turnos financieros óptimos para la renovación de plantaciones de café bajo sombra de poró (*Erythrina poeppigiana.*) y en monocultivo intensivo a pleno sol, en Turrialba, Costa Rica.
2. Determinar si el incremento en costos en monocultivos intensivos disminuye la rentabilidad financiera en el largo plazo, comparado con sistemas agroforestales en café.
3. Determinar cómo el tiempo de cultivo de café en una misma área afecta el rendimiento en sistema agroforestal con poró (*Erythrina poeppigiana.*) y en monocultivo intensivo.

III. HIPOTESIS

3.1 HIPOTESIS GENERAL

El sistema agroforestal café-poró (*Erythrina poeppigiana*.) presenta turnos financieros óptimos más largos y mayor sostenibilidad en cuanto a rentabilidad financiera y rendimiento que el café en monocultivo intensivo, para las condiciones de Turrialba (Costa Rica).

3.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS

1. El turno óptimo financiero de plantaciones de café es sustancialmente más corto en monocultivo intensivo que en sistema agroforestal con poró (*Erythrina poeppigiana*.).
2. El aumento en costos de producción debido al elevado uso de insumos y a la necesidad de renovaciones frecuentes disminuye la rentabilidad a largo plazo de plantaciones de café como monocultivo, comparadas con el sistema agroforestal con poró (*Erythrina poeppigiana*.).
3. El tiempo durante el cual se ha cultivado café en una misma área es una variable que afecta el comportamiento del rendimiento.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1 IMPORTANCIA DE LA CAFICULTURA

El café juega un papel importante en la economía de los países de Centro América. Es el principal producto del sector agropecuario y el que más divisas genera por vía de exportación; solamente en Honduras y Costa Rica ocupa el segundo lugar después del banano. La participación del café en el Producto Interno Bruto, PIB, (total y agropecuario) depende de su precio en el mercado internacional. Las fluctuaciones en precios ocurridas en los últimos diez años hacen vulnerables las economías de América Central. Aparte de la generación de divisas, la producción de café es estratégica en la creación de empleo. A escala regional hay más de 1.65 millones de personas vinculadas con la actividad cafetalera, incrementándose el número al incluir beneficiarios indirectos (Galloway y Beer 1997).

En Centro América, el área cafetalera es de aproximadamente 857000 ha, con una producción de 11 millones de quintales¹ oro para el año agrícola 1996-1997 (ICAFE 1997); el nivel tecnológico empleado para el manejo de esta área cafetalera es variado, mostrando relación estrecha con la productividad obtenida. Esta productividad oscila entre un mínimo de 8 quintales oro/ha/año para la categoría tecnológica manejo tradicional en el caso de Guatemala hasta 45 quintales oro/ha para la categoría tecnificada en Costa Rica. La diferencia es marcada por la presencia de atributos en fincas como variedades de porte bajo, Catuai y Caturra; siembra a plena exposición solar; altas densidades, de 5700 a 10000 plantas/ha; control sanitario; uso de fertilizantes, 500 a 1000 kg/ha/año y control químico de malezas (Galloway y Beer 1997).

¹ 1 quintal = 45.5 kg

4.2 CAFICULTURA Y AGROFORESTERIA

Las tecnologías agroforestales se definen como "una forma de cultivo múltiple en que se cumplen tres condiciones fundamentales: 1) existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente, 2) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne, y 3) al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas (incluyendo pastos)" (Somarriba 1990). Montagnini (1992) añade que las interacciones entre especies leñosas, cultivos agrícolas y animales pueden ser simultáneas o en secuencia temporal.

La agroforestería, una práctica tradicional, ha llegado a ser considerada una opción tecnológica que puede ser incluida en sistemas mejorados de producción de café por su contribución a la modificación del ambiente, contrariamente a sistemas intensivos de cultivo que eliminan el componente sombra. En zonas donde se requiere, la sombra protege a los cafetos de la acción directa de los rayos del sol y contribuye a disminuir la temperatura del suelo, mantener la humedad por más tiempo durante los meses secos y permite mayor longevidad a la planta al impedir su agotamiento prematuro (Ramírez 1988). Manejar plantaciones a plena exposición solar o con sombra regulada constituyen alternativas que procuran incrementar productividad o propiciar mayor longevidad de los cafetos, con base en la participación de la intensidad lumínica (Ramírez 1996).

La agroforestería en la producción de café, una práctica extendida no sólo en Costa Rica sino en todos los países del trópico americano, se considera una alternativa de manejo que presenta ventajas adicionales al mejoramiento del microclima que circunda al cultivo principal. Se piensa que podría contribuir a la resolución de problemas específicos que afectan la sostenibilidad de un monocultivo como café a pleno sol; por ejemplo, disminución en fertilidad de suelos, erosión o ataques de plagas y enfermedades; además, reducir el impacto de situaciones climáticas adversas como presencia de vientos y tormentas (Ramírez 1988).

La sombra en café regula la cantidad y calidad de luz. Con poca intensidad hay poca apertura de estomas de las hojas, baja la función de fotosíntesis, se reduce la energía y el estímulo para un metabolismo del cafeto que lo lleva a mayor producción. A medida que la

cantidad de luz aumenta, se intensifican y mejoran las funciones del cafeto; la mayor apertura de estomas aumenta la fotosíntesis y el metabolismo. Si la intensidad de luz aumenta demasiado, hay funciones que se vuelven negativas, los estomas se cierran, la fotosíntesis disminuye, el calor de las hojas aumenta considerablemente, el metabolismo se acelera hasta ser detrimental (ANACAFE 1990).

La calidad de luz se refiere a los rayos ultravioleta y a los rayos infrarrojos que son invisibles. La sombra filtra la luz que reciben los cafetos y cambia su calidad. La luz solar es vital sobre la diferenciación de yemas florales y sobre la floración, crecimiento, formación del fruto y desarrollo vegetativo. La sombra constituye un mecanismo de control en la relación agua-temperatura (ANACAFE 1990). Sin embargo, el café puede adaptarse a altas intensidades de luz, lo cual puede aumentar la producción si se combina con altas cantidades de insumos y elevadas poblaciones (Soto 1986, citado por Hernández 1995).

Chamorro *et al.* (1994) señala para las variedades Típica y Bourbon que con la presencia de sombra aumenta el peso del fruto y la proporción del peso de la almendra con respecto al peso total del fruto. Por su parte, Muschler (1997) reporta, para las condiciones de Turrialba, Costa Rica, 700 msnm y 2300 mm/año de precipitación, un máximo de producción de grano de calidad bajo sombra intermedia (20 a 60%) y permanente. Resultados equivalentes obtuvo Hernández (1995) al encontrar, en Turrialba, que café cultivado bajo sombra rinde 0.6% más en el beneficiado que cultivado a pleno sol. Barker (1991) determinó que en Turrialba el café con sombra produce entre 23 y 66 fanegas² /ha, mientras que a pleno sol las producciones son mayores a 68 fanegas/ha.

Se tienen antecedentes de los beneficios de la agroforestería en la producción de café. Diversas investigaciones y experimentos llevados a cabo lo confirman, no sólo en Centro América sino también en otros países de tradición cafetalera. En Colombia, por ejemplo, el cultivo de café con sombra es una práctica tradicional en aquellas zonas donde las condiciones de suelo y clima no le favorecen; en 1994, de 1107000 ha sembradas, el 60% estaban bajo sombra: 30% con cultivo tradicional y 30% con cultivo tecnificado (Chamorro *et al.* 1994).

² una fanega (fan) \cong 255 kg de café cereza fresca. Medida de volumen que se refiere a la cantidad de café cereza requerida para producir un saco de 46 kg de café oro.

En Guatemala, el cafeto se cultiva en forma tradicional bajo sombra. En la primera mitad de este siglo la mayoría de los cafetales crecían bajo 60 a 80% de sombra. Con la tecnificación del cultivo se ha ido reduciendo la sombra, llegando hasta un 25% en algunas fincas. Incluso en una finca se llegó a cultivar café a pleno sol sin resultados satisfactorios. De esta experiencia se deriva la conclusión de que en Guatemala es mejor cultivar café bajo sombra (ANACAFE 1991, citado por Galloway y Beer 1997). En Honduras, la mayoría de los cafetales crece bajo sombra permanente. Se estima que sólo un 5% de los cafetales se encuentran a plena exposición, comprendidos dentro de la categoría tecnológica de nivel alto (Galloway y Beer 1997).

En El Salvador, en 1950 se dio el primer esfuerzo para convencer a productores de manejar el café a pleno sol. Cada vez, los caficultores han reconocido la importancia de la sombra y han vuelto a poner árboles en sus cafetales. Se ha observado que los cafetales que sufren exceso de exposición al sol, difícilmente se recuperan bien. El error de eliminar los árboles de sombra de los cafetales ha sido costoso, los caficultores han tenido que duplicar la aplicación de herbicidas y pesticidas (Galloway y Beer 1997).

La conciencia sobre el rol ecológico de los árboles en los cafetales aumenta día con día en Nicaragua. En los años 80, la CONARCA (Comisión Nacional de Renovación de Cafetales) obligó, por ley, a productores en la zona de Carazo de eliminar todos los árboles de sombra de sus cafetales. Los impactos negativos siguen hasta el presente. El papel del árbol en el cultivo de café es ampliamente reconocido, encontrándose presente en todas las categorías de manejo de fincas cafetaleras (Galloway y Beer 1997).

Desde finales del siglo XIX, se ha mantenido un debate en Costa Rica -al igual que en otros países cafetaleros- sobre las consecuencias del uso de sombra en cafetales. Este debate ha incluido los árboles o plantas que se deberían usar como sombra, las densidades más adecuadas y la intensidad de manejo. Se encuentran artículos en la literatura costarricense desde los años cincuenta que argumentan que el café a plena exposición solar es más productivo que bajo sombra. Sin embargo, con el paso de los años, se reconoce que en determinadas condiciones edafoclimáticas, un cafetal bajo sombra (regulada) es mejor que un cafetal a plena exposición (Galloway y Beer 1997).

Boyce *et al.* (1994) señalan que al finalizar la Segunda Guerra Mundial, una revolución tecnológica transformó los patrones de cultivo en la producción cafetalera costarricense, iniciándose un giro completo en sus antecedentes ambientales amistosos. Nuevas variedades con más rendimiento, pero intensivas en agroquímicos, y técnicas de cultivo que requerían eliminar la sombra de otros árboles sustituyeron rápidamente las variedades precedentes. El debate entre técnicos sobre el uso o no uso de la sombra ha creado confusión entre los caficultores, algunos de los cuales eliminaron la sombra y ahora tratan de reponerla.

Uno de los factores que provocó un cambio en el manejo de cafetales en Costa Rica fue la llegada de la roya (*Hemileia vastatrix*). La preocupación por la roya comenzó en 1960, siendo hasta 1983 que apareció el primer brote de la enfermedad. Como respuesta, los caficultores intensificaron el manejo aplicando más fertilizantes y regulando con más cuidado la sombra. Aunque estas medidas aumentaron los costos de producción, hubo un aumento paralelo en productividad. Paulatinamente se han ido refinando las prácticas de manejo, permitiendo bajar las aplicaciones de cobre, y a la vez, mantener control sobre la enfermedad (Galloway y Beer 1997).

Es importante considerar que una plantación de café bajo sombra es un sistema agroforestal que puede producir otros beneficios además del café, tales como: materia orgánica, madera, leña, forraje, incluidas ventajas de difícil cuantificación como protección del suelo contra erosión, y una mejor infiltración del agua hacia depósitos subterráneos, entre otras. Todo lleva a pensar que la alternativa más confiable para la producción de café, al menos en las condiciones de Costa Rica, podría ser el modelo de agroecosistema bajo sombra regulada; haciéndose más evidente en sitios de temperatura y luminosidad altas, periodos de sequía prolongados y baja fertilidad de suelos (Ramírez 1988).

4.3 CAFICULTURA INTENSIVA

La caficultura intensiva se caracteriza por el empleo de altas densidades de siembra, 5700 a 10000 plantas/ha, y uso de agroquímicos, 500 a 1000 kg/ha/año de fertilizante, que llevan a incrementos en producción. No obstante, para que estos incrementos en producción sean estables y de carácter permanente es indispensable

buscar un sistema adecuado de manejo de la plantación, de lo contrario los rendimientos decaen rápidamente al cabo de pocos años, desvirtuándose la bondad del sistema. Debe tenerse en cuenta que las labores agrícolas, como cosecha y control químico de enfermedades y plagas, se dificultan por la proximidad entre plantas y la altura que alcanzan; ocurre lo contrario con las malezas, cuyo crecimiento se inhibe por la sombra producida por las plantas de café cuando se cierran.

Existen argumentos a favor del cultivo a plena exposición solar, considerando condiciones de clima, densidad de siembra y manejo de la planta; por ejemplo, en las zonas de mayor luminosidad se necesitan niveles de sombra superiores, especialmente en época de maduración (OFICAFE 1983). En zonas altas de Costa Rica (1200 msnm o más) en donde hay menos luminosidad, alta humedad y un periodo seco más corto, se puede considerar la conveniencia de cultivar café a pleno sol. La interrogante surge cuando se observan plantaciones en lugares que no reúnen estos requisitos, conllevando a un elevado uso de insumos para lograr niveles de producción aceptables. Cultivar café a pleno sol contradice propuestas de centros de investigación como CATIE, que buscan promover sistemas agroforestales por las ventajas que presentan (Beer 1987).

Variedades de bajo porte como Caturra se adaptan a siembra densa, pueden ser plantadas juntas y cosechadas por un tiempo más prolongado antes de que alcancen una altura que dificulte la recolección y requieran de renovación para iniciar un nuevo ciclo. Se discute la conveniencia o no de siembras de alta densidad (más de 5000 plantas/ha), pero, en general, se piensa que a menor distancia de siembra se obtiene mayor producción, aunque pueden presentarse problemas para la cosecha y el control de enfermedades, no siendo recomendable usar densidades mayores de 5000 plantas/ha (Uribe y Mestre 1980).

Como resultado de investigaciones sobre rendimiento de café a diferentes densidades de siembra, Uribe y Mestre (1980), en el CENICAFE (Colombia), encontraron que la siembra a 1.00 m x 1.00 m con 10000 plantas/ha superó ampliamente a las otras dos distancias bajo estudio (2.00 m x 2.00 m y 1.42 m x 1.42 m) en 94% y 23%, respectivamente; apreciaciones que corresponden al análisis de producciones acumuladas para cinco cosechas. En las distancias más cortas la producción se concentra hacia la parte superior de la planta, precisamente en donde recibe mayor luminosidad; las ramas

inferiores pierden vigor y follaje, dejan de florecer y en muchos casos se secan por la autosombra que proporcionan otras plantas. La zona donde se llevó a cabo la investigación se ubica entre 1250 y 1500 msnm con precipitaciones de 1480 a 2660 mm anuales.

Para siembras a 1.00 m x 1.00 m, la producción comienza a declinar después de la cuarta o quinta cosecha o sea a los cinco o seis años después de la siembra en el sitio definitivo; ocurre por competencia al desarrollarse las plantas. Si se agrega el deterioro normal de la plantación por la acción de los recolectores al inclinar y romper los arbustos, por la altura a que han llegado, para alcanzar los frutos, las producciones podrían rápidamente reducirse a niveles poco remunerativos. Es entonces cuando hay que iniciar un nuevo ciclo de producción, que se consigue a través de la renovación por "soqueo" o recepa (corte de los árboles a una altura de 0.30 m sobre el nivel del suelo para provocar la emisión de nuevos tallos). Se considera que el punto óptimo para iniciar la renovación es cuando se alcanza el promedio anual más alto de producción (Uribe y Mestre 1980).

Como la declinación del rendimiento en café usualmente ocurre entre la cuarta y quinta cosecha, parece que, en términos generales, el promedio de la cuarta cosecha es el más favorable para determinar el período de renovación. Observaciones de campo han llevado a concluir que en un sistema de cultivo con altas densidades de siembra es imperativo el establecimiento de ciclos cortos de producción a través de renovación por soqueo (recepa) de los cafetos, si se quiere obtener una producción económicamente remunerativa (Uribe y Mestre 1980).

El sistema de poda, junto con el ciclo que se siga, influyen en el comportamiento de los rendimientos y por consiguiente en los ingresos provenientes de una plantación de café a través del tiempo. Campos *et al.* (1997) evaluando ciclos de poda total por lotes y sistemática cada 3, 4 y 5 años, y poda selectiva por planta, para las condiciones del Valle Central de Costa Rica (950 a 1169 msnm y 2240 mm/año de precipitación), en café a plena exposición solar y a un distanciamiento de 1.68 m x 0.84 m, luego de 8 años, concluyeron que la poda total por lote realizada cada cinco años es la más adecuada desde el punto de vista de producción. Un patrón de comportamiento similar presenta la poda selectiva por planta, sin embargo este sistema involucra mayores costos.

El efecto sobre el comportamiento de la producción de los esquemas de poda seguidos en una plantación de café con sombra en Turrialba, Costa Rica, junto con la edad a la cual se inician, se modela en un estudio de Somarriba (1997). En este estudio, las plantas de café se visualizan como poblaciones que presentan diferentes estructuras de edades según el sistema y ciclo de poda que se sigan, esto es poda por planta, hilera o lote de acuerdo al ciclo y a la edad de inicio. Cada uno de estos sistemas de poda presenta un comportamiento diferente en el patrón de producción anual según la edad del cultivo.

La edad de inicio de la poda en café es una decisión que repercute en los ingresos a obtenerse durante su vida productiva; deben considerarse condiciones ecológicas de la plantación, principalmente altitud. El manejo intensivo del café, la presencia de materiales altamente productivos, junto con la reducción del nivel de sombra han contribuido a forzar metabólicamente a la planta, acelerando su agotamiento. Mora y Cisneros (1997) evaluando edades de inicio de poda entre 3 y 5 años, y ciclos de 4 y 5 años, encontraron que para las condiciones de la zona media del Valle Central de Costa Rica (1000 msnm y 2240 mm/año de precipitación), durante 8 cosechas no hubo diferencias significativas en rendimientos. Adelantar la poda al agotamiento de la planta no repercute en el rendimiento, pero genera costos adicionales sin favorecer significativamente la producción.

La densidad de población es una de las variables que influencia el aumento de rendimientos en plantaciones de café; aunque influyen también condiciones ambientales como clima, suelos y topografía; por consiguiente, es importante establecer cuál es la cantidad óptima de plantas por unidad de superficie. Acorde con esto, Uribe y Mestre (1988), estudiando el efecto de la densidad de población y la disposición de los arbustos de café, encontraron que el rendimiento crece aun a densidades mayores de 10000 plantas/ha. Experimentaron con densidades desde 5000 hasta 20000 plantas/ha a intervalos de 2500 plantas durante 70 meses y tomaron datos de 4 cosechas, obteniendo un rendimiento máximo de 35437 kg de pergamino seco/ha con 15000 plantas y un mínimo de 27500 kg de pergamino seco/ha con 5000 plantas.

Según el análisis estadístico efectuado, la disposición de las plantas, en cuadro o en rectángulo, no influyó sobre la producción; aunque es de suponer que una disposición en la cual las plantas estén equidistantes sea la mejor, porque la competencia por luminosidad y

el espacio para las raíces estarán uniformemente distribuidos. En cuanto al efecto de la densidad de siembra sobre la producción se encontró una relación cuadrática. Los rendimientos aumentaron hasta 14740 plantas/ha, teóricamente, basándose en los parámetros estimados del modelo de regresión, para luego descender. La tendencia cuadrática de la densidad de siembra sobre la producción se expresa en la siguiente ecuación de regresión:

$$Y = 20720.87 + 6025.12X - 615.25X^2$$

Donde Y es la producción total en 4 cosechas en kg de pergamino seco/ha y X toma valores enteros entre 1 y 7 para las densidades de 5000, 7500, 10000, 12500, 15000, 17500 y 20000 plantas/ha, respectivamente. Si bien es posible estimar una densidad de cafetos que maximiza la producción, para las condiciones edafoclimáticas y de manejo donde se efectuó el experimento (1400 msnm y 2660 mm/año de lluvia), el modelo presentado no contiene el coeficiente de determinación múltiple, R^2 , que señale la correlación entre las variables densidad y rendimiento por hectárea; paralelamente a esta debilidad, no se presentan las estructuras de costos e ingresos que caracterizan a cada densidad de siembra, imposibilitando discernir la más conveniente desde la perspectiva de rentabilidad financiera.

Con densidades de siembra de hasta 10000 plantas/ha, en Colombia se han obtenido promedios de producción anual de más de 5000 kg de café pergamino seco/ha a los 3 años de siembra. Por esta razón, ciclos de producción de 3 años podrían ser económicamente aceptables. Esto hace pensar en una transformación del cultivo perenne o permanente del café a un cultivo transitorio, con las ventajas que por muchos aspectos se podrían tener, incluyendo la posibilidad de cambio o rotación. Empero, cuando se piensa en altas densidades de siembra es conveniente elegir la mejor disposición de las plantas, de forma tal que permita un fácil manejo y control de enfermedades en caso necesario y la modalidad de cultivo que se quiera establecer (Uribe y Mestre 1988).

Continuando con el debate entre plantaciones en sistema agroforestal y a pleno sol, Chamorro *et al.* (1994) afirman que al disponer de clima y suelos apropiados, y si a la vez se realizan oportuna y apropiadamente las labores que requiere la plantación, el café

normalmente produce más a pleno sol que cuando se cultiva con plantas que le proyecten sombra. Aunque cuando el café se cultiva solo, únicamente aprovecha los nutrientes que están en capas superficiales del suelo, los que se encuentran en capas profundas no son asequibles a sus raíces.

En experimentos llevados a cabo por ICAFE en Heredia, Costa Rica, a 1375 msnm y 2100 mm/año de precipitación, para comparar rendimientos de acuerdo a niveles de fertilización durante un periodo de 7 cosechas, se encontró una interacción altamente significativa entre el sombrío y el nivel de fertilización empleado. Los tratamientos a plena exposición solar presentaron una cosecha superior, 48.9 fanegas/ha, a aquellos manejados con sombra regulada de poró (*Erythrina poeppigiana*), 45.0 fanegas/ha; en un promedio de 7 cosechas, el conjunto de tratamientos al sol superó en 9% a los ubicados bajo sombra, siendo esta diferencia estadísticamente significativa (ICAFE 1996).

En contraste, experimentos efectuados en Turrialba, a 650 msnm y 2867 mm/año de lluvia, sobre rendimiento de café a pleno sol y bajo sombra, luego de 10 años, revelan una superioridad en la producción de los tratamientos ubicados bajo sombra regulada sobre los colocados a plena exposición solar. Bajo sombra regulada se tuvo un rendimiento promedio de 67.1 fanegas/ha, mientras que a pleno sol 58.0 fanegas/ha, es decir, 16% menos (ICAFE 1995). Beer (1997) asegura que la combinación de elementos de manejo tradicional de sombras con tecnología moderna para lograr sistemas más sostenibles y competitivos puede llevar a rendimientos menores en café a los obtenidos en monocultivo, pero la rentabilidad del sistema combinado puede ser mayor, si se toma en cuenta la producción diversificada y la reducción de costos por insumos.

En Costa Rica, de acuerdo a criterios técnicos del ICAFE, se ha determinado que el promedio de vida productiva para una plantación de café, bajo condiciones aceptables de asistencia, es de 20 años. Por eso, la Ley de Fomento a la Producción Agropecuaria (Ley N° 7064 del 29 de abril de 1987) en su Capítulo III (Otros incentivos), Inciso 5, contempla entre otras cosas, que en la estructura de costos se debe considerar una amortización para compensar el agotamiento o desgaste de las plantaciones. Además, en el Anexo al Reglamento de la Ley del Impuesto sobre la Renta, publicado en la Gaceta N° 181, Alcance

29 (Decreto Ejecutivo N° 18445 H del 23 de septiembre de 1988), se estipula un porcentaje de depreciación anual para el cultivo de café de 5% (ICAFE 1996).

Por su parte, Alvarado y Rojas (1994) con respecto a la renovación y repoblación de plantaciones de café aseguran que el principio de producir más café por área se origina básicamente en el empleo de cultivares más productivos y aprovechamiento del área con un mayor número de plantas, lo que aunado a otros cambios tecnológicos, generará una mayor productividad por unidad de superficie. Esta actividad (la caficultura) debe considerarse como algo "productivo". En el momento que sea poco rentable, definitivamente la plantación debe mejorarse siguiendo una entre dos opciones: la renovación o la repoblación. Antes de tomar la decisión sobre cuál opción emplear deben considerarse algunos aspectos, tales como:

- Productividad. Es un factor decisivo, si la productividad es baja (cerca a las 15 fanegas/ha) la plantación resulta poco rentable.
- Edad de la plantación. Normalmente, las plantaciones de 25 años o más producen poco.
- Porcentaje del cultivar predominante. Cuando se tienen plantaciones con diferentes cultivares existe el inconveniente de que muchas labores varían de época, como cosecha y poda.
- Uniformidad. Aspecto ligado a la presencia de varios cultivares.
- Trazado de la plantación existente. Si es inadecuado lo recomendable es la renovación total.
- Densidad. Aunque la plantación sea joven y bien trazada, pero pocas plantas por área, puede elegirse la repoblación.
- Presencia de plagas y enfermedades. Asociadas a plantaciones viejas, sugiriéndose seleccionar la opción de renovar.

4.4 ANALISIS FINANCIEROS EN CAFICULTURA

Por análisis financiero se entiende el estudio de los ingresos, costos y rentabilidad de empresas individuales, considerando todos los factores de producción pagados a precios de mercado. La proyección financiera, también llamada flujo de caja, es un instrumento fundamental que permite determinar la capacidad financiera de una empresa para llevar adelante un proyecto. Para realizar el análisis financiero de un proyecto se debe partir de una situación *sin proyecto* (situación actual) hasta llegar a otra *con proyecto* que es consecuencia del proyecto a ejecutarse (Pérez 1995).

El análisis financiero de una actividad agropecuaria debe proporcionar una pauta de la eficiencia de los sistemas de producción, tomando en cuenta que la actividad agropecuaria está íntimamente ligada a las características propias de la base de recursos naturales. Además, puede servir como indicador para definir la relación existente entre actividades agropecuarias y la dinámica de uso de la tierra de parte de los agricultores en un área determinada. Requiere utilizar una tasa de descuento para actualizar los flujos de caja del proyecto, que ha de corresponder a la rentabilidad que el inversionista le exige a la inversión por renunciar a un uso alternativo de esos recursos, en proyectos con niveles de riesgo similares, lo que se denomina costo del capital (Sapag y Sapag 1996).

En el análisis de proyectos agrícolas es preciso tener en cuenta una distinción de importancia entre dos puntos de vista complementarios (Gittinger 1975). En todo proyecto interesa conocer, en primer lugar, el rendimiento o productividad o la rentabilidad globales para la sociedad o la economía en su conjunto, de todos los recursos que se le destinan con independencia del sector social que los aporte o que se beneficie. Este es el rendimiento social o económico del proyecto y se determina aplicando lo que se denomina análisis económico, donde algunos precios pueden cambiarse para reflejar mejor los verdaderos valores sociales o económicos, los precios ajustados se llaman a menudo precios sombra o precios de cuenta.

En cambio, las distintas entidades financieras que participan en un proyecto; agricultores, hombres de negocios, empresarios, sociedades privadas, organismos públicos; sólo se preocupan del rendimiento del capital social que aportan. Este puede

considerarse el rendimiento financiero de la repartición del capital social de un proyecto y ser determinado mediante lo que se denomina análisis financiero, que utiliza siempre precios de mercado, incluidos impuestos y subsidios. Como medidas o indicadores utilizados en evaluaciones financieras de proyectos, según Gittinger (1975), se tienen:

Valor actual neto. La medida más directa del flujo de fondos actualizado para determinar el valor de un proyecto es el valor actual neto, VAN. Este valor es, simplemente, el valor actual de la corriente de flujo de fondos. El VAN puede calcularse también como la diferencia entre el valor actual de la corriente de beneficios y el valor actual de la corriente de costos. Algebraicamente se expresa de la siguiente manera:

$$VAN = \sum (B_t - C_t) / (1 + i)^t$$

Donde:

- B_t : Beneficios en el tiempo t
- C_t : Costos en el tiempo t
- t: Tiempo
- i: Tasa de actualización o descuento

Relación beneficio costo. La relación beneficio costo se utiliza casi exclusivamente como medida del beneficio social -es decir, para el análisis económico de proyectos-. Para calcular esta relación hay que decidir la tasa de actualización del capital que se utilizará, al obtenerse del cociente del valor actual de los beneficios brutos y el valor actual de los costos. Algebraicamente esta relación se expresa como:

$$B/C = \sum E_n (1 + i)^t / \sum S_a (1 + i)^t$$

Donde:

- E_n : Entradas o Beneficios
- S_a : Salidas o Costos
- i: Tasa de actualización o descuento
- t: Tiempo

Tasa de rentabilidad interna. Otra forma de utilizar el flujo de fondos actualizado para medir el valor de un proyecto es determinar la tasa de actualización que haga que el valor actual neto del flujo de fondos sea igual a cero. Esa tasa de actualización se denomina tasa de rentabilidad interna y, en cierto sentido, representa la rentabilidad media del dinero utilizado en el proyecto durante toda su vida. La tasa de rentabilidad interna, TIR, es una tasa de actualización que hace que:

$$\sum (B_t - C_t) / (1 + i)^t = 0$$

Donde:

- B_t: Beneficios de cada año
- C_t: Costos de cada año
- t: Tiempo
- i: Tasa de actualización o descuento

Existen también antecedentes sobre análisis financieros comparando café bajo sistema agroforestal y en monocultivo. Por ejemplo, en experimentos realizados por CENICAFE en Colombia, a 1310 msnm y 2475 mm/año de precipitación, Chamorro *et al.* (1994) reportan que en el cultivo de café con nogal (*Cordia alliodora.*) y a pleno sol, luego de evaluar ambos sistemas durante 7 años se recepó el cafetal y aprovechó la madera producida en el sistema agroforestal, como resultado financiero se logró una relación beneficio/costo de 1.27 para el cultivo con nogal y de 1.31 para el café a libre exposición solar. Aclarándose que se efectuó una aplicación total de 2650 kg y 5335 kg de fertilizante durante el tiempo de evaluación, respectivamente.

Mientras en Costa Rica, Hernández (1995), evaluando la rentabilidad financiera de plantaciones de café bajo diferentes densidades de laurel (*Cordia alliodora.*) durante un periodo de 20 años, basándose tanto en observaciones como en proyecciones de rendimientos, reporta para una densidad de 300 árboles de laurel/ha una TIR de 51.1% y una relación B/C de 2.0, para 200 árboles/ha una TIR de 59.0% y una relación B/C de 2.1. Densidades de 100 y 0 árboles/ha arrojan TIR de 66.3% y 73.2%, y relaciones B/C de 2.2 y 1.8, respectivamente; teniéndose que el sistema de cultivo a pleno sol es el más

ventajoso si como criterio de discriminación se empleara la TIR. Como tasa de descuento en la estimación de índices financieros empleó 6%.

4.5 TURNOS FINANCIEROS OPTIMOS

Para Openshaw (1980), los análisis económicos estándar usando la teoría de la producción, costos y precios (teoría de la empresa) demuestra que la maximización del beneficio ocurrirá cuando los costos marginales -el costo de producir una unidad más de producto- se igualen a los ingresos marginales -el ingreso por la unidad extra de producto. (Bajo competencia perfecta el ingreso marginal es igual al precio unitario), lo que se conoce como principio de equimarginalidad; desde otra perspectiva, este principio asegura que si el empresario no está en el punto de maximización del beneficio, al menos los costos están siendo minimizados para el nivel de producto que puede ser producido (Debertin 1986).

Fournier (1988) señala que no se dispone de información adecuada que permita calcular la periodicidad en el ciclo de renovación de un cafetal a pleno sol; y si un acortamiento de la vida de esta plantación, comparada con la de una con sombra regulada, compensa económicamente el 10 a 20% de mayor producción que se obtiene en la primera. Por tanto, no se encuentra evidencia de estimaciones de turnos financieros óptimos de renovación en café, empleando modelos econométricos y la teoría de la empresa; esto es la determinación del año en que los ingresos adicionales a percibir por continuar dándole manejo a una plantación sean iguales o inferiores a los costos incurridos para lograrlos.

El análisis basado en la teoría de la empresa puede ser emprendido fácilmente para actividades productivas en las que el tiempo no está involucrado (Openshaw 1980). Es más difícil en actividades forestales debido al largo periodo de tiempo involucrado. Si todos los costos e ingresos son descontados al presente, el punto en el cual los costos e ingresos marginales sean iguales dependerá de la tasa de descuento adoptada. Sin embargo, el decisor podría aplicar la tasa de descuento del "rendimiento financiero" para calcular los ingresos y costos marginales bajo diferentes sistemas de producción.

Existe la posibilidad de determinar el turno financiero óptimo para la renovación de plantaciones de café tomando en cuenta los aspectos económicos de la producción, lo que permite maximizar los ingresos del productor. Para la determinación de este turno, valor potencial del suelo (VPS), se estima en qué momento se maximiza la diferencia entre los ingresos y costos, todos actualizados a una tasa de descuento determinada. Esto implica encontrar para qué año, dentro del periodo en evaluación, se maximiza el valor actual neto (Oviedo 1997).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 AREA DE ESTUDIO

5.1.1 UBICACION GEOGRAFICA

Turrialba es el quinto cantón de la provincia de Cartago, a su vez el de mayor extensión territorial, con un área de 1644 km², que corresponde al 52% del área (Rojas y Borbón 1993). Las coordenadas geográficas medias del cantón de Turrialba están dadas por 9° 47'14" latitud norte y 83° 34'03" longitud oeste. La anchura máxima es de setenta y cinco kilómetros, en dirección noroeste a sureste desde la intersección de la línea imaginaria, límite con la provincia de Limón, en el Río Toro Amarillo hasta el Cerro Chirripó (IFAM 1987).

Cerca de 10000 ha están plantadas de café, significando un 6.8% de su extensión. La economía del cantón se basa principalmente en el cultivo de café y caña de azúcar; otras actividades como ganadería y producción de hortalizas y macadamia contribuyen a su desarrollo (Araya 1988). Durante la cosecha 1991/1992, Turrialba fue el segundo cantón de mayor producción de café en Costa Rica, generando el 8.40% de la producción nacional, con 7376 entregadores que constituyen el 5.89% del total nacional (Rojas y Borbón 1993). Cabe señalar que la producción oscila de año en año. Los registros anuales llevados por la oficina del ICAFE de Turrialba lo demuestran y puede visualizarse en el Cuadro 1.

5.1.2 RELIEVE, SUELO Y CLIMA

Las elevaciones, según IFAM (1987), en metros sobre el nivel del mar, del centro urbano de los distritos del cantón son los siguientes: Ciudad de Turrialba 646, La Suiza 616, Peralta 390, Santa Cruz 1475, Lajas 840, Pavones 819, Tuis 735, Platanillo 870 y Santa Rosa 810. El área cafetalera se concentra entre los 400 y 1200 msnm. Los tipos de café que predominan en el cantón son los Atlánticos de Altura (HGA), cultivados entre 900 y 1200 msnm, y Atlánticos Medios (MGA), entre 600 y 900 msnm; en menor medida cafés

de los tipos Estrictamente Altura (SHB), 1200 a 1700 msnm, y Atlánticos de Bajura (LGA), 300 a 600 msnm (ICAFE, 1994).

Cuadro 1. Producción de café en el cantón de Turrialba según año agrícola.

Año agrícola	Producción (fanegas)	Año agrícola	Producción (fanegas)
1991/92	307000	1995/96	243090
1992/93	176500	1996/97	216270
1993/94	230000	1997/98	172800*
1994/95	182000		

* cifra preliminar

Fuente: Ramírez, G. 1998³

El relieve de Turrialba, como el de los suelos de la meseta central, es extremadamente complejo, ya que una gran parte ha sido cubierto por materiales volcánicos recientes, y muchas de las tierras aún no han alcanzado su forma estable (Aguirre 1971).

El clima de la región es cálido y excesivamente lluvioso y húmedo, por lo que de acuerdo a Holdridge (1996) se ubica en la región de Bosque Premontano muy Húmedo. Datos climatológicos históricos obtenidos del departamento de climatología del CATIE, a partir de la estación meteorológica ubicada a una altura de 602 msnm, revelan lo siguiente:

- La temperatura media mensual es de 22.29°C, la temperatura media mensual máxima es de 27.14°C, con una media mensual mínima de 16.99°C. La precipitación media anual es 2682.5 mm, con una media mensual de 223.5 mm.
- La humedad relativa de la zona se encuentra relacionada en forma directa con la precipitación y en forma inversa a la temperatura, presentando un promedio diario de 87.7%.

³ Ramírez, G. 1998. Producción anual de café. Turrialba, Costa Rica, ICAFE. (Comunicación personal).

5.2 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

5.2.1 IDENTIFICACION DE FINCAS, DISEÑO ESTADISTICO Y SELECCION DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Inicialmente se hizo una documentación sobre la actividad cafetalera en el cantón de Turrialba, identificando fincas con plantaciones de café en sistema agroforestal con poró (*Erythrina poeppigiana.*) y en monocultivo. Se deseaba que dispusieran de plantaciones de café de diferentes edades y de registros históricos sobre manejo y rendimiento. Involucró, además, contactar a los propietarios de las fincas o a sus administradores, esto con el propósito de que proveyeran los datos requeridos para cumplir los objetivos propuestos. También se recurrió a fuentes secundarias de información sobre la actividad cafetalera del cantón de Turrialba, como las publicaciones anuales del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE).

Luego de haber identificado las fincas a investigar a través de la oficina del ICAFE, en el cantón de Turrialba y a diferentes altitudes, con cultivos de café en sistemas agroforestales con poró y monocultivos, esto es, café bajo sombra de árboles de poró y a plena exposición solar; y que a la vez llevaran registros anuales sobre rendimientos, insumos utilizados y prácticas culturales realizadas, se pasó una encuesta a propietarios y/o administradores de fincas (Anexo 1), teniéndose así el muestreo que definió el tamaño de muestra empleado posteriormente.

El diseño estadístico para la selección del tamaño de muestra de número de registros anuales de producción se hizo empleando muestreo aleatorio simple. De acuerdo a Scheaffer *et al.* (1987), el muestreo aleatorio simple es el procedimiento en el cual todas las posibles muestras de tamaño "n" que podrían extraerse de una población de tamaño "N" tienen igual probabilidad de ser seleccionadas. La variable seleccionada para determinación de tamaño de muestra fue la edad del cultivo, la cual era deseable que presentara la mayor variabilidad posible; mientras que para las otras variables involucradas se buscaba homogeneidad.

Análisis de variables cuantitativas

Se requiere alguna notación adicional para el muestreo aleatorio simple, que está contenida en el Cuadro 2. Donde:

N = tamaño de la población

n = tamaño de la muestra

Cuadro 2. Fórmulas empleadas para estimar parámetros en el Muestreo Aleatorio Simple.

Parámetro	Fórmula
Promedio	$\hat{\mu} = \bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n$
Varianza del promedio	$V(y) = 1 / (n-1) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 (1-f)/n$
Intervalo de confianza del promedio	$\bar{y} \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\hat{V}(\bar{y})}$
Error porcentual de la estimación	$Z_{\alpha/2} \sqrt{\hat{V}(\bar{y})} / \bar{y}$
Tamaño de muestra para el promedio. Población finita	$n = \frac{Ns^2}{(N-1)B^2/4 + s^2}$
Tamaño de muestra para el promedio. Población infinita	$n = 4s^2/B^2$
Total	$Y = N\bar{y}$
Varianza del total	$V(Y) = N^2 V(y)$
Intervalo de confianza del total	$y \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{V(Y)}$
Tamaño de muestra para el total	$n = \frac{Ns^2}{(N-1)B^2/4N^2 + s^2}$

$1-f = (1-n/N)$ es el factor de corrección por población finita. Si el valor de N es muy grande, el factor de corrección no se aplica porque tiende a cero. Mientras B es un valor prefijado de cota de error. Cuando el valor de B se presenta en términos porcentuales, entonces la desviación s cambia por el coeficiente de determinación s/y.

5.2.2 VARIABLES EVALUADAS

Se incluyeron series temporales, de los últimos 3 a 4 años, sobre manejo y rendimiento de las plantaciones de café evaluadas, obtenidas mediante encuestas a propietarios y/o administradores de fincas, datos que llegaron a conformar las observaciones a partir de las cuales se estimaron parámetros de modelos de regresión y se hicieron los análisis financieros pertinentes. Simultáneamente, fueron necesarios datos sobre los precios de café pagados a productores, que se obtuvieron del ICAFE o de los mismos productores y beneficiadores, y de proyecciones (Sosa 1997) presentadas en el Anexo 2. Las variables biofísicas y de manejo evaluadas se presentan a continuación:

- Densidad: Los espaciamientos cortos no son los más apropiados para el cultivo del café con sombrío. El porte de la variedad también tiene importancia en la elección de la distancia. Todo indica que es necesario estudiar cuál es el espacio entre plantas que es más aconsejable según el sistema de cultivo o manejo que pueda dársele a la plantación de café (Uribe y Mestre 1988).
- Sistema de cultivo: Como sistemas de cultivo se tienen café-poró y café como monocultivo o a pleno sol. En el caso de sistema agroforestal se evaluó también la densidad a la cual están sembrados los árboles de poró y el número de podas o descumbras anuales.
- Variedad: Comprende la variedad o cultivar sembrado de café. Las variedades comúnmente encontradas en los sistemas evaluados corresponden a Caturra, Catuai y Catimor.
- Años: Número de años durante los cuales existe evidencia que se ha tenido plantado café en una misma área. Su importancia radica en que es una variable de la cual se quiere conocer su efecto sobre el comportamiento de los rendimientos.

- Condiciones edafoclimáticas: Comprende la altitud, en metros sobre el nivel, a la que se encuentra la plantación evaluada. Se asume que otras condiciones como precipitación, suelo y pendiente son homogéneas.
- Insumos: Incluye la cantidad de insumos aplicados anualmente a una ha de café, siendo fertilizantes, plaguicidas y otros. Sirven de base para hacer estimaciones de los costos anuales de producción según sistema de cultivo.
- Sistema de poda: Esquema de poda que se sigue, teniéndose poda por ramas y poda total o recepa; la modalidad, pudiendo ser por planta, por surco o hilera o por lote; y la longitud del ciclo.
- Edad de la plantación: Esto es, el número de años transcurridos desde que los cafetos fueron plantados definitivamente en el campo. Se considera la variable más importante para explicar el comportamiento del rendimiento de las plantaciones de café en los dos sistemas de cultivo investigados.
- Rendimiento anual por hectárea: Se obtuvieron series de datos sobre rendimientos anuales en fanegas/ha para las fincas o lotes dentro de las fincas evaluadas. Constituye la variable dependiente o explicada en los modelos de regresión elaborados, también es la base en la estimación de los beneficios anuales obtenidos y que son empleados en los análisis financieros de los sistemas de producción bajo investigación.

La identificación previa de las variables involucradas, numéricas y cualitativas, que explican el comportamiento del rendimiento anual se efectuó a través de fuentes bibliográficas. Los resultados de la encuesta aplicada fueron la base para estimar parámetros de modelos econométricos que permiten predecir el momento adecuado de renovación de plantaciones de café, pudiéndose contrastar con criterios empleados actualmente por los productores para hacerlo. Los análisis financieros aplicados a los dos sistemas de producción de café investigados, considerando las diferencias que pueden presentarse en cuanto a curvas de productividad a través del tiempo, permitirían detectar si

vale la pena, para los productores, salirse de los esquemas actuales de cultivo en la búsqueda de mayor rentabilidad financiera que sea sostenible en el largo plazo.

La sostenibilidad ecológica de las plantaciones de café se midió parcialmente a través de una variable explícita, los rendimientos anuales; no incluyendo así el efecto de la tasa de descuento. También con este mismo propósito se incluyó la variable número de años en que se ha cultivado café en la misma área, que permitiría evaluar el efecto indirecto que sobre el rendimiento tienen las características del suelo, lo que proporcionaría una pauta sobre los cambios experimentados por este recurso como consecuencia de haber sido utilizado de manera continua en el cultivo de café.

5.2.3 ANALISIS DE DATOS

5.2.3.1 MODELACION ECONOMETRICA DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO PARA DETERMINACION DE TURNOS OPTIMOS DE RENOVACION

La modelación econométrica de la producción para la determinación de turnos óptimos financieros de renovación de plantaciones de café se hizo usando el paquete de computadora SAS (Statistical Analysis System) y la hoja electrónica Microsoft Excel. Los análisis financieros, por su parte, se elaboraron mediante el uso de paquetes financieros que incluyen análisis de sensibilidad como Cash Flow o bien de la hoja electrónica Excel. Los resultados fueron utilizados para hacer comparaciones entre los sistemas de producción bajo investigación, esto desde la perspectiva de turnos óptimos financieros de renovación y rentabilidad financiera a largo plazo (20 años).

Métodos econométricos estándar

Los métodos econométricos estándar se basan en la técnica de mínimos cuadrados y permiten estimar los coeficientes de las relaciones de producción para cada uno de los sistemas de cultivo de café bajo investigación. Los mínimos cuadrados constituyen una técnica matemática para calcular una línea de regresión que resume y sintetiza una relación funcional entre una variable dependiente, Y , y una serie de variables independientes, X_i , donde $i = 1, 2, 3, \dots, n$. La técnica basada en el principio de minimizar

la suma de los errores al cuadrado tiene entre otras propiedades deseables, objetividad matemática (Johnson *et al.* 1987).

Definición del modelo

Conceptualmente se trabajó con el siguiente modelo:

$$R = f (E, Esq, Sist, Ins, Den, Var, Años, Alt)$$

Donde:

- R: Rendimiento en fanegas/ha/año
- E: Edad de la plantación en años
- Esq: Esquema o ciclo de poda
- Sist: Sistema de cultivo, agroforestal o monocultivo
- Ins: Insumos aplicados
- Den: Densidad de plantas de café y poró
- Var: Variedad
- Años: Años en que se ha tenido café en la finca
- Alt: Altitud en msnm

El modelo conceptual señala que el rendimiento, en fanegas/ha/año, está en función de la edad, del esquema o ciclo de poda y del sistema de cultivo; también depende de la cantidad de insumos aplicados, densidad de plantas de café y poró, variedad, de los años que se ha tenido plantado café en la finca y de las condiciones edafoclimáticas (altitud en metros sobre el nivel del mar) como variables explicativas.

Selección de la forma funcional

Asimismo, se buscó identificar formas funcionales que permitieran describir con mayor propiedad las relaciones de producción propuestas. Hay dos aspectos fundamentales e interrelacionados a considerar cuando se selecciona la forma funcional de una ecuación de regresión (Johnson *et al.* 1987):

- Las implicaciones económicas que tiene y, por tanto, qué tan compatible es con la teoría y el conocimiento existente acerca del problema.
- Qué tan bien se adapta dicha forma funcional a los datos específicos de la investigación.

Se evaluaron las siguientes formas funcionales generales o de manera combinada para modelar rendimiento anual, buscando escoger la que mejor se ajustara al comportamiento de los datos obtenidos, presentando la mayor capacidad explicatoria posible.

a) Lineal: $R = B_0 + B_1E$

b) Polinomial: $R = B_0 + B_1E + B_2E^2 + B_3 E^3$

c) Recíproca: $R = B_0 + B_1(1/E)$

d) Lineal- Log: $R = B_0 + B_1 \ln E$

e) Log- Log: $R = B_0 E^{B_1}$

f) Log- Lineal: $\ln R = B_0 + B_1 E$

Donde R representa el rendimiento anual, E la edad de la plantación y los B_k a los parámetros de cada una de las variables independientes incluidas.

Para cada uno de los modelos de regresión generados se analizó la bondad de ajuste a través de las siguientes pruebas:

- a) Prueba "F". Esta prueba evalúa la capacidad explicativa del modelo (cada una de las ecuaciones a estimar) como un todo.

La hipótesis nula fue "El modelo no tiene capacidad explicativa alguna de la variación en el rendimiento de café (la variabilidad del rendimiento de café no es explicada por el modelo)". Así:

$$H_0: B_1 = B_2 = \dots B_k = 0 \quad \text{versus} \quad H_a: \text{Al menos un } B_k \neq 0 \text{ para cualquier } k$$

El estadístico F también fue utilizado en pruebas sobre igualdad de subconjuntos de coeficientes o coeficientes individuales. Esto es, respectivamente:

$$H_0: B_{k1} = B_{k3} = 0 \quad \text{versus} \quad H_a: B_{k1} \neq 0 \text{ y/o } B_{k3} \neq 0 \text{ para cualquier } k$$

$$H_0: B_k = 0 \quad \text{versus} \quad H_a: B_k \neq 0 \text{ para cualquier } k$$

b) Prueba "t-student". Esta prueba, por su parte, evalúa si los coeficientes de las variables contempladas en el modelo, tomados en forma individual, pueden considerarse estadísticamente diferentes de cero.

La hipótesis nula fue "El coeficiente B_k es igual a cero" ($k = 1, 2, \dots, n$). Así:

$$H_0: B_k = 0 \quad \text{versus} \quad H_a: B_k \neq 0 \text{ para cualquier } k, \text{ individualmente.}$$

Estas pruebas de hipótesis son importantes para, por ejemplo en el caso de las funciones polinómicas, discernir si es necesario incluir un término cúbico en el modelo. Alternativamente, otros términos podrían resultar redundantes en lo que concierne a su contribución para ayudar a explicar la variabilidad en el rendimiento.

c) R^2 . El coeficiente de determinación múltiple representa una medida de la proporción de la variabilidad del rendimiento a lo largo del tiempo que es explicada por el modelo de regresión. Por consiguiente, en este caso, si se desea tener un buen grado de confianza en los resultados de modelos econométricos sería deseable obtener R^2 relativamente altos. Con ello se corroboraría la alta capacidad predictiva del modelo.

Los procedimientos econométricos estándar incluyen la verificación de problemas de multicolinealidad, heteroscedasticidad y autocorrelación. La multicolinealidad ocurre sobre todo en investigación no experimental, donde las variables independientes presentan algún grado de covariación incidental entre sí. No existe un nivel suficiente de variabilidad "independiente" entre las variables exógenas del modelo.

Un posible síntoma de multicolinealidad es cocientes de "t" sumamente bajos, dificultando rechazar diversas hipótesis nulas que podrían plantearse a cerca de los valores poblacionales de los coeficientes. Es decir, que los estimados de las varianzas de algunos de los coeficientes son relativamente altos, lo que causa que pocos o ninguno de éstos sea "estadísticamente significativo", a pesar de que el R^2 del modelo sea bastante alto y la prueba "F" indique que una cierta proporción de la variabilidad de la variable dependiente está siendo explicada por el modelo.

La heteroscedasticidad y la autocorrelación son violaciones a los supuestos acerca del término del error. Hay que recordar que para cada $R_{ij} = f(\text{E, Esq, Sist, Ins, Den, Var, Años, Alt, ...}) + U_{ij}$, el término del error U_{ij} tiene una distribución estadística de la cual generalmente sólo se observa (en la muestra) una "realización" y al utilizar el método de los mínimos cuadrados se ha supuesto lo siguiente:

- a) $\text{Var}(U) = \sigma^2$ ($i = 1, 2, \dots, n$) (Varianza constante de U y por tanto del rendimiento).
- b) $\text{Cov}(U_i, U_j) = 0$ ($i = 1, 2, \dots, n$, para todos los $i \neq j$). Esto implica que una vez ajustados por el efecto de edad, los rendimientos en los diferentes años no guardan correlación estadística alguna entre sí.

La heteroscedasticidad ocurre cuando no se cumple el primer supuesto y autocorrelación cuando no se cumple el segundo. Generalmente, la heteroscedasticidad ocurre en datos de "secciones cruzadas", mientras que autocorrelación se presenta a menudo en "series temporales". Los estimadores de cuadrado mínimo del error (CME) de los coeficientes poblacionales del modelo de regresión, en el caso de manifestarse dichos fenómenos, continúan siendo no sesgados. Sin embargo, pierden su categoría de ser los más eficientes (varianza mínima) entre todos los posibles estimadores lineales de los B_k .

Los estimados aparentarán ser más precisos de lo que en realidad son y las pruebas de hipótesis, por tanto, darían un falso sentido de seguridad estadística respecto a los resultados.

Para detectar multicolinealidad, una posibilidad es llevar a cabo regresiones de cada una de las variables independientes en función de las otras, si uno o más de los R^2 resultantes es elevado se tiene un problema de multicolinealidad en la muestra; mientras que para detectar la presencia de heteroscedasticidad, las dos pruebas más comunes son las de *Goldfield-Quandt* y *Breusch-Pagan*; para autocorrelación, la de *Durbin-Watson*. Ambas se aplicaron en todos los casos. Cuando se corroboró la existencia de alguno de estos fenómenos se utilizaron procedimientos econométricos comúnmente recomendados para solventarlos (Johnson *et al.* 1987).

Construcción de funciones de producción

A partir de las relaciones de rendimiento de las plantaciones de café en función de la edad y del esquema o ciclo de poda practicado, entre otras variables, $R = f(\text{Edad})$, para cada sistema de cultivo, a las cuales se les denomina *Producto Físico Total* (PFT), pueden definirse funciones físicas de interés como (Debertin 1986):

- *Función de Ganancias* (G). Llamada también función de Beneficios Netos, es la función básica del análisis financiero de la producción y es, generalmente, la que el decisor (productor) desearía maximizar. En este caso, sin embargo, lo que el productor supondría es "miópico" debido a que su actividad productiva está limitada a un solo turno.

Dicha función miópica de Ganancias se define como la diferencia entre los Ingresos Brutos anuales (VPFT) y los Costos Totales anuales (CT). Así:

$$G = \text{VPFT} - \text{CT}$$

El máximo valor de "G" ocurriría para el año en donde la curva del Valor del Producto Físico Marginal (VPFM) se intercepta por segunda vez con la de Costo Marginal

del Turno (CMT), es decir, cuando la pendiente de la función de Valor del Producto Físico Total (VPFT) es igual a la pendiente de la curva de Costo Variable del Turno. El valor del año que satisfaga estas condiciones será el turno óptimo financiero miópico.

5.2.3.2 ANALISIS FINANCIEROS

Para la realización de los análisis financieros de los sistemas de cultivo evaluados se debieron contar con datos sobre producción y costos proporcionados por los propietarios o administradores de las fincas y/o beneficios en donde se efectuó la investigación. Como primera fase se tuvo la determinación de costos y beneficios de las fincas para los últimos 3 a 4 años, con café bajo sistema agroforestal con poró y en monocultivo, que sirvieron de base para determinar flujos de caja o análisis de costo beneficio. Seguidamente, se tuvo el cálculo de indicadores financieros como VAN, TIR y B/C. Los precios del café empleados corresponden a proyecciones hechas por Sosa (1997), añadiendo tres escenarios más, que los precios se reduzcan o incrementen en 50% y precios constantes al productor en el año agrícola 1997/98; estos escenarios de precios se presentan en el Anexo 3.

En la realización del análisis de sensibilidad de cada una de los sistemas de cultivo bajo evaluación financiera, se tomaron en cuenta como parámetros costo de la mano de obra, costo de los insumos, costos administrativos y precios de los productos finales, que de acuerdo a Aguirre (1985) son los principales factores indicadores de sensibilidad de proyectos agrícolas. De comprobarse que el efecto del tiempo, en términos de años, es negativo sobre el rendimiento del café, se trataría de estimar en cuánto tiempo los indicadores VAN, TIR y B/C demuestran que la producción de café se volvería financieramente insostenible. Esto mediante series al infinito hasta que los indicadores alcanzaran a estabilizarse.

Para lograr una maximización de las ganancias o beneficios netos de una actividad agrícola como el cultivo de café, se efectuó una optimización de los beneficios netos en forma infinita para una cantidad de años continuos de cultivo, para el caso se emplearon 20, todos actualizados a una misma tasa de descuento real, 5%, 8% y 10%, para proceder después a una actualización de los valores actuales netos en US\$ constantes de 1997 de

los diferentes períodos posibles mediante la fórmula de Faustmann. El algoritmo matemático empleado es el siguiente:

$$VAN^* = \frac{VAN}{1 - e^{-rt}}$$

Donde:

- VAN*: Valor actual neto por turno óptimo
- VAN: Valores actuales netos de los posibles periodos de renovación
- r: Tasa de actualización
- t: Longitud del turno en años
- e: Base de los logaritmos naturales

El turno de tiempo, en años, para la renovación de café se pudo identificar para aquel periodo que presentara el VAN más alto, siendo entonces el turno financiero óptimo para la renovación de las plantaciones de café.

5.2.3.3 AFINAMIENTO DEL TURNO FINANCIERO OPTIMO

La función de Ganancia o Beneficios Netos queda planteada como:

$$\text{Beneficios Netos} = \text{Ingresos Totales} - \text{Costos Totales.}$$

$$BN = VPFT (E) - [CVT (E) + CFT]$$

$$BN = p * PFT (E) - v * E - k$$

Donde p, v y k son constantes.

Dicha función es todavía una función que conduciría a un turno óptimo financiero miópico. Para obtener información sobre la rentabilidad financiera asociada con cada posible longitud de turno de poda y renovación se utilizaron como indicadores la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN).

Función de ganancia tomando en cuenta el efecto multiperíodo

Para tomar en cuenta el efecto multiperíodo, es decir, incluir el efecto de un turno de poda y renovación planificado a corto plazo versus un turno planificado a largo plazo, se hizo uso de la fórmula de Faustman:

$$\text{VANFCL} = \text{VANFC} / (1 - e^{-rE})$$

Donde:

VANFCL: Valor Actual Neto de un Flujo Constante a Largo Plazo

VANFC: El Valor Actual Neto de un Flujo Constante

r: Tasa de descuento

E: Longitud del turno (años)

A través de esta formulación se obtuvo el Valor Actual Neto de llevar a cabo un número infinito de multiperíodos de longitud E, es decir a largo plazo. La longitud de turno E que maximiza este VANFCL se considera como óptima desde el punto de vista financiero, cuando se está planificando mantener la plantación de café a largo plazo. Igualmente, tales valores de E que maximizan los VANFCL para los diferentes sistemas de manejo tuvieron que obtenerse en forma numérica.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 MODELACION ECONOMETRICA

6.1.1 ESTIMACION DEL TAMAÑO DE MUESTRA

La variable empleada para la determinación del tamaño de muestra fue la edad del cultivo en años, la cual se deseaba que presentara la mayor variabilidad posible. La fórmula utilizada, tal como se define en la metodología, fue la de tamaño de muestra para población infinita del Muestreo Aleatorio Simple, debido a que se desconoce el tamaño de la población, teniéndose:

$$N = \frac{t_{\alpha/2}^2 s^2}{\delta^2}$$

Donde:

N = tamaño de muestra

$t_{\alpha/2}^2$ = nivel de confianza (95%)

s^2 = varianza estimada

δ^2 = límite de error (10%)

Disponiendo de 60 observaciones provenientes del premuestreo se hizo la estimación del tamaño de muestra, considerando un margen de variabilidad del 10%, resultando que se requería un mínimo de 158 observaciones para alcanzar el nivel de confianza estipulado (95%). Finalmente se tuvo un total de 180 observaciones. Los resultados de la encuesta se presentan en el Anexo 4.

6.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSION

La modelación econométrica de los rendimientos anuales se efectuó para cada uno de los sistemas de cultivo identificados. Estos sistemas son el resultado de combinar café bajo sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*.) y en monocultivo con las modalidades (por plantas, hileras o lotes) y ciclos de poda (1, 3 y 5 años); obteniéndose, en total, cinco

combinaciones, denominadas como sistema 1 a sistema 5. La forma funcional seleccionada fue la polinomial, debido a que tiene la capacidad de modelar diferentes etapas de la producción. Esta forma funcional puede linealizarse y estimarse por medio del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Sistema 1. Café-poró con poda por surcos y ciclo de 3 años.

Consiste en desarrollar un programa de poda ordenado conforme a un esquema previamente establecido, que completa la renovación de una plantación en un ciclo que comprende un periodo de tiempo definido en años, en este caso 3 años. El ciclo a 3 años promueve la conformación de grupos de 3 surcos o hileras dentro de un mismo lote, donde el primer año se poda el surco número 1, el segundo año se poda el número 2 y el tercer año se poda el surco número 3, resultando en producción continua durante todos los años de la vida productiva de la plantación. En los Cuadros 3 y 4 se presentan resultados de la modelación econométrica aplicada.

Cuadro 3. Análisis de varianza de modelo de regresión para sistema 1.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob>F
Modelo	4	8514.74682	2128.68671	9.061	0.0001
Error	36	8457.34398	234.92622		
C Total	40	16972.09080			

Los parámetros del modelo de regresión, tomados de manera conjunta, resultaron ser estadísticamente significativos, esto porque el valor de F calculado (9.061) es mayor que el valor F de tablas, $F_{0.05(4,36)} = 2.64$. Como R^2 o coeficiente de determinación múltiple se obtuvo 0.5017, además un R^2 ajustado de 0.4463.

Cuadro 4. Estimados de los parámetros de modelo de regresión para sistema 1

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H ₀ : Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	19.820220	12.63205941	1.569	0.1254
ED	1	17.918917	5.56810751	3.218	0.0027
ED2	1	-1.664059	0.61799306	-2.693	0.0107
ED3	1	0.042027	0.01952611	2.152	0.0381
PORO	1	-12.775738	4.00687942	-3.188	0.0010

Las variables que resultaron ser estadísticamente significativas para explicar el rendimiento anual/ha del sistema agroforestal café-poró con poda por surcos y ciclo de 3 años fueron: edad en años (ED), edad² (ED2), edad³ (ED3) y poró (PORO) como modificador de intercepto, tomando un valor de 1.

El valor calculado para la prueba de Durbin Watson, 1.870, que detecta autocorrelación, se ubica en el intervalo (1.72, 2.28) que corresponde a la zona de no autocorrelación, al emplear un nivel de significación del 5%, con $d_L = 1.29$ y $d_U = 1.72$; para $k = 4$, número de variables explicativas, y $n = 41$, número de observaciones en la muestra. Con respecto a la prueba de Breusch-Pagan, el valor de X^2 con 4 grados de libertad y una significancia de 0.001 es 18.467, mientras que X^2 calculado es 22.4202, teniéndose existencia de heteroscedasticidad, por lo que se procedió a corregirla dividiendo el modelo por la raíz cuadrada de los valores absolutos de sus residuos, procedimiento propuesto por Johnson *et al.* (1987).

Modelo transformado para corregir heteroscedasticidad.

La medida correctiva utilizada para resolver el problema de heteroscedasticidad en el modelo de regresión para el sistema de cultivo 1 fue la división de los valores observados de todas las variables por la raíz cuadrada de los valores absolutos de sus residuos, los resultados se resumen en los Cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Análisis de varianza para modelo de regresión corregido de sistema 1.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob>F
Modelo	4	18052.611	4513.152	243.562	0.0001
Error	36	667.07159	18.52977		
C Total	40	18719.6828			

Los parámetros del modelo de regresión, tomados de manera conjunta, resultaron ser estadísticamente significativos, esto porque el valor de F calculado (243.562) es mayor que el valor F de tablas, $F_{0.05(4,36)} = 2.64$. Como R^2 o coeficiente de determinación múltiple se obtuvo 0.9644, con un R^2 ajustado de 0.9604.

Cuadro 6. Estimados de los parámetros de modelo corregido para sistema 1.

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for Ho: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	0.256365	1.05146850	0.244	0.8088
ED	1	26.233060	1.05370308	24.896	0.0001
ED2	1	-2.561545	0.14632784	-17.506	0.0001
ED3	1	0.068529	0.00514388	13.322	0.0001
PORO	1	-12.270660	2.90217805	-4.228	0.0001

El valor calculado para la prueba de Durbin Watson, que detecta autocorrelación, se ubica fuera del intervalo (1.72, 2.28) que corresponde a la zona de no autocorrelación, al emplear un nivel de significación del 5%, con $d_L = 1.30$ y $d_U = 1.72$. Mientras que al emplear un nivel de significancia del 1% no se presenta autocorrelación, al ubicarse dentro del intervalo (1.53, 2.89), con $d_L = 1.11$ y $d_U = 1.53$. La prueba de Breusch-Pagan revela que el modelo de regresión no presenta heteroscedasticidad, se tiene varianza constante, con una significancia estadística de 0.075; esto porque el X^2 calculado es 8.49376, mientras que el X^2 de tablas con 4 grados de libertad es 18.467.

El modelo econométrico original explica un 50.17% de la variabilidad de los rendimientos anuales de café; mientras que al transformar el modelo dividiéndolo por la raíz cuadrada de los valores absolutos de los residuos para corregir heteroscedasticidad se

tiene un R^2 del 96.44%. De acuerdo a los parámetros de las variables incluidas en el modelo de regresión, la edad del cultivo afecta de manera lineal, cuadrática y cúbica el comportamiento del rendimiento anual; indicando que el rendimiento es creciente al inicio hasta alcanzar un máximo, luego es decreciente; mientras que la presencia de árboles de poró en la plantación reduce en 12.27 fanegas/ha/año la producción con respecto al monocultivo, al actuar como modificador de intercepto. Las estimaciones de rendimientos anuales se presentan gráficamente en el Anexo 5, Figura 1.

Sosa (1997), tratando de modelar econométricamente rendimiento de café en sistemas agroforestales, no encontró modelo alguno que además de validez estadística (prueba F) y capacidad de predicción (R^2 alto) contara con algunos coeficientes de regresión significativos para explicar el comportamiento de los rendimientos en función de variables de manejo, factores de tiempo y espacio como edad del cafetal y del tejido productivo, o bien condiciones de sitio como pendiente y forma del terreno y fertilidad del suelo; además, componentes biológicos no considerados en el modelo como variedad.

Sistema 2. Café en monocultivo con poda por surcos y ciclo de 3 años.

Los resultados de la modelación del rendimiento anual empleando análisis de regresión como herramienta econométrica para el sistema 2 se presentan en los Cuadros 7 y 8. El principio en que se basa la selección de los surcos o hileras que se podan anualmente es el mismo del sistema 1.

Cuadro 7. Análisis de varianza para modelo de regresión de sistema 2.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob>F
Modelo	4	8514.74682	2128.68671	9.061	0.0001
Error	36	8457.34398	234.92622		
C Total	40	16972.09080			

Los parámetros del modelo de regresión, tomados de manera conjunta, resultaron ser estadísticamente significativos, esto porque el valor de F calculado (9.061) es mayor

que el valor F de tablas, $F_{0.05(4,36)} = 2.64$. Como R^2 o coeficiente de determinación múltiple se obtuvo 0.5017, con un R^2 ajustado de 0.4463.

Cuadro 8. Estimados de los parámetros de modelo de regresión para sistema 2.

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H_0 : Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	19.820220	12.63205941	1.569	0.1254
ED	1	17.918917	5.56810751	3.218	0.0027
ED2	1	-1.664059	0.61799306	-2.693	0.0107
ED3	1	0.042027	0.01952611	2.152	0.0381
PORO	1	-12.775738	4.00687942	-3.188	0.0010

Las variables que resultaron estadísticamente significativas para explicar el rendimiento de café en monocultivo con poda por surcos y ciclo de 3 años fueron edad (ED), edad² (ED2), edad³ (ED3) y poró (PORO) como modificador de intercepto, tomando un valor de 0 por tratarse de café como monocultivo.

El valor calculado para la prueba de Durbin Watson, 1.870, que detecta autocorrelación, se ubica en el intervalo (1.72, 2.28) que corresponde a la zona de no autocorrelación, al emplear un nivel de significación del 5%, con $d_L = 1.29$ y $d_U = 1.72$. El valor de X^2 con 4 grados de libertad y una significancia de 0.001 es 18.467, mientras que el X^2 calculado mediante la prueba de Breusch-Pagan es 22.4202, teniéndose que existe heteroscedasticidad; por tanto, los parámetros estimados no son los más eficientes, violándose uno de los supuestos de los estimadores de mínimos cuadrados.

Modelo transformado para corregir heteroscedasticidad.

Al transformar el modelo econométrico del sistema 2, con el propósito de corregir la presencia de heteroscedasticidad, se obtuvieron los resultados que se presentan en los Cuadros 9 y 10.

Cuadro 9. Análisis de varianza para modelo corregido de sistema 2.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob>F
Modelo	4	18052.611	4513.152	243.562	0.0001
Error	36	667.07159	18.52977		
C Total	40	18719.6828			

Los parámetros del modelo de regresión, tomados de manera conjunta, resultaron ser estadísticamente significativos, esto como consecuencia de que el valor de F calculado (243.562) es mayor que el valor F de tablas, $F_{0.05(4,36)} = 2.64$. Como R^2 o coeficiente de determinación múltiple se obtuvo 0.9644, con un R^2 ajustado de 0.9604.

Cuadro 10. Estimados de los parámetros de modelo de regresión corregido para sistema 2.

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for Ho: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	0.256365	1.05146850	0.244	0.8088
ED	1	26.23306	1.05370308	24.896	0.0001
ED2	1	-2.561545	0.14632784	-17.506	0.0001
ED3	1	0.068529	0.00514388	13.322	0.0001
PORO	1	-12.27066	2.90217805	-4.228	0.0010

El valor calculado para la prueba de Durbin Watson, que detecta autocorrelación, se ubica fuera del intervalo (1.72, 2.28) que corresponde a la zona de no autocorrelación, al emplear un nivel de significación del 5%, con $d_L = 1.30$ y $d_U = 1.72$. Mientras que con un nivel de significancia del 1% no se presenta autocorrelación al colocarse dentro del intervalo (1.53, 2.89), con $d_L = 1.11$ y $d_U = 1.53$. Tomando como base la prueba de Breusch-Pagan, el modelo de regresión no presenta heteroscedasticidad con una significancia de 0.075; el valor del X^2 calculado es 8.49376

El modelo explica un 50.17% de la variabilidad de los rendimientos anuales de café; mientras que al transformar el modelo dividiéndolo por la raíz cuadrada de los valores absolutos de los residuos para corregir heteroscedasticidad se tiene un R^2 del 96.44%, teniéndose también estimados más eficientes (menor varianza) de los parámetros

poblacionales. La edad del cultivo afecta de manera lineal, cuadrática y cúbica el comportamiento del rendimiento anual, de acuerdo a los coeficientes de las variables incluidas en el modelo de regresión y que resultaron ser significativas estadísticamente. Las estimaciones de rendimientos anuales se presentan en el Anexo 5, Figura 2.

Sistema 3. Café-poró con poda por lotes y ciclo de 5 años.

El fundamento de renovación sistemática de cafetos en una plantación a través de la poda por lotes coincide con el criterio definido para la poda por surcos o hileras y comparte similares ventajas, pero difiere en que la organización de las áreas a renovar se realiza por lotes y no por surcos. De esta manera la plantación o finca se divide en partes iguales o lotes, según la longitud del ciclo a establecer, resultando en que se tiene producción continua por 4 años al cabo de los cuales se tiene un año sin producción en cada lote en particular. Los resultados de la modelación econométrica se presentan a continuación en los Cuadros 11 y 12.

Cuadro 11. Análisis de varianza para modelo de regresión de sistema 3.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob>F
Modelo	6	40727.30091	6787.88348	12.596	0.0001
Error	46	24789.57456	538.90379		
C Total	52	65516.87547			

Los parámetros de la ecuación de regresión, tomados de manera conjunta, resultaron ser estadísticamente significativos, esto porque el valor de F calculado (12.596) es mayor que el valor F de tablas, $F_{0.05(6,36)} = 2.31$. Como R^2 o coeficiente de determinación múltiple se obtuvo 0.6216 y un R^2 ajustado de 0.5723.

Cuadro 12. Estimados de los parámetros de modelo de regresión para sistema 3.

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for Ho: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-14.505405	16.43565958	-0.883	0.3821
ED	1	5.435000	3.79467026	1.432	0.1588
ED2	1	-0.379546	0.22754165	-1.668	0.1021
A1	1	17.312317	10.99263368	1.575	0.1221
A2	1	66.391511	10.33864688	6.422	0.0001
A3	1	43.512160	10.66185905	4.081	0.0002
A4	1	69.086696	11.05839987	6.247	0.0001

Las variables que resultaron ser estadísticamente significativas para explicar el rendimiento del sistema agroforestal café-poró con poda por lotes y ciclo de 5 años fueron edad (ED), edad² (ED2) y el año dentro del ciclo de poda en que se encuentre la plantación (A1 = año 1, A2 = año 2, A3 = año 3, A4 = año 4 y A5 = año 5) como modificador de intercepto, habiéndose eliminado la categoría A5 que corresponde al quinto año dentro del ciclo con el propósito de eliminar la trampa de las variables artificiales (Johnson *et al.* 1987). Para un nivel de significancia del 5% los parámetros de las variables A2 y A4, años 2 y 4 dentro del ciclo de poda, no son diferentes estadísticamente.

El valor calculado para la prueba de Durbin Watson, 2.153, que detecta autocorrelación, se ubica dentro del intervalo (1.77, 2.23) que corresponde a la zona de no autocorrelación, al emplear un nivel de significación del 5%, con $d_L = 1.36$ y $d_U = 1.77$; para $k = 6$ y $n = 53$. Al efectuar la prueba de Breusch-Pagan se detectó que el modelo de regresión presenta heteroscedasticidad si se emplea una significancia de 0.001, con un X^2 de 39.2871, por lo que se procedió a corregirla mediante la división de los valores de las variables por la raíz cuadrada del valor absoluto de los residuos, obteniéndose estimados más eficientes de los parámetros del modelo.

Modelo transformado para corregir heteroscedasticidad.

Los resultados obtenidos al transformar el modelo de regresión para el sistema 3 se presentan en los Cuadros 13 y 14. La transformación consistió en dividir los valores de cada una de las variables por la raíz cuadrada de los valores absolutos de los residuos.

Cuadro 13. Análisis de varianza para modelo corregido de sistema 3.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob>F
Modelo	6	6790.47465	1131.74578	49.940	0.0001
Error	46	1042.44876	22.66193		
C Total	52	7832.92342			

La ecuación de regresión resultó ser significativa debido a que el valor F calculado (49.9409) es mayor que el F de tablas, $F_{0.05(6,36)} = 2.31$. Como R^2 o coeficiente de determinación múltiple se obtuvo 0.8669, con un R^2 ajustado de 0.8496.

Cuadro 14. Estimados de los parámetros para modelo corregido de sistema 3.

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for Ho: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-1.358495	1.46882944	-0.925	0.3599
ED	1	2.846367	1.16607028	2.441	0.0186
ED2	1	-0.262697	0.08731053	-3.009	0.0042
A1	1	15.525458	5.00054529	3.105	0.0033
A2	1	75.423088	5.56650480	13.549	0.0001
A3	1	46.021274	5.78191613	7.960	0.0001
A4	1	54.536275	5.89925229	9.245	0.0001

El valor calculado para la prueba de Durbin Watson, 2.014, que detecta autocorrelación, está incluido en el intervalo (1.77, 2.23) que corresponde a la zona de no autocorrelación, al emplear un nivel de significación del 5%, con $d_L = 1.36$ y $d_U = 1.77$. Mediante la prueba de Breusch-Pagan se encontró un valor para X^2 de 17.6117, con 6 grados de libertad, teniéndose que no hay presencia de heteroscedasticidad si se

establece una significancia de 0.007. Implicando este resultado que los parámetros estimados son los más eficientes.

El modelo explica un 62.16% de la variabilidad de los rendimientos anuales, siendo significativa la presencia de las variables edad, lineal y cuadráticamente, y el año dentro del ciclo de poda en que se encuentre la plantación, se aclara que esta última variable es incluida en el modelo como modificador de intercepto. Cuando se transforma el modelo para corregir heteroscedasticidad, el coeficiente de determinación múltiple, R^2 , sube a 86.69%; esta transformación también genera estimados más eficientes de los parámetros poblacionales, con menor varianza.

La edad tiene un efecto lineal positivo de 2.846 fanegas/ha/año y cuadrático negativo de 0.2627 fanegas/ha/año sobre el rendimiento, indicando que el rendimiento anual llega a un máximo a partir del cual es decreciente; la variable año dentro del ciclo de poda incluida como modificador de intercepto hace incrementar la producción en 15.52 fanegas/ha en el año 1 del ciclo, 75.42 en el año 2, 46.02 en el año 3, 54.54 en el año 4; mientras que el año 5 es la categoría-omitida por tratarse de una variable cualitativa, además es el año para el que no se presenta producción. En la Figura 3 del Anexo 5 se presentan las estimaciones de rendimiento anual según edad del cultivo.

Sistema 4. Café en monocultivo con poda por lotes y ciclo de 5 años.

Los Cuadros 15 y 16 contienen los resultados de la modelación econométrica aplicada al sistema 4. El principio que subyace en la decisión sobre cuál lote podar cada año es idéntico al del sistema 3; implicando que se tiene producción continua durante 4 años, al cabo de los cuales se tiene un año sin producción, cerrándose así el ciclo establecido.

Cuadro 15. Análisis de varianza para modelo de regresión de sistema 4.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob>F
Modelo	6	49001.64427	8166.94071	13.573	0.0001
Error	37	22262.52092	601.68975		
C Total	43	71264.16519			

Los parámetros de la ecuación de regresión, tomados de manera conjunta, resultaron ser estadísticamente significativos, esto porque el valor de F calculado (13.573) es mayor que el valor F de tablas, $F_{0.05(6,37)} = 2.36$. Como R^2 o coeficiente de determinación múltiple se obtuvo 0.6876, con un R^2 ajustado de 0.6369.

Cuadro 16. Parámetros estimados para modelo de regresión de sistema 4.

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for Ho: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	1.875214	12.52992346	0.150	0.8818
ED	1	-1.313489	0.66621714	-1.972	0.0562
A1	1	17.168421	11.91936973	1.440	0.1582
A2	1	83.475537	13.09198423	6.376	0.0001
A3	1	62.159227	12.29732728	5.055	0.0001
A4	1	48.927412	11.84551152	4.130	0.0002
VAD	1	14.057536	7.70113004	1.825	0.0350

Como variables estadísticamente significativas para explicar el rendimiento de café en monocultivo con poda por lotes y ciclo de 5 años resultaron ser la edad (ED) de manera lineal, el año dentro del ciclo de poda en que se encuentre la plantación (A1, A2, A3, A4 y A5) como modificador de intercepto, y variedad (VAD) también como modificador de intercepto, tomando el valor de 1 si la variedad es Caturra, 0 en otro caso.

El valor calculado para la prueba de Durbin Watson, 1.674, que detecta autocorrelación, pertenece al intervalo (1.29, 1.78) que corresponde a una zona de indecisión, al emplear un nivel de significación del 5%, con $d_L = 1.29$ y $d_U = 1.78$; mientras al emplear un nivel de significación del 1% cae en el intervalo de no autocorrelación (1.58,

2.42), con $d_L = 1.11$ y $d_U = 1.58$; para $k = 6$ y $n = 44$, número de parámetros y de observaciones, respectivamente. La prueba de Breusch-Pagan revela que el modelo de regresión no presenta heteroscedasticidad si se emplea una significancia de 0.004, con un χ^2 calculado de 18.9527 con 6 grados de libertad. Resultando, por tanto, en estimados eficientes de los parámetros del modelo de regresión.

El modelo de regresión explica un 68.76% de la variabilidad anual de los rendimientos de la plantación de café. No se presentó autocorrelación ni heteroscedasticidad, en consecuencia no fue necesario efectuar transformaciones del modelo. La Figura 4 del Anexo 5 presenta las estimaciones de rendimiento anual para café cultivado bajo el sistema 4.

La edad tiene un efecto lineal negativo de 1.31 fanegas/ha/año sobre el rendimiento, la variable año dentro del ciclo de poda incluida como modificador de intercepto hace incrementar la producción en 17.168 fanegas/ha en el año 1, 82.475 en el año 2, 62.159 en el año 3, 48.927 en el año 4, mientras que el año 5 es la categoría omitida por tratarse de una variable cualitativa. La presencia de la variedad Caturra en la plantación de café hace incrementar la producción en 14.057 fanegas/ha/año.

Sistema 5. Café-poró con poda anual por planta.

Mediante la poda individual se realiza una selección de las plantas que se muestran agotadas después de cada cosecha. Cuando las plantas presentan ejes improductivos como otros con preparación para la siguiente cosecha, se someten a poda únicamente los ejes agotados. Este sistema se fundamenta en el criterio de manejo de poda de verticales o tallos múltiples y sus variantes, según el cual anualmente se poda la cuarta o quinta parte de plantas que poseen cuatro o cinco ejes, con el objetivo de formar nuevos tallos de producción de manera escalonada, la cual se presenta todos los años de la vida productiva de la plantación. Los resultados de la modelación econométrica aplicada están contenidos en el Cuadro 17 y en el Cuadro 18.

Cuadro 17. Análisis de varianza para modelo de regresión de sistema 5.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob>F
Modelo	3	583.92718	194.64239	3.874	0.0177
Error	33	1657.92325	50.24010		
C Total	36	2241.85043			

Los parámetros de la ecuación de regresión, tomados de manera conjunta, resultaron ser estadísticamente significativos aplicando la prueba F, teniéndose que el valor calculado de F (3.874) es mayor que el valor F de tablas, $F_{0.05(3,33)} = 2.89$. Como R^2 o coeficiente de determinación múltiple se obtuvo 0.2605, con un R^2 ajustado de 0.1932.

Cuadro 18. Estimados de los parámetros de modelo de regresión para sistema 5.

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for Ho: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	17.321292	6.73851843	2.570	0.0149
ED	1	3.829380	1.22320425	3.131	0.0036
ED2	1	-0.142971	0.04344943	-3.291	0.0024
VAD	1	-0.301107	0.22735847	-1.324	0.1945

Las variables que resultaron ser estadísticamente significativas para explicar el rendimiento anual del sistema agroforestal café-poró con poda por planta y ciclo de 1 año fueron edad en años (ED), edad² (ED2) y variedad (VAD) como modificador de pendiente asociada a la variable edad, interactuando cuando la variedad es Caturra.

El valor calculado para la prueba de Durbin Watson, 2.371, que detecta autocorrelación, se localiza dentro del intervalo (2.34, 2.69) que corresponde a una zona de indecisión, al emplear un nivel de significación del 5%, con $d_L = 1.31$ y $d_U = 1.66$; mientras que al utilizar una significación del 1% el valor calculado de la prueba se ubica en el intervalo de no autocorrelación (1.45, 2.55), con $d_L = 1.11$ y $d_U = 1.45$; para $k = 3$ y $n = 37$, grados de libertad y número de observaciones, respectivamente. Según la prueba de Breusch-Pagan, la probabilidad asociada al X^2 calculado, 22.5407, es cero, por lo que el modelo de regresión presenta heteroscedasticidad si se emplea una significancia de 0.001,

procediéndose a corregirla dividiendo los valores que todas las variables por la raíz cuadrada de los valores absolutos de los residuos.

Modelo transformado para corregir heteroscedasticidad.

Los resultados de la modelación transformada para corregir presencia de heteroscedasticidad en el sistema 5 se presentan en los Cuadros 19 y 20.

Cuadro 19. Análisis de varianza para modelo corregido de sistema 5.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F	Prob>F
Modelo	3	2759.75320	919.91773	102.923	0.0001
Error	33	294.95271	8.93796		
C Total	36	3054.70591			

Los parámetros de la ecuación de regresión, tomados de manera conjunta, resultaron ser estadísticamente significativos aplicando la prueba F, teniéndose que el valor calculado de F (102.923) es mayor que el valor F de tablas, $F_{0.05(3,33)} = 2.89$. Como R^2 o coeficiente de determinación múltiple se obtuvo 0.9034, con un R^2 ajustado de 0.8947.

Cuadro 20. Estimados de los parámetros de modelo de regresión corregido para sistema 5.

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for Ho: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	2.259066	1.07083266	2.110	0.0426
ED	1	6.073281	0.49098271	12.370	0.0001
ED2	1	-0.224587	0.01804605	-12.445	0.0001
VAD	1	-0.297320	0.19727164	-1.507	0.1413

El valor calculado para la prueba de Durbin Watson, 1.995, que detecta autocorrelación, se encuentra en el intervalo (1.66, 2.34) que corresponde a una zona de no autocorrelación, al emplear un nivel de significación del 5%, con $d_L = 1.31$ y $d_U = 1.66$. No se acepta la hipótesis de presencia de heteroscedasticidad al emplear una significancia de 0.007, al tenerse un X^2 calculado, 12.0609 con 3 grados de libertad, de acuerdo a la

prueba de Breusch-Pagan. Por tanto, se tienen estimados eficientes de los parámetros del modelo de regresión.

El 26.05% de la variabilidad anual de los rendimientos es explicada por el modelo de regresión, que incluye como variables explicatorias a la edad en años, de manera lineal y cuadrática, y la variedad, si se empleara una significancia de al menos 14%. Sin embargo, al hacer la corrección de la heteroscedasticidad mediante la división de los valores que toman todas las variables por la raíz cuadrada de los valores absolutos de los residuos, el coeficiente de determinación múltiple se incrementa a 90.34%, y los errores estándares se reducen indicando que los parámetros estimados son más eficientes.

La edad tiene un efecto lineal positivo de 3.829 fanegas/ha/año y cuadrático negativo de 0.143 fanegas/ha/año sobre el rendimiento de café, implicando que el rendimiento anual es creciente hasta alcanzar un punto máximo y luego es decreciente. La ausencia de la variedad Caturra en la plantación de café hace disminuir la producción en 0.297320 fanegas/ha/año, al actuar como una variable modificadora de pendiente en interacción con la variable edad. El intercepto resultó ser estadísticamente significativo, indicando que se tiene un rendimiento anual de 17.32 fanegas/ha/año que no depende de la edad ni de la variedad cultivada. Las estimaciones de rendimientos anuales efectuadas se presentan en la Figura 5 del anexo 5.

Cada uno de los cinco sistemas de cultivo finalmente identificados presenta un patrón de producción diferente a lo largo de su vida productiva, aclarándose que sólo se evaluaron 20 años por no disponerse de datos para cafetales de mayor edad. La variable edad es estadísticamente significativa en todos los modelos de regresión, implicando que explica en alguna medida el rendimiento anual, cuyo efecto es generalmente negativo luego de alcanzar un punto máximo. En términos absolutos, café como monocultivo llega a picos de producción más altos que café bajo sombra de poró. Otras variables significativas fueron la presencia o ausencia de poró y la variedad de café presente.

6.2 ANALISIS FINANCIEROS

6.2.1 INGRESOS Y COSTOS ANUALES

La estimación de ingresos se efectuó para una vida productiva de 20 años de las plantaciones. Tal estimación está basada en los rendimientos anuales predichos para cada uno de los cinco sistemas de cultivo identificados, empleando modelos de regresión (Anexo 5); mientras que los precios propuestos provienen de estimaciones y proyecciones llevadas a cabo por Sosa (1997), Anexo 2, a las que se le añadieron tres escenarios más: una reducción y un incremento del 50% en los precios anuales, y un precio constante para todos los años, el cual corresponde al precio pagado a productores en el año agrícola 1997/98. A todos los precios considerados se les descuenta el costo de cosecha, que simultáneamente se descuenta de los costos para facilitar los cálculos. Se asume que no habrá cambio tecnológico que lo altere durante el tiempo incluido en el análisis. Los resultados se presentan en el Anexo 6:

Para la estimación de costos anuales en cada uno de los cinco sistemas de cultivo de café identificados se hizo una división en tres rubros principales: 1) costo de insumos, 2) costo de mano de obra y 3) otros costos (costos administrativos, cargas sociales, depreciación y mantenimiento de construcciones, maquinaria y equipos e impuestos). Esta clasificación se basa en estudios sobre costos de producción llevados a cabo por el Departamento de Estudios Agrícolas, Económicos y Liquidaciones del ICAFE (Rojas 1998). Como base de estimación se tuvieron datos proporcionados por productores de café entrevistados, Rojas (1998) y Hernández (1995). De manera detallada las estructuras de costos anuales por sistema de cultivo se presentan en el Anexo 7. Mientras que los ingresos, costos y beneficios netos anuales se resumen en el Anexo 3.

6.2.2 EVALUACION FINANCIERA PARA UN PERIODO DE 20 AÑOS

El Cuadro 21, estimado en base al Anexo 3, muestra que se encontraron diferentes valores para los índices financieros en cada caso analizado. En el escenario 1, con precios estimados por Sosa (1997) y tasa de descuento real del 10%, el VAN oscila entre un valor mínimo de US\$12686.82 para café en sistema agroforestal con poda anual por planta y un máximo de US\$66548.28 en monocultivo con poda por surcos y ciclo de 3 años con 5% como tasa de descuento. Similar patrón se presenta en los escenarios 2 y 3, que corresponden a los precios estimados por Sosa (1997) reducidos e incrementados en 50%, respectivamente. En el escenario 4, donde se tiene un precio constante de US\$66.41/fanega, el VAN máximo se obtiene en el monocultivo con poda por surcos y ciclo de 3 años y el mínimo, que además es negativo, en el sistema 5.

La Relación B/C en el escenario 1 oscila entre 2.98 y 1.66, señalando la viabilidad financiera de todos los sistemas de producción, esto porque el retorno esperado por cada unidad monetaria es mayor que la unidad; ocurre lo mismo en el escenario 3, donde el B/C varía entre un mínimo de 2.37 a un máximo de 4.48. Situación diferente ocurre en los escenarios 2 y 4, donde se tienen valores menores que 1, indicando que el retorno esperado es menor que la cantidad invertida; en este contexto se estaría incurriendo en pérdidas en estos dos últimos escenarios para el sistema 5. En términos generales, los mayores valores para este índice los presentan los sistemas 2 y 4.

La Tasa Interna de Retorno presenta, para los cuatro escenarios de precios considerados en la investigación, valores positivos, con la excepción de 2 casos. La TIR máxima es del orden de 116% para el monocultivo con poda por lotes y ciclo de 5 años en el escenario 3, y la mínima positiva es de 5% también para el monocultivo con poda por lotes y ciclo de 5 años, pero en el escenario de precios 4. Como valores negativos para este índice financiero se tienen -2% y -4% en los escenarios 2 y 4 del sistema agroforestal con poda anual por planta, estos valores negativos indican que este sistema no es viable financieramente bajo los escenarios de precios referidos. En cero sólo para el sistema 3 en el escenario de precios 4.

Hernández (1995), evaluando café bajo cuatro densidades de laurel (0, 100, 200 y 300 árboles/ha), en Turrialba, encontró que la TIR calculada en los cuatro sistemas estaban por encima del costo de oportunidad del capital, 6% como tasa de interés real, y en ese sentido el sistema a pleno sol tendría ventaja, resultado de presentar una TIR de 73.2% y una relación B/C de 1.8; mientras que los tres sistemas restantes, con 100, 200 y 300 árboles de laurel/ha, presentaron 66.3%, 59.0% y 51.1% como TIR, y 2.2, 2.1 y 2.0 como relación B/C, respectivamente. Concluyendo que para productores que tienen disponibilidad de capital y buscan maximizar ganancias, café a pleno sol es la mejor alternativa; mientras que para productores con poca disponibilidad de capital, pero que cuentan con mano de obra familiar, los sistemas con sombra son la mejor alternativa.

Al efectuar análisis de sensibilidad de los sistemas de cultivo evaluados durante un periodo de 20 años, Hernández (1995) encontró que en café a pleno sol, la TIR y la relación B/C se incrementan a 109% y 2.6, respectivamente, si los precios del café suben en 50%; mientras que los mismos indicadores se reducen a 13% y 0.9, respectivamente, si los precios del café disminuyeran en 50%. Resultados que corresponden a una tasa de descuento del 6%.

Los análisis financieros efectuados revelan la sensibilidad de la rentabilidad de una actividad agrícola como la caficultura, cuando ocurren oscilaciones en precios y tasas de descuento. Sin embargo, cuando se presentan estas situaciones, los productores recurren a estrategias para mitigar su efecto, buscando mantener cierto margen de beneficios o al menos no incurrir en pérdidas; por ejemplo, reducciones en el uso de insumos y en la intensidad de las labores de cultivo. Normalmente sucede por la volatilidad de los precios del café que son dictados por el mercado internacional.

Cuadro 21. Índices financieros estimados según sistema de cultivo, tasa de descuento y escenario de precios propuesto.

Sistema\Escenario	Escenario 1			Escenario 2			Escenario 3			Escenario 4		
	VAN (US\$)	B/C	TIR	VAN (US\$)	B/C	TIR	VAN (US\$)	B/C	TIR	VAN (US\$)	B/C	TIR
Sistema 1	5%	49998.30	2.60	9371.00	1.30		90625.61	3.90		7706.75	1.25	
	8%	39563.49	2.55	7045.59	1.28	26%	72081.39	3.90	98%	5674.07	1.22	23%
	10%	34116.30	2.51	5763.45	1.26		62469.15	3.77		4548.00	1.20	
Sistema 2	5%	66548.28	2.98	16505.02	1.49		116591.53	4.48		14486.16	1.43	
	8%	52411.82	2.92	12541.11	1.46	33%	92282.53	4.38	110%	10880.84	1.40	31%
	10%	45119.60	2.86	10442.46	1.43		79796.74	4.29		8972.66	1.37	
Sistema 3	5%	26591.61	1.84	-2534.74	0.92		55717.95	2.76		-3734.37	0.88	
	8%	21991.85	1.85	-1979.02	0.92	12%	45962.72	2.77	108%	-2986.23	0.88	0%
	10%	19460.28	1.84	-1819.74	0.92		40740.30	2.76		-2723.57	0.88	
Sistema 4	5%	36914.69	2.06	1289.01	1.04		72540.37	3.11		-75.18	1.00	
	8%	29100.51	2.03	489.10	1.02	10%	57711.93	3.05	116%	-646.72	0.98	5%
	10%	25126.34	2.00	52.78	1.00		50199.89	3.01		-962.26	0.96	
Sistema 5	5%	23388.00	1.77	-3494.16	0.88		50271.18	2.65		-4472.49	0.85	
	8%	13206.66	1.66	-4267.80	0.83	-2%	36681.11	2.48	47%	-5045.98	0.80	-4%
	10%	12686.82	1.58	-4623.74	0.79		29997.39	2.37		-5259.68	0.76	

6.2.3 TURNOS FINANCIEROS OPTIMOS MONOPERIODICOS

El turno óptimo financiero de las plantaciones de café investigadas varía según el sistema de cultivo empleado, los resultados están incluidos en los Cuadros 22 y 23. En el Cuadro 22 se resumen los turnos óptimos financieros cuando se planta café durante un solo periodo, señala el año en que se maximiza VAN; mientras que el Cuadro 23 presenta los turnos óptimos financieros cuando se planta café continuamente durante un número infinito de periodos en una misma área.

En el Cuadro 22 puede visualizarse que el sistema 1, café-poró con poda por surcos o hileras y ciclo de 3 años, presenta turnos óptimos financieros monoperiódicos entre 15 y 20 años, siendo estos los años en que el Valor actual Neto se maximiza durante la vida productiva de la plantación. Con condiciones de precios como las propuestas en los escenarios 1 y 3, y con tasas de descuento reales entre 5 y 10%, el VAN se maximiza hasta los 20 años; mientras que si los precios se asemejan a los propuestos en los escenarios 2 y 4, pero con similares tasas de descuento, los turnos óptimos financieros serían de 15 años. En todos los casos, la Relación B/C es mayor que 1.

En café como monocultivo con poda por surcos y ciclo de 3 años, sistema 2, el VAN se maximiza a los 20 años, no importando el escenario de precios ni la tasa de descuento, entre los propuestos, que se presente. La diferencia es marcada por los valores que alcanza tal indicador, que van de un mínimo de US\$10442.46 en el escenario 3 con tasa de descuento del 10% y un máximo de US\$116591.53 en el escenario de precios 4 con tasa de descuento del 10%. La Relación B/C presenta únicamente valores mayores que 1, entre 2.86 y 1.37.

Para el sistema 3, café-poró con poda por lotes y ciclo de 5 años, los turnos óptimos financieros monoperiódicos van de 0 a 18 años. Cero ocurre para aquellas condiciones de precios y tasas de descuento en las que el VAN nunca llega a ser positivo. Los turnos más largos, 18 años, están relacionados con las mejores condiciones de precios, escenarios 1 y 3; mientras que los turnos de 15 y 10 años son para los precios más deprimidos, escenarios 2 y 4, excepto cuando las condiciones son las del escenario 1 y con tasa de

descuento del 10%. La Relación B/C no toma valores en aquellos casos para los cuales el VAN nunca alcanza valores positivos, sin embargo, es mayor que 1 en los demás casos.

El monocultivo con poda por lote y ciclo de poda de 5 años, sistema 4, presenta turnos óptimos financieros monoperiódicos de 20, 15, 10 y 0 años. Los turnos de 20 años son para los escenarios más optimistas de precios, el 1 y el 3; los turnos de 15 años son para el escenario 2; y los turnos de 10 años ocurren para el escenario 4 con tasas de descuento del 5 y 8%. Cuando la tasa de descuento es del 10% el VAN nunca llega a ser positivo. La Relación B/C va desde 3.11 a 1.00

Turnos óptimos financieros monoperiódicos de 20 años como mínimo se obtienen para el sistema agroforestal con poda anual por planta, denominado sistema 5. Estos turnos suceden para los escenarios 1 y 3, bajo las tres tasas de descuento propuestas; también en estos escenarios la Relación B/C va de 1.58 a 2.65. Bajo las condiciones de precios que suponen los escenarios 2 y 4, los turnos óptimos serían de 0 años, resultado que el VAN nunca llega a alcanzar valores positivos dentro del periodo de evaluación; bajo estas mismas condiciones el B/C no presenta valor alguno.

Los resultados presentados en este apartado asumen que la actividad cafetalera es monoperiódica, es decir, que una vez finalizado un periodo no vuelve a comenzarse otro, no importando lo que ocurra después desde el punto de vista financiero. Sin embargo, este supuesto no necesariamente se apega a la realidad, en donde una vez agotada una plantación, los productores vuelven a plantar café nuevamente. Es por esta razón que se estiman turnos óptimos financieros multiperiódicos, que suponen que la actividad cafetalera se mantiene permanentemente mediante un proceso de renovaciones constantes.

Cuadro 22. Turnos financieros óptimos monopериódicos según sistema de cultivo, tasa de descuento y escenario de precios propuesto.

Sistema\Escenario	Escenario 1			Escenario 2			Escenario 3			Escenario 4			
	Años	VAN (US\$)	B/C	Años	VAN (US\$)	B/C	Años	VAN (US\$)	B/C	Años	VAN (US\$)	B/C	
Sistema 1	5%	20	49998.30	2.60	15	9835.37	1.38	20	90625.61	3.90	15	8242.76	1.32
	8%	20	39563.49	2.55	15	7330.60	1.33	20	72081.39	3.82	15	6004.27	1.27
	10%	20	34116.30	2.51	15	5970.97	1.29	20	62469.15	3.77	15	4789.01	1.24
Sistema 2	5%	20	66548.28	2.98	20	16505.02	1.49	20	116591.53	4.48	20	14486.16	1.43
	8%	20	52411.82	2.92	20	12541.11	1.46	20	92282.53	4.38	20	10880.84	1.40
	10%	20	45119.60	2.86	20	10442.46	1.43	20	79796.74	4.29	20	8972.66	1.37
Sistema 3	5%	18	27867.56	1.94	10	1704.97	1.08	18	56697.16	2.90	10	698.39	1.03
	8%	18	22750.06	1.91	10	826.45	1.06	18	46544.89	2.87	0	0.00	0.00
	10%	15	20281.91	1.96	10	337.05	1.02	18	41155.25	2.84	0	0.00	0.00
Sistema 4	5%	20	36914.69	2.06	15	2028.22	1.07	20	72540.37	3.11	10	793.37	1.04
	8%	20	29100.51	2.03	15	1011.26	1.04	20	57711.93	3.05	10	63.42	1.00
	10%	20	25126.34	2.00	15	466.82	1.02	20	50199.89	3.01	0	0.00	0.00
Sistema 5	5%	20	23388.00	1.77	0	0.00	0.00	20	50271.18	2.65	0	0.00	0.00
	8%	20	13206.66	1.66	0	0.00	0.00	20	36681.11	2.48	0	0.00	0.00
	10%	20	12686.82	1.58	0	0.00	0.00	20	29997.39	2.37	0	0.00	0.00

Cuadro 23. Turnos financieros óptimos multiperiódicos según sistema de cultivo, tasa de descuento y escenario de precios propuesto.

Sistema/escenario	Escenario 1			Escenario 2			Escenario 3			Escenario 4		
	Años	VAN (US\$)	B/C	Años	VAN (US\$)	B/C	Años	VAN (US\$)	B/C	Años	VAN (US\$)	B/C
Sistema 1	5%	95243.53	2.80	12	21143.43	1.40	12	169343.63	4.20	12	17699.86	1.33
	8%	78763.64	2.66	12	15849.06	1.34	11	141891.77	4.17	12	12937.74	1.28
	10%	69703.97	2.58	12	12938.84	1.30	10	127125.76	3.80	12	10321.97	1.24
Sistema 2	5%	121065.92	3.13	12	32126.91	1.57	12	210004.92	4.70	13	28039.78	1.48
	8%	100413.28	2.97	12	25001.85	1.50	11	176101.59	4.46	12	21512.89	1.43
	10%	89219.16	2.88	12	21086.41	1.46	10	158138.49	4.24	12	17949.16	1.39
Sistema 3	5%	65135.46	2.17	10	4705.14	1.08	10	125565.79	3.25	10	1927.32	1.03
	8%	54827.44	2.09	10	2280.73	1.06	10	107379.14	3.14	0	0.00	0.00
	10%	49033.54	2.04	10	930.15	1.02	10	97136.92	3.06	0	0.00	0.00
Sistema 4	5%	70738.21	2.17	10	5192.17	1.09	10	136284.25	3.25	10	2189.44	1.04
	8%	59982.36	2.10	10	2788.80	1.05	9	117272.29	3.10	10	175.02	1.00
	10%	53915.87	2.06	10	1440.86	1.03	9	107171.90	3.03	0	0.00	0.00
Sistema 5	5%	38138.75	1.77	0	0.00	0.00	20	81975.30	2.65	0	0.00	0.00
	8%	26431.08	1.65	0	0.00	0.00	19	60047.97	2.47	0	0.00	0.00
	10%	20758.53	1.57	0	0.00	0.00	18	49501.61	2.34	0	0.00	0.00

6.2.4 TURNOS FINANCIEROS OPTIMOS MULTIPERIODICOS

De acuerdo al Cuadro 23, para el sistema 1, los turnos financieros óptimos multiperiódicos oscilarían entre 10 y 12 años. Los turnos más cortos están ligados a situaciones de precios más optimistas, escenarios 3 y 1, y tasas de descuento más elevadas, 10%; lo contrario ocurre con los turnos más largos, 12 años, los cuales se vinculan a condiciones de precios más conservadoras, escenarios 2 y 4, y tasa de descuento más bajas, 5% y 8%. Condiciones intermedias de precios y tasa descuento del 10% se requieren para que el turno óptimo sea de 11 años. La Relación B/C presenta valores mayores que 1 en todos los casos.

Para el sistema 2, monocultivo con poda por surcos y ciclo de 3 años, los turnos financieros óptimos multiperiódicos también van de 10 a 12 años, excepto en un caso donde se alarga a 13 años. En términos generales, los turnos más extensos están relacionados con condiciones de precios conservadores y tasas de descuento más elevados, ocurriendo lo contrario cuando las condiciones de precios propuestos son optimistas y la tasa de descuento bajas. La Relación B/C presenta 4.70 como máximo, cuando el escenario de precios es el 3 y la tasa de descuento del 5%, y 1.39 como mínimo, cuando los precios corresponden a los del escenario 4 y 10% como tasa de descuento.

Para café-poró con poda por lotes y ciclo de 5 años, los turnos en investigación serían siempre de 10 años, lo que coincidiría con el cierre del segundo ciclo de poda de 5 años. Únicamente en el escenario de precios 4 y con tasas de descuento reales del 8 y 10%, el VAN nunca llega a ser positivo y por tanto no existe turno financiero óptimo alguno. Como Relaciones B/C se tienen valores entre 1.02 y 3.25.

En café como monocultivo con poda por lotes y ciclo de 5 años, denominado sistema 4, los turnos óptimos financiero a largo plazo se encuentran entre 9 y 10 años. El turno es de 9 años cuando se tienen precios como los del escenario 3, pero con tasa de descuento de 8 a 10%. Bajo las demás condiciones de precios y tasas de descuento planteadas, el turno es de 10 años, excepto cuando se tiene un precio constante como el del escenario 4 y una tasa de descuento del 10%, situaciones en las que el VAN siempre presentaría valores negativos. Entre 3.25 y 1.00 oscilaría la Relación B/C.

El sistema agroforestal café-poró con poda anual por planta presenta turnos financieros óptimos multiperiódicos de 20 años cuando la tasa de descuento es del 5% y los precios corresponden a los de los escenarios 1 y 3. Los turnos son de 19 años con tasas de descuento 8 y 10% para el escenario 1 y del 8% en el escenario 3. El turno se acorta a 18 años con una tasa de descuento del 10% en el escenario 3. Para los precios propuestos por los escenarios 2 y 4, el VAN nunca alcanza valores positivos, por tanto no existe turno financiero óptimo alguno. La Relación B/C oscila entre 1.57 y 2.65.

El efecto multiperíodo, una planificación de la actividad cafetalera a largo plazo versus una a corto plazo, sobre el turno óptimo de renovación tiene como propósito incrementar los correspondientes valores actuales netos. En este sentido, es importante tener presente que para decidir el turno de renovación de una plantación de café, bajo cualesquiera de los sistemas, el productor estaría recibiendo mayor ingreso al proporcionarle mantenimiento por más años, pero al mismo tiempo estaría dejando de percibir ganancias futuras por no haber empezado más temprano un nuevo ciclo de plantación.

De los cinco sistemas de cultivo de café evaluados, el único que da evidencia de una vida productiva más extensa es el café bajo sombra de poró con poda anual por planta. Presenta los turnos financieros óptimos más largos, sin embargo esto sucede sólo para los escenarios de precios más favorables. Es notable que los índices financieros no son los más altos de todos los que se han estimado, lo que hace suponer que la maximización de beneficios no es completamente compatible con la búsqueda de una vida productiva más larga para cafetales.

VII. CONCLUSIONES

- 1) Las variables que resultaron estadísticamente significativas para explicar el rendimiento anual de café de acuerdo al sistema de manejo observado fueron: esquema de poda practicado; edad de la plantación, de manera lineal, cuadrática y cúbica; sistema de cultivo, agroforestal o monocultivo, y la variedad; pero no variables como los insumos aplicados, la densidad de café, el área de la finca, los años durante los que se ha cultivado café en la misma área y la altitud. Esta primera aproximación de modelación econométrica revela que los rendimientos de las plantaciones de café investigadas, para los cinco sistemas de manejo considerados, decrece a partir de un valor máximo conforme aumenta la edad del cultivo, pero a ritmo diferente.
- 2) Existe la factibilidad técnica de hacer estimaciones de turnos financieros óptimos de renovación, es decir, el mejor momento para renovar plantaciones de café, teniendo en cuenta aspectos como el manejo agronómico; adicionalmente, pero no menos importante, el precio del café en el mercado y la tasa de descuento. Confirmándose que en caficultura el criterio eminentemente agronómico no es suficiente para decidir el uso o no de sombra, esto debido a que las condiciones socioeconómicas del productor y la situación y perspectivas del mercado internacional del café son factores condicionantes de peso en el momento de decidir su uso.
- 3) Los turnos financieros óptimos de renovación resultaron ser similares para plantaciones de café, como sistema agroforestal con poró o como monocultivo, que se ubican dentro de un mismo esquema de poda, sucediendo lo contrario entre diferentes esquemas de poda. Esto como resultado de la variabilidad en los flujos anuales de ingresos y costos y de las tasas de descuento aplicadas, que finalmente determinan los valores de los indicadores financieros estimados VAN, B/C y TIR.
- 4) Para las fincas donde se llevó a cabo la investigación, café como monocultivo presenta indicadores financieros más ventajosos que el sistema agroforestal café-poró. Por tanto, contrario a lo esperado, financieramente café a pleno sol es más viable que café bajo sombra de poró, bajo los supuestos de precios y tasas de descuento hechos. Sin

embargo, este resultado no es generalizable porque el uso de sombra está relacionado con múltiples características biofísicas de la finca y socioeconómicas del productor.

- 5) Mientras más altos sean los precios del café más largos son los turnos financieros óptimos monoperiódicos de renovación. Tasas de descuento elevadas llevan a turnos financieros óptimos más cortos.

- 6) El tiempo durante el cual se ha cultivado café en una misma área es una variable que resultó no ser estadísticamente significativa para explicar el comportamiento anual de los rendimientos, implicando que el cultivo de café al menos conserva el recurso suelo, contribuyendo así a su sostenibilidad ecológica, para las fincas donde se realizó la investigación.

VIII. RECOMENDACIONES

- 1) Profundizar en la investigación sobre la dinámica de los rendimientos y de las características físicas y químicas de los suelos en áreas cafetaleras, con diferentes sistemas de manejo de las plantaciones, bajo condiciones experimentales controladas y a largo plazo.
- 2) Realizar investigaciones sobre la interrelación existente entre calidad de suelo y sistema de cultivo establecido, porque los mayores rendimientos observados en café a pleno sol o monocultivo podrían estar vinculados a una mejor calidad de suelo y a condiciones climáticas más favorables que vuelven innecesaria la presencia de árboles de sombra o de servicio, al producirse competencia.
- 3) Efectuar valoraciones de los servicios ambientales provistos por sistemas agroforestales en café, como fijación de CO₂, conservación de suelos, agua y biodiversidad; lo que llevaría a un incremento en la rentabilidad de la actividad cafetalera y alargaría los turnos óptimos de renovación si se pagara a los productores por dichos servicios.
- 4) Examinar los cambios que experimentan los costos variables frente a oscilaciones en precios de café, principalmente cuando ocurren con el propósito de mantener la rentabilidad de la actividad cafetalera o para no incurrir en pérdidas, por ejemplo en situaciones de precios deprimidos.
- 5) Evaluar turnos financieros óptimos de renovación para otros ciclos e intensidades de poda en café, condiciones edafoclimáticas y sistemas de cultivo, tales como asociaciones con árboles maderables.
- 6) Continuar la investigación sobre los beneficios de producir café en sistema agroforestal o en monocultivo, buscando esclarecer si la presencia de una mayor cantidad de grano vano, frutos que maduran anormalmente y un menor rendimiento en beneficiado en este último sistema, como lo reporta la literatura, todavía es compensado por el mayor rendimiento observado.

7) Explorar otras formas funcionales que recojan con mayor cercanía el patrón seguido por el rendimiento en café a lo largo del tiempo. También la inclusión de variables como la bianualidad de las cosechas y las expectativas de cambios en precios y costos de producción.

IX. LITERATURA CONSULTADA

- Aguirre, J.A. 1985. Introducción a la evaluación económica y financiera de inversiones agropecuarias. Manual de instrucción programada. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA. San José, Costa Rica.
- Aguirre, V.A. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, IICA. Turrialba, Costa Rica. 139 p.
- Alpizar O., L.A. 1988. Los pro y los contra en el uso de los árboles de sombra en cafetales. Noticiero del café. Abril 1988: 2-4.
- ANACAFE. 1991. La sombra del cafetal. Manual de caficultura. Asociación Nacional del Café. Guatemala.
- Araya V., M. 1988. La actividad cafetalera en Turrialba. Noticiero del café. Noviembre 1988 N° 38: 1.
- Azqueta O., D. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. Madrid, España, McGraw Hill. 299 p.
- 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. Tesis Mag. Sci. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 130 p.
- Beer, J. 1987. Advantages disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. Agroforestry Systems 5: 3-13.
- Beer, J. 1997. Café bajo sombra en América Central: ¿Hace falta más investigación sobre este sistema agroforestal exitoso? Agroforestería en las Américas 4(13): 4-5.

- Boyce, J.K.; Fernández G., A.; Fürst, E.; Segura B., O. 1994. *Café y desarrollo sostenible: del cultivo agroquímico a la producción orgánica en Costa Rica*. Heredia, Costa Rica, Editorial Fundación UNA. 248 p.
- Brighman, E. 1988. *Fundamentals of financial management*. 4th edition. New York, USA. 221 p.
- Campos, C.E.; Cisneros, D.B.; Ramírez R., J.E. 1997. Estudio de sistemas de poda total por lote. *Memorias XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura*. San José, Costa Rica. ICAFE, IICA/PROMECAFE. 93-97
- Chamorro T., G.; Gallo C., A.; López A., R. 1994. Evaluación económica del sistema agroforestal café asociado con nogal. *CENICAFE* 45(4): 164-170.
- Debertin, D.L. 1986. *Agricultural production economics*. London, England, Collier Macmillan Publishers. 366 p.
- Fournier, L.A. 1986. El cultivo del café (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra: un enfoque agronómico y ecofisiológico. *Agronomía Costarricense* 12(1): 131-146.
- Galloway, G.; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 165 p.
- Gittinger, J.P. 1975. *Análisis económico de proyectos agrícolas*. Madrid, España. Instituto de Desarrollo Económico del Banco Mundial, Editorial Tecnos.
- Hernández G., O.R. 1995. Rendimiento y análisis financiero del sistema agroforestal café (*Coffea arabica* cv caturra) con poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo diferentes densidades de laurel (*Cordia alliodora*). Tesis Mag. Sci. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70 p.
- Holdridge, L.R. 1996. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA. 216 p.

- ICAFE. 1995. Informe anual de labores 1994. Instituto del Café de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.
- ICAFE. 1996. Informe anual de labores 1995. Instituto del Café de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.
- ICAFE. 1996. Modelo de costos de producción de café. Instituto del Café de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.
- ICAFE. 1997. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica 1997. Instituto del Café de Costa Rica. Heredia, Costa Rica.
- IFAM. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. San José, Costa Rica. pp 187-190.
- Johnson, A.C.; Johnson, M.B.; Buse, R.C. 1987. Econometrics basic and applied.
- Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2ª edición, San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales. 622 p.
- Mora A., O.; Cisneros D., B. 1997. Edad de inicio de la poda del cafeto en la zona media del Valle Central (1000 m.s.n.m.). Memorias XVIII simposio latinoamericano de caficultura. San José, Costa Rica. ICAFE, IICA/PROMECAFE.105-108
- Muschler, R. 1997. Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. 18º Simposio Latinoamericano de Caficultura, San José, Costa Rica.
- OFICAFE. 1983. Manual de recomendaciones para cultivar café. Programa Cooperativo Oficina del Café y Ministerio de Agricultura y Ganadería. 5ª edición. 86 p.
- Openshaw, K. 1980. Cost and financial accounting in forestry. Oxford, England, Pergamon Press. 188 p.

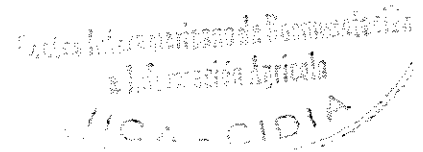
- Oviedo M., J.A. 1997. Determinación del turno óptimo financiero y ambiental para cinco especies en plantaciones forestales en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 162 p.
- Pérez, L.E. 1995. Un método eficaz para el análisis financiero de pequeños y medianos proyectos de inversión. San José, Costa Rica. 86 p.
- Ramírez R., J.E. 1988. El uso de la sombra en plantaciones de café en la zona de Pérez Zeledón. Noticiero del café. Año I N° 8:1-3.
- Ramírez, J.E. 1996. Poda y manejo de *Coffea arabica* L. Instituto del Café de Costa Rica, ICAFE. Heredia, Costa Rica.
- Rojas C., G. 1998. Modelo de costos de producción de café. Instituto del Café de Costa Rica, ICAFE. Heredia, Costa Rica.
- Rojas R., E.; Borbón C., A. 1993. Análisis del registro de entregadores de café. Cosecha 1991-1992. Noticiero del café. Año VIII N° 79: 5-6.
- Sapag C., N.; Sapag C., R. 1996. Preparación y evaluación de proyectos. 3ª edición. Bogotá, Colombia, McGraw-Hill Interamericana, S.A. 404 p.
- Scheaffer, R.L.; Mendenhall, W.; Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. México, Grupo Editorial Iberoamérica. 307 p.
- Somarriba, E. 1990. ¿Qué es agroforestería?. El Chasqui No. 24: 5-13.
- Somarriba, E. 1997. Modelaje de varios sistemas de poda de café: efectos sobre el patrón de producción. Memorias XVIII simposio latinoamericano de caficultura. San José, Costa Rica. ICAFE, IICA/PROMECAFE. 99-104.

Sosa, R. 1997. Reconocimiento de sistemas agroforestales café-sombra y sus características de rentabilidad y riesgo en Rivas, Pérez Zeledón, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 87 p.

Uribe H., A.; Mestre M., A. 1980. Efecto de la densidad de población y su sistema de manejo sobre la producción de café. CENICAFE enero-marzo 1980: 29-51.

Uribe H., A.; Mestre M., A. 1988. Efecto de la densidad de población y de la disposición de los árboles en la producción de café. CENICAFE 39(2): 31-42.

X. ANEXOS



ANEXO 1. MODELO DE ENCUESTA APLICADA A PRODUCTORES DE CAFE

CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

CATIE

Encuesta para caracterización del manejo del cultivo de café en sistema agroforestal (SAF) con poró y en monocultivo, en Turrialba, Costa Rica.

I. IDENTIFICACION

Encuesta #: _____ Fecha: _____
Nombre de la finca: _____ Dirección: _____
Propietario o administrador: _____ Altitud (msnm) _____
Area de la finca: _____ Area plantada de café: _____
Area de café en SAF: _____ Area de café a pleno sol: _____
Tiempo de tener café en finca: _____ Lote #: _____ Suelo: _____

II. MANEJO

2.1 Variedad: _____ Densidad: _____ Area: _____ Edad: _____
Variedad: _____ Densidad: _____ Area: _____ Edad: _____
2.2 Cada cuanto tiempo renueva la plantación: _____
2.3 Criterios empleados para renovar: _____
2.4 Hace repoblación de la plantación: _____ Porcentaje repoblado anualmente: _____
2.5 Almácigo. Lo compra: _____ Lo prepara: _____
2.6 Poda. Tipo: _____ Ciclo: _____ No. de podas a sombra: _____

III. COSTOS

3.1 COSTOS VARIABLES

MANO DE OBRA (LABOR)	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL POR HA
Poda			
Arreglo de sombra			
Ahoyado			
Resiembra			
Control de plagas			
Aplicación de fertilizantes			
Aplicación de herbicidas			

Control manual de malezas			
Aplicación de enmiendas			
Deshija			
Arreglo rompevientos y rondas			
Conservación de suelos			
SUBTOTAL			
Cargas Sociales (44%)			
SUBTOTAL COSTO LABORES			

RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO POR HA
Recolección				
Transporte a beneficio				
Transporte de materiales				
SUBTOT RECOLECIÓN Y TRANSPORTE				
MATERIALES				
Almácigo (resiembra)				
Fertilizante fórmula				
Fertilizante nitrogenado				
Carbonato de calcio (cal)				
Fungicidas y nutrientes foliares				
Cyproconazole				
Hidróxido de cobre				
Quelato de zinc				
Urea				
Multiminerales				
Adherente				
Otros				
Herbicidas				
Glifosato				
Paraquat				
2-4-D				
Terbutilazina				
Humectante				
Otros				
Insecticida-nematicida				
SUBTOTAL COSTO MATERIALES				
TOTAL COSTOS VARIAB				

3.2 COSTOS FIJOS

3.2.1 De establecimiento.

3.2.1.1 Costo por planta: _____ No. de plantas por ha: _____

3.2.1.2 Limpieza de terreno. Jornales por ha: _____ Costo jornal: _____

3.2.1.3 Ahoyado. Jornales por ha: _____ Costo jornal: _____

3.2.1.4 Siembra. Jornales por ha: _____ Costo jornal: _____

3.2.1.5 Siembra de sombra. Jornales por ha: _____ Costo jornal: _____ Densidad: _____

3.2.2 Si hace repoblación. Plantas / ha/ año: _____ Jornales por ha: _____ Costo jornal: _____

3.2.3 Equipo.

Herramientas. Costo anual: _____

Bombas de mochila. Cantidad: _____ Costo inicial: _____ Vida útil: _____

Medios de transporte. Cantidad: _____ Costo inicial: _____ Vida útil: _____

3.2.4 Administrativos

Administrador. Salario: _____ Prestaciones: _____

Capataces. No: _____ Salario: _____ Prestaciones: _____

3.2.5 Financieros

Porcentaje financiado con crédito: _____ Tasa de interés: _____ Plazo: _____

3.2.6 De ventas

Transporte a beneficio. No. de viajes: _____ Costo por viaje: _____

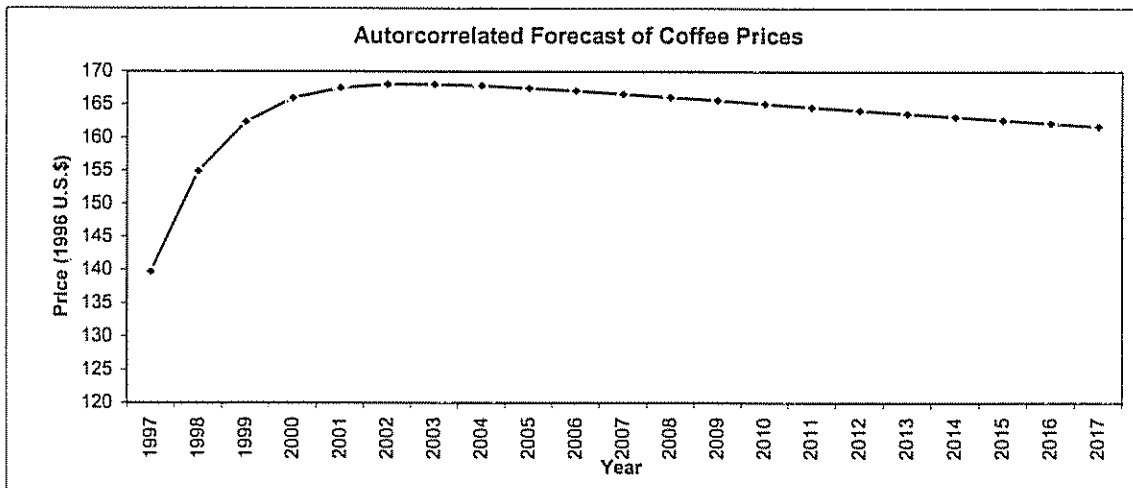
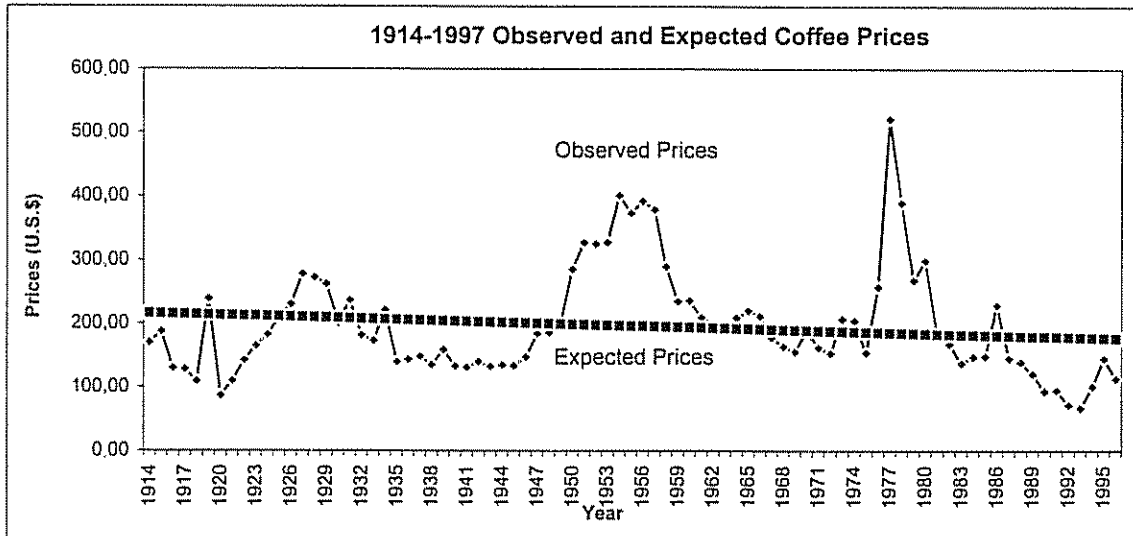
Pertenece a alguna cooperativa: _____ Aporte anual: _____

IV. INGRESOS

Rendimiento de café: _____ Precio de venta: _____

V. OBSERVACIONES

ANEXO 2. PRECIOS DE CAFÉ ESTIMADOS POR SOSA (1997)



ANEXO 3. INGRESOS ANUALES ESTIMADOS SEGÚN SISTEMA DE CULTIVO

SISTEMA 1: SAF CAFÉ-PORO CON PODA POR SURCOS Y CICLO DE 3 AÑOS

Edad del café (años)	Rend estimada (fan/ha)	Precio real (US\$)	Precio 1	Ingresos P1	Precio 2 Precio 1-50%	Ingresos P2	Precio 3 Precio 1+50%	Ingresos P3	Precio constante 1997/98=\$66.41
1	0,00	154,93	127,08	0,00	63,54	0,00	190,62	0,00	0,00
2	0,00	162,40	134,55	0,00	67,28	0,00	201,83	0,00	0,00
3	45,44	165,95	138,10	6275,78	69,05	3137,89	207,15	9413,67	4283,63
4	56,35	167,49	139,64	7869,34	69,82	3934,67	209,46	11804,01	5312,10
5	63,79	168,03	140,18	8941,64	70,09	4470,82	210,27	13412,46	6012,69
6	68,15	168,06	140,21	9555,59	70,11	4777,79	210,32	14333,38	6424,16
7	69,90	167,83	139,98	9784,60	69,99	4892,30	209,97	14676,90	6588,93
8	69,33	167,47	139,62	9679,20	69,81	4839,60	209,43	14518,80	6534,76
9	67,00	167,05	139,20	9326,20	69,60	4663,10	208,80	13989,30	6315,57
10	63,16	166,59	138,74	8763,35	69,37	4381,68	208,11	13145,03	5953,97
11	58,36	166,11	138,26	8068,92	69,13	4034,46	207,39	12103,38	5501,19
12	52,96	165,63	137,78	7296,41	68,89	3648,21	206,67	10944,62	4991,85
13	47,40	165,14	137,29	6507,55	68,65	3253,77	205,94	9761,32	4468,03
14	42,00	164,65	136,80	5745,60	68,40	2872,80	205,20	8618,40	3959,02
15	37,26	164,16	136,31	5078,51	68,16	2539,26	204,47	7617,77	3511,94
16	33,56	163,67	135,82	4558,74	67,91	2279,37	203,73	6838,12	3163,88
17	31,30	163,18	135,33	4235,83	67,67	2117,91	203,00	6353,74	2950,41
18	31,00	162,69	134,84	4180,04	67,42	2090,02	202,26	6270,06	2922,13
19	31,00	162,19	134,34	4164,54	67,17	2082,27	201,51	6246,81	2922,13
20	30,90	161,70	133,85	4135,97	66,93	2067,98	200,78	6203,95	2912,70

SISTEMA 2: CAFÉ EN MONOCULTIVO CON PODA POR SURCOS Y CICLO DE 3 AÑOS

Edad del café (años)	Rend estimada (fan/ha)	Precio real (US\$)	Precio 1	Ingresos P1	Precio 2 Precio 1-50%	Ingresos P2	Precio 3 Precio 1+50%	Ingresos P3	Precio constante 1997/98=\$66.41
1	0,00	154,93	127,08	0,00	63,54	0,00	190,62	0,00	0,00
2	0,00	162,40	134,55	0,00	67,28	0,00	201,83	0,00	0,00
3	57,71	165,95	138,10	7970,36	69,05	3985,18	207,15	11955,53	5440,29
4	68,63	167,49	139,64	9582,81	69,82	4791,41	209,46	14374,22	6468,76
5	76,06	168,03	140,18	10661,74	70,09	5330,87	210,27	15992,61	7169,35
6	80,42	168,06	140,21	11276,06	70,11	5638,03	210,32	16914,09	7580,82
7	82,13	167,83	139,98	11496,80	69,99	5748,40	209,97	17245,20	7741,93
8	81,60	167,47	139,62	11392,43	69,81	5696,21	209,43	17088,64	7691,42
9	79,23	167,05	139,20	11028,09	69,60	5514,05	208,80	16542,14	7468,07
10	75,43	166,59	138,74	10465,78	69,37	5232,89	208,11	15698,67	7110,63
11	70,63	166,11	138,26	9765,46	69,13	4882,73	207,39	14648,20	6657,85
12	65,23	165,63	137,78	8987,06	68,89	4493,53	206,67	13480,59	6148,51
13	59,64	165,14	137,29	8187,30	68,65	4093,65	205,94	12280,96	5621,34
14	54,26	164,65	136,80	7423,42	68,40	3711,71	205,20	11135,13	5115,12
15	49,53	164,16	136,31	6751,13	68,16	3375,56	204,47	10126,69	4668,60
16	45,84	163,67	135,82	6225,35	67,91	3112,67	203,73	9338,02	4320,54
17	43,60	163,18	135,33	5900,18	67,67	2950,09	203,00	8850,27	4109,69
18	43,23	162,69	134,84	5828,94	67,42	2914,47	202,26	8743,41	4074,82
19	43,23	162,19	134,34	5807,32	67,17	2903,66	201,51	8710,98	4074,82
20	43,00	161,70	133,85	5755,55	66,93	2877,78	200,78	8633,33	4053,28

SISTEMA 3: SAF CAFÉ-PORO CON PODA POR LOTES Y CICLO DE 5 AÑOS

Edad del café (años)	Rend estimada (fan/ha)	Precio real (US\$)	Precio 1	Ingresos P1	Precio 2 Precio1-50%	Ingresos P2	Precio 3 Precio1+50%	Ingresos P3	Precio constante 1997/98=\$66.41
1	0,00	154,93	127,08	0,00	63,54	0,00	190,62	0,00	0,00
2	0,00	162,40	134,55	0,00	67,28	0,00	201,83	0,00	0,00
3	81,24	165,95	138,10	11219,16	69,05	5609,6	207,15	16828,74	7657,81
4	52,85	167,49	139,64	7379,29	69,82	3689,6	209,46	11068,93	4981,30
5	61,84	168,03	140,18	8669,04	70,09	4334,5	210,27	13003,56	5829,39
6	0,00	168,06	140,21	0,00	70,11	0,00	210,32	0,00	0,00
7	22,22	167,83	139,98	3110,27	69,99	1555,13	209,97	4665,40	2094,45
8	81,02	167,47	139,62	11312,41	69,81	5656,21	209,43	16968,62	7637,40
9	50,00	167,05	139,20	6960,08	69,60	3480,04	208,80	10440,11	4713,27
10	56,37	166,59	138,74	7821,02	69,37	3910,51	208,11	11731,52	5313,73
11	0,00	166,11	138,26	0,00	69,13	0,00	207,39	0,00	0,00
12	11,49	165,63	137,78	1583,78	68,89	791,89	206,67	2375,67	1083,54
13	67,67	165,14	137,29	9290,62	68,65	4645,31	205,94	13935,94	6378,87
14	34,02	164,65	136,80	4654,39	68,40	2327,19	205,20	6981,58	3207,11
15	37,77	164,16	136,31	5147,95	68,16	2573,97	204,47	7721,92	3559,95
16	0,00	163,67	135,82	0,00	67,91	0,00	203,73	0,00	0,00
17	4,40	163,18	135,33	595,45	67,67	297,73	203,00	893,18	414,75
18	41,19	162,69	134,84	5554,06	67,42	2777,03	202,26	8331,09	3882,66
19	4,91	162,19	134,34	659,61	67,17	329,80	201,51	989,41	462,83
20	6,03	161,70	133,85	807,12	66,93	403,56	200,78	1210,67	568,40

SISTEMA 4: CAFÉ EN MONOCULTIVO CON PODA POR LOTES Y CICLO DE 5 AÑOS

Edad del café (años)	Rend estimada (fan/ha)	Precio real (US\$)	Precio 1	Ingresos P1	Precio 2 Precio1-50%	Ingresos P2	Precio 3 Precio1+50%	Ingresos P3	Precio constante 1997/98=\$66.41
1	0,00	154,93	127,08	0,00	63,54	0,00	190,62	0,00	0,00
2	0,00	162,40	134,55	0,00	67,28	0,00	201,83	0,00	0,00
3	92,59	165,95	138,10	12787,04	69,05	6393,52	207,15	19180,56	8727,99
4	69,96	167,49	139,64	9769,61	69,82	4884,80	209,46	14654,41	6594,85
5	55,42	168,03	140,18	7768,43	70,09	3884,21	210,27	11652,64	5223,78
6	0,00	168,06	140,21	0,00	70,11	0,00	210,32	0,00	0,00
7	21,03	167,83	139,98	2943,99	69,99	1472,00	209,97	4415,99	1982,48
8	86,03	167,47	139,62	12010,83	69,81	6005,42	209,43	18016,25	8108,93
9	63,40	167,05	139,20	8824,44	69,60	4412,22	208,80	13236,67	5975,79
10	48,85	166,59	138,74	6777,46	69,37	3388,73	208,11	10166,19	4604,72
11	0,00	166,11	138,26	0,00	69,13	0,00	207,39	0,00	0,00
12	14,46	165,63	137,78	1992,86	68,89	996,43	206,67	2989,29	1363,42
13	79,46	165,14	137,29	10908,75	68,65	5454,37	205,94	16363,12	7489,87
14	56,83	164,65	136,80	7774,06	68,40	3887,03	205,20	11661,09	5356,73
15	42,28	164,16	136,31	5763,54	68,16	2881,77	204,47	8645,31	3985,66
16	0,00	163,67	135,82	0,00	67,91	0,00	203,73	0,00	0,00
17	7,897	163,18	135,33	1068,65	67,67	534,33	203,00	1602,98	744,36
18	72,890	162,69	134,84	9828,52	67,42	4914,26	202,26	14742,79	6870,80
19	50,260	162,19	134,34	6751,99	67,17	3376,00	201,51	10127,99	4737,67
20	35,715	161,70	133,85	4780,48	66,93	2390,24	200,78	7170,71	3366,59

SISTEMA 5: SAF CAFÉ-PORO CON PODA ANUAL POR PLANTA

Edad del café (años)	Rend estimada (fan/ha)	Precio real (US\$)	Precio 1	Ingresos P1	Precio 2 Precio 1-50%	Ingresos P2	Precio 3 Precio 1+50%	Ingresos P3	Precio constante 1997/98=\$66.41
1	0,00	154,93	127,08	0,00	63,54	0,00	190,62	0,00	0,00
2	0,00	162,40	134,55	0,00	67,28	0,00	201,83	0,00	0,00
3	18,50	165,95	138,10	2554,85	69,05	1277,43	207,15	3832,28	1743,85
4	23,00	167,49	139,64	3211,72	69,82	1605,86	209,46	4817,58	2168,03
5	27,00	168,03	140,18	3784,86	70,09	1892,43	210,27	5677,29	2545,08
6	30,60	168,06	140,21	4290,43	70,11	2145,21	210,32	6435,64	2884,43
7	33,80	167,83	139,98	4731,32	69,99	2365,66	209,97	7096,99	3186,07
8	36,50	167,47	139,62	5096,13	69,81	2548,07	209,43	7644,20	3440,57
9	38,70	167,05	139,20	5386,92	69,60	2693,46	208,80	8080,39	3647,95
10	40,50	166,59	138,74	5618,97	69,37	2809,49	208,11	8428,46	3817,62
11	41,89	166,11	138,26	5791,73	69,13	2895,86	207,39	8687,59	3948,66
12	42,80	165,63	137,78	5896,70	68,89	2948,35	206,67	8845,04	4034,23
13	43,30	165,14	137,29	5944,66	68,65	2972,33	205,94	8916,99	4081,56
14	43,27	164,65	136,80	5918,78	68,40	2959,39	205,20	8878,17	4078,35
15	42,83	164,16	136,31	5837,64	68,16	2918,82	204,47	8756,46	4036,90
16	41,94	163,67	135,82	5695,92	67,91	2847,96	203,73	8543,88	3953,11
17	40,60	163,18	135,33	5494,29	67,67	2747,14	203,00	8241,43	3826,97
18	38,81	162,69	134,84	5233,40	67,42	2616,70	202,26	7850,10	3658,50
19	36,58	162,19	134,34	4913,55	67,17	2456,78	201,51	7370,33	3447,69
20	33,89	161,70	133,85	4536,16	66,93	2268,08	200,78	6804,24	3194,54

ANEXO 4. VARIABLES EVALUADAS

Media y varianza de las variables biofísicas y de manejo evaluadas.

Sistema / Variable	Edad del café (años)	Rendimiento (fan/ha)	Tiempo café en finca (años)	Altitud (msnm)	Densidad café (plantas/ha)	Densidad poró (arboles/ha)	Area de café en finca (ha)
Sistema 1	Media	7.30	36.13	29.87	878.33	5501.67	279.33
	Varianza	28.01	246.46	235.29	22359.20	227842.00	10483.13
Sistema 2	Media	3.27	59.97	11.82	868.18	5540.91	0.00
	Varianza	1.62	525.30	348.56	18136.40	183909.09	0.00
Sistema 3	Media	6.21	38.54	24.02	913.21	6368.87	140.30
	Varianza	13.21	1260.07	347.48	19822.21	235791.00	5656.21
Sistema 4	Media	9.55	44.57	22.36	985.23	5734.09	0.00
	Varianza	35.37	1657.25	245.59	4834.83	151020.08	0.00
Sistema 5	Media	14.16	34.33	24.97	655.41	5082.43	235.03
	Varianza	34.47	62.27	64.58	14414.40	68446.70	3950.36

Variables biofísicas y de manejo evaluadas

Nombre de Finca	Area café en SAF (ha)	Altitud (msnm)	Densidad poró (plantas/ha)	Densidad café (plantas/ha)
Ubicación	Area café a pleno sol (ha)	Variedad de café	Edad del café (años)	Rendimiento (fan/ha)
Area de finca (ha)	Area de lote (ha)	Podas de poró	Ciclo de poda (años)	Precios
Area de café (ha)	Tiempo café en finca (años)	Tipo de poda	Epoocas de poda	Costos

ANEXO 5. RENDIMIENTO ANUAL ESTIMADO SEGÚN SISTEMA DE CULTIVO
SISTEMA 1: SAF CAFÉ-PORO CON PODA POR SURCOS Y CICLO DE 3 AÑOS

Edad del café (años)	Rend estimado (fan/ha)
1	0.00
2	0.00
3	45.44
4	56.35
5	63.79
6	68.15
7	69.90
8	69.33
9	67.00
10	63.16
11	58.36
12	52.96
13	47.40
14	42.00
15	37.26
16	33.56
17	31.30
18	31.00
19	31.00
20	30.90

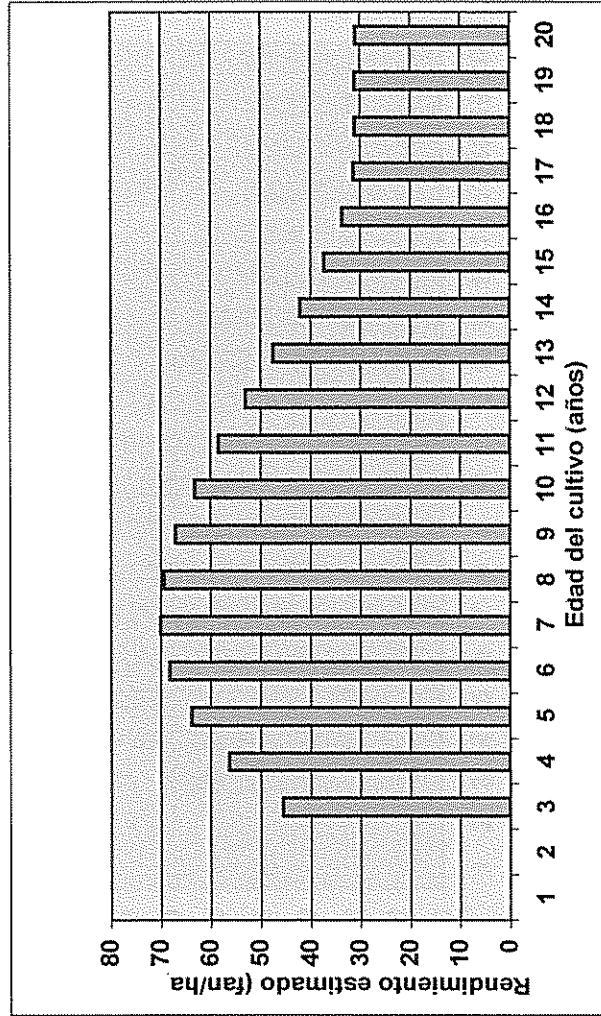


Fig. 1. Rendimientos anuales estimados para sistema 1

SISTEMA 2: CAFÉ EN MONOCULTIVO CON PODA POR SURCOS Y CICLO DE 3 AÑOS

Edad del café (años)	Rend estimado (fan/ha)
1	0.00
2	0.00
3	57.71
4	68.63
5	76.06
6	80.42
7	82.13
8	81.60
9	79.23
10	75.43
11	70.63
12	65.23
13	59.64
14	54.26
15	49.53
16	45.84
17	43.60
18	43.23
19	43.23
20	43.00

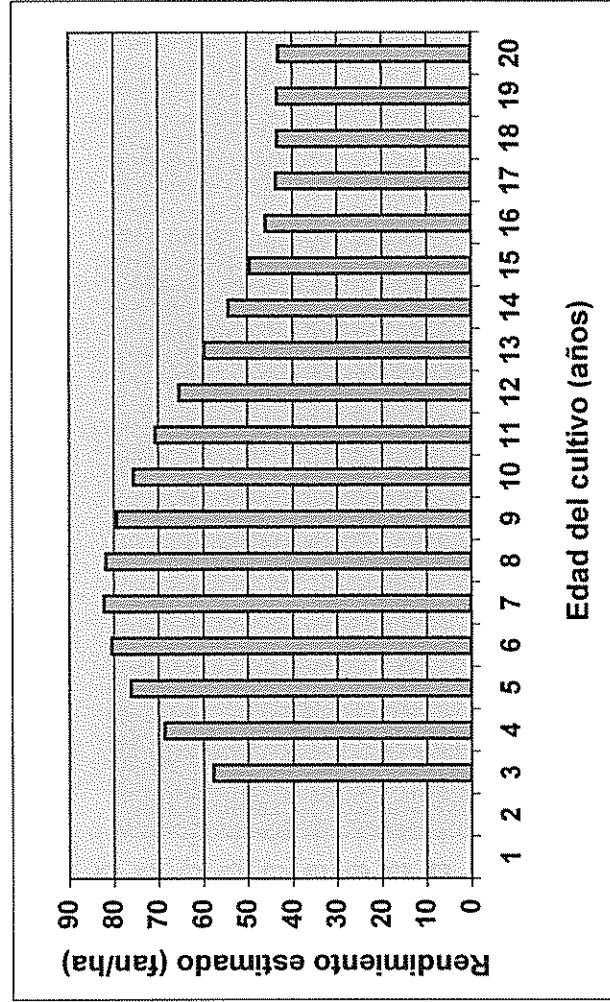


Fig. 2. Rendimientos anuales estimados para sistema 2

SISTEMA 3: SAF CAFÉ-PORO CON PODA POR LOTES Y CICLO DE 5 AÑOS

Edad del café (años)	Rend estimado (fan/ha)
1	0.00
2	0.00
3	80.24
4	51.85
5	60.84
6	0.00
7	21.22
8	80.02
9	49.00
10	55.37
11	0.00
12	10.49
13	66.67
14	33.02
15	36.77
16	0.00
17	3.40
18	40.19
19	3.91
20	5.03

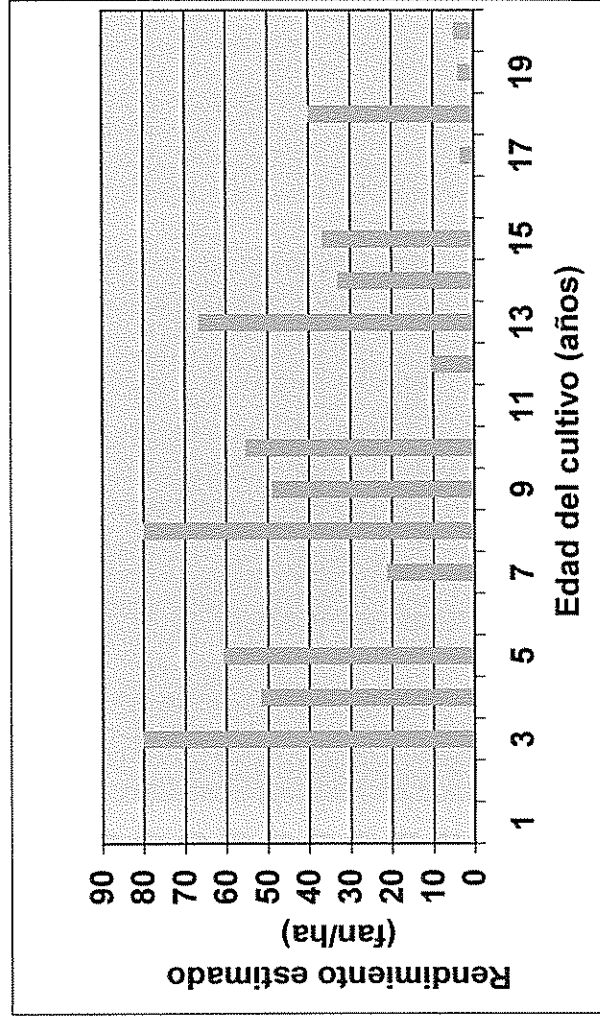


Fig. 3. Rendimientos anuales estimados para sistema 3

SISTEMA 4: CAFÉ EN MONOCULTIVO CON PODA POR LOTES Y CICLO DE 5 AÑOS

Edad del café (años)	Rend estimado (fan/ha)
1	0.00
2	0.00
3	92.59
4	69.96
5	55.42
6	0.00
7	21.03
8	86.03
9	63.40
10	48.86
11	0.00
12	14.46
13	79.46
14	56.83
15	42.28
16	0.00
17	7.90
18	72.89
19	50.26
20	35.72

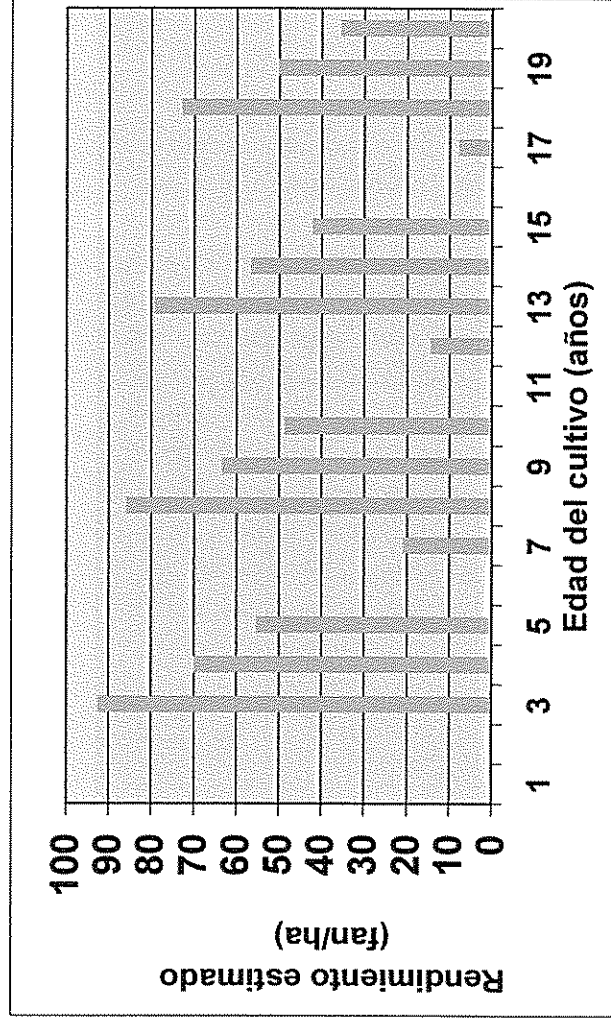


Fig. 4. Rendimientos anuales estimados para sistema 4

SISTEMA 5: SAF CAFÉ-PORO CON PODA ANUAL POR PLANTA

Edad del café (años)	Rend estimado (fan/ha)
1	0.00
2	0.00
3	18.50
4	23.00
5	27.00
6	30.60
7	33.80
8	36.50
9	38.70
10	40.50
11	41.89
12	42.80
13	43.30
14	43.27
15	42.83
16	41.94
17	40.60
18	38.81
19	36.58
20	33.89

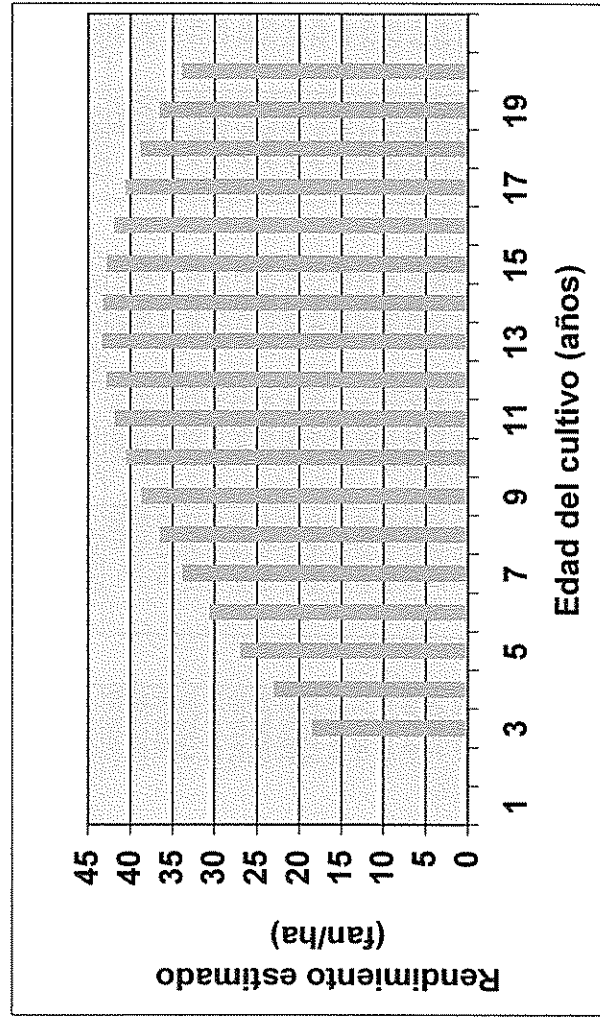


Fig. 5. Rendimientos anuales estimados para sistema 5

ANEXO 6. BENEFICIOS NETOS EN US\$ DE 1997/HA DE CAFÉ EN TURRIALBA, COSTA RICA

SISTEMA 1: SAF CAFÉ-PORO CON PODA POR SURCOS Y CICLO DE 3 AÑOS

ESCENARIO 1. PRECIOS PROYECTADOS
POR SOSA (1997)

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3608,68	-3608,68
2	0,00	2017,83	-2017,83
3	6275,78	2115,80	4159,98
4	7869,34	2152,43	5716,91
5	8941,64	2340,74	6600,90
6	9555,59	2359,17	7196,42
7	9784,60	2340,74	7443,86
8	9679,20	2340,74	7338,46
9	9326,20	2340,74	6985,46
10	8763,35	2340,74	6422,61
11	8068,92	2340,74	5728,18
12	7296,41	2359,17	4937,24
13	6507,55	2340,74	4166,81
14	5745,60	2340,74	3404,86
15	5078,51	2340,74	2737,77
16	4558,74	2340,74	2218,00
17	4235,83	2340,74	1895,09
18	4180,04	2359,17	1820,87
19	4164,54	2340,74	1823,80
20	4135,97	2340,74	1795,22

ESCENARIO 2. PRECIOS DE
ESCENARIO 1 - 50%

Ingresos	Costos	Beneficio neto
0,00	3608,68	-3608,68
0,00	2017,83	-2017,83
3137,89	2115,80	1022,09
3934,67	2152,43	1782,24
4470,82	2340,74	2130,08
4777,79	2359,17	2418,62
4892,30	2340,74	2551,56
4839,60	2340,74	2498,86
4663,10	2340,74	2322,36
4381,68	2340,74	2040,93
4034,46	2340,74	1693,72
3648,21	2359,17	1289,03
3253,77	2340,74	913,03
2872,60	2340,74	532,06
2539,26	2340,74	198,52
2279,37	2340,74	-61,37
2117,91	2340,74	-222,83
2090,02	2359,17	-269,15
2082,27	2340,74	-258,47
2067,98	2340,74	-272,76

ESCENARIO 3. PRECIOS DE
ESCENARIO 1 + 50%

Ingresos	Costos	Beneficio neto
0,00	3608,68	-3608,68
0,00	2017,83	-2017,83
9413,67	2115,80	7297,87
11804,01	2152,43	9651,58
13412,46	2340,74	11071,72
14333,38	2359,17	11974,21
14676,90	2340,74	12336,16
14518,80	2340,74	12178,06
13989,30	2340,74	11648,56
13145,03	2340,74	10804,29
12103,38	2340,74	9762,64
10944,62	2359,17	8585,45
9761,32	2340,74	7420,58
8618,40	2340,74	6277,66
7617,77	2340,74	5277,03
6838,12	2340,74	4497,38
6353,74	2340,74	4013,00
6270,06	2359,17	3910,89
6246,81	2340,74	3906,07
6203,95	2340,74	3863,21

ESCENARIO 4. PRECIOS PAGADOS A
PRODUCTORES 1997/98

Ingresos	Costos	Beneficio neto
0,00	3608,68	-3608,68
0,00	2017,83	-2017,83
3018,13	2115,80	902,33
3742,76	2152,43	1590,33
4236,38	2340,74	1895,64
4526,29	2359,17	2167,12
4642,38	2340,74	2301,64
4604,21	2340,74	2263,47
4449,78	2340,74	2109,04
4195,00	2340,74	1854,26
3875,99	2340,74	1535,25
3517,12	2359,17	1157,94
3148,05	2340,74	807,31
2789,41	2340,74	448,67
2474,42	2340,74	133,67
2229,18	2340,74	-111,56
2078,78	2340,74	-261,96
2058,85	2359,17	-300,32
2058,85	2340,74	-281,89
2052,21	2340,74	-288,53

SISTEMA 2: CAFÉ EN MONOCULTIVO CON PODA POR SURCOS Y CICLO DE 3 AÑOS

ESCENARIO 1. PRECIOS PROYECTADOS
POR SOSA (1997)

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3771,96	-3771,96
2	0,00	2275,86	-2275,86
3	7970,36	2275,39	5694,96
4	9582,81	2301,57	7281,24
5	10861,74	2515,12	8146,62
6	11276,06	2515,12	8760,94
7	11496,80	2515,12	8981,68
8	11392,43	2515,12	8877,31
9	11028,09	2515,12	8512,97
10	10465,78	2515,12	7950,66
11	9765,46	2515,12	7250,34
12	8987,06	2515,12	6471,94
13	8187,30	2515,12	5672,18
14	7423,42	2515,12	4908,30
15	6751,13	2515,12	4236,00
16	6225,35	2515,12	3710,22
17	5900,18	2515,12	3385,06
18	5828,94	2515,12	3313,81
19	5607,32	2515,12	3292,20
20	5755,55	2515,12	3240,43

ESCENARIO 2. PRECIOS DE
ESCENARIO 1 - 50%

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3771,96	-3771,96
2	0,00	2275,86	-2275,86
3	3985,18	2275,39	1709,79
4	4791,41	2301,57	2489,84
5	5330,87	2515,12	2815,75
6	5638,03	2515,12	3122,91
7	5748,40	2515,12	3233,28
8	5696,21	2515,12	3181,09
9	5514,05	2515,12	2998,92
10	5232,89	2515,12	2717,77
11	4882,73	2515,12	2367,61
12	4493,53	2515,12	1978,41
13	4093,65	2515,12	1578,53
14	3711,71	2515,12	1196,59
15	3375,56	2515,12	860,44
16	3112,67	2515,12	597,55
17	2950,09	2515,12	434,97
18	2914,47	2515,12	399,35
19	2903,66	2515,12	388,54
20	2877,78	2515,12	362,65

ESCENARIO 3. PRECIOS DE
ESCENARIO 1 + 50%

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3771,96	-3771,96
2	0,00	2275,86	-2275,86
3	11955,53	2275,39	9680,14
4	14374,22	2301,57	12072,65
5	15992,61	2515,12	13477,49
6	16914,09	2515,12	14398,97
7	17245,20	2515,12	14730,08
8	17088,64	2515,12	14573,52
9	16542,14	2515,12	14027,01
10	15698,67	2515,12	13183,55
11	14648,20	2515,12	12133,07
12	13480,59	2515,12	10965,47
13	12280,96	2515,12	9765,83
14	11135,13	2515,12	8620,01
15	10126,69	2515,12	7611,57
16	9338,02	2515,12	6822,90
17	8850,27	2515,12	6335,15
18	8743,41	2515,12	6228,28
19	8710,98	2515,12	6195,86
20	8633,33	2515,12	6118,20

ESCENARIO 4. PRECIOS PAGADOS A
PRODUCTORES 1997/98

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3771,96	-3771,96
2	0,00	2275,86	-2275,86
3	3833,08	2275,39	1557,69
4	4557,71	2301,57	2256,14
5	5051,33	2515,12	2536,21
6	5341,24	2515,12	2826,12
7	5454,75	2515,12	2939,63
8	5419,16	2515,12	2904,04
9	5261,80	2515,12	2746,67
10	5009,95	2515,12	2494,83
11	4690,94	2515,12	2175,82
12	4332,07	2515,12	1816,95
13	3960,64	2515,12	1445,52
14	3603,97	2515,12	1088,85
15	3289,37	2515,12	774,24
16	3044,13	2515,12	529,01
17	2895,58	2515,12	380,45
18	2871,01	2515,12	355,88
19	2871,01	2515,12	355,88
20	2855,83	2515,12	340,71

SISTEMA 3: SAF CAFÉ-PORO CON PODA POR LOTES Y CICLO DE 5 AÑOS

ESCENARIO 1. PRECIOS PROYECTADOS POR SOSA (1997)

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3961,41	-3961,41
2	0,00	2199,01	-2199,01
3	11219,16	2253,47	8965,69
4	7379,29	2257,47	5121,82
5	8669,04	2353,62	6315,41
6	0,00	2361,58	-2361,58
7	3110,27	2291,16	819,10
8	11312,41	2253,47	9058,94
9	6960,08	2257,47	4702,61
10	7821,02	2353,62	5467,39
11	0,00	2361,58	-2361,58
12	1583,78	2291,16	-707,38
13	9290,62	2253,47	7037,15
14	4654,39	2257,47	2396,92
15	5147,95	2353,62	2794,32
16	0,00	2361,58	-2361,58
17	595,45	2291,16	-1695,71
18	5554,06	2253,47	3300,59
19	659,61	2257,47	-1597,86
20	807,12	2353,62	-1546,51

ESCENARIO 2. PRECIOS DE ESCENARIO 1 - 50%

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3961,41	-3961,41
2	0,00	2199,01	-2199,01
3	5609,58	2253,47	3356,11
4	3689,64	2257,47	1432,17
5	4334,52	2353,62	1980,89
6	0,00	2361,58	-2361,58
7	1555,13	2291,16	-736,03
8	6656,21	2253,47	3402,74
9	3480,04	2257,47	1222,57
10	3910,51	2353,62	1556,88
11	0,00	2361,58	-2361,58
12	791,89	2291,16	-1499,27
13	4645,31	2253,47	2391,84
14	2327,19	2257,47	69,72
15	2573,97	2353,62	220,35
16	0,00	2361,58	-2361,58
17	297,73	2291,16	-1993,44
18	2777,03	2253,47	523,56
19	329,80	2257,47	-1927,66
20	403,56	2353,62	-1950,07

ESCENARIO 3. PRECIOS DE ESCENARIO 1 + 50%

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3961,41	-3961,41
2	0,00	2199,01	-2199,01
3	16828,74	2253,47	14575,27
4	11068,93	2257,47	8811,46
5	13003,56	2353,62	10649,93
6	0,00	2361,58	-2361,58
7	4665,40	2291,16	2374,24
8	16968,62	2253,47	14715,15
9	10440,11	2257,47	8182,64
10	11731,52	2353,62	9377,90
11	0,00	2361,58	-2361,58
12	2375,67	2291,16	84,51
13	13935,94	2253,47	11682,47
14	6981,58	2257,47	4724,11
15	7721,92	2353,62	5368,29
16	0,00	2361,58	-2361,58
17	893,18	2291,16	-1397,99
18	8331,09	2253,47	6077,62
19	989,41	2257,47	-1268,06
20	1210,67	2353,62	-1142,95

ESCENARIO 4. PRECIOS PAGADOS A PRODUCTORES 1997/98

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3961,41	-3961,41
2	0,00	2199,01	-2199,01
3	5395,48	2253,47	3142,01
4	3509,69	2257,47	1252,22
5	4107,23	2353,62	1753,60
6	0,00	2361,58	-2361,58
7	1475,69	2291,16	-815,47
8	5381,10	2253,47	3127,63
9	3320,84	2257,47	1063,37
10	3743,91	2353,62	1390,28
11	0,00	2361,58	-2361,58
12	763,44	2291,16	-1527,73
13	4494,38	2253,47	2240,91
14	2259,64	2257,47	2,18
15	2506,24	2353,62	154,62
16	0,00	2361,58	-2361,58
17	292,22	2291,16	-1998,94
18	2735,62	2253,47	482,15
19	326,10	2257,47	-1931,37
20	400,48	2353,62	-1953,14

SISTEMA 4: CAFÉ EN MONOCULTIVO CON PODA POR LOTES Y CICLO DE 5 AÑOS

ESCENARIO 1. PRECIOS PROYECTADOS
POR SOSA (1997)

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	4131,48	-4131,48
2	0,00	2452,77	-2452,77
3	12787,04	2452,30	10334,74
4	9769,61	2478,48	7291,13
5	7768,43	2572,23	5196,20
6	0,00	2593,58	-2593,58
7	2943,99	2443,69	500,30
8	12010,83	2434,00	9576,83
9	8824,44	2478,48	6345,96
10	6777,46	2572,23	4205,23
11	0,00	2593,58	-2593,58
12	1992,86	2443,69	-450,83
13	10908,75	2434,00	8474,75
14	7774,06	2478,48	5295,58
15	5763,54	2572,23	3191,31
16	0,00	2593,58	-2593,58
17	1068,65	2443,69	-1375,04
18	9828,52	2434,00	7394,52
19	6751,99	2478,48	4273,51
20	4780,48	2572,23	2208,25

ESCENARIO 3. PRECIOS DE
ESCENARIO 1 + 50%

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	4131,48	-4131,48
2	0,00	2452,77	-2452,77
3	19180,56	2452,30	16728,26
4	14654,41	2478,48	12175,93
5	11652,64	2572,23	9080,41
6	0,00	2593,58	-2593,58
7	4415,99	2443,69	1972,30
8	18016,25	2434,00	15582,25
9	13236,67	2478,48	10758,19
10	10166,19	2572,23	7593,96
11	0,00	2593,58	-2593,58
12	2989,29	2443,69	545,60
13	16353,12	2434,00	13929,12
14	11661,09	2478,48	9182,61
15	8645,31	2572,23	6073,09
16	0,00	2593,58	-2593,58
17	1602,98	2443,69	-840,71
18	14742,79	2434,00	12308,78
19	10127,99	2478,48	7649,51
20	7170,71	2572,23	4598,48

ESCENARIO 4. PRECIOS PAGADOS A
PRODUCTORES 1997/98

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	4131,48	-4131,48
2	0,00	2452,77	-2452,77
3	6149,50	2452,30	3697,20
4	4646,55	2478,48	2168,07
5	3680,53	2572,23	1108,30
6	0,00	2593,58	-2593,58
7	1396,80	2443,69	-1046,89
8	5713,33	2434,00	3279,33
9	4210,38	2478,48	1731,90
10	3244,36	2572,23	672,13
11	0,00	2593,58	-2593,58
12	960,63	2443,69	-1483,06
13	5277,15	2434,00	2843,15
14	3774,20	2478,48	1295,72
15	2808,18	2572,23	235,95
16	0,00	2593,58	-2593,58
17	524,45	2443,69	-1919,24
18	4840,98	2434,00	2406,98
19	3338,03	2478,48	859,55
20	2372,01	2572,23	-200,22

SISTEMA 5: SAF CAFÉ-PORO CON PODA ANUAL POR PLANTA

**ESCENARIO 1. PRECIOS PROYECTADOS
POR SOSA (1997)**

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3487,91	-3487,91
2	0,00	1947,72	-1947,72
3	2554,85	2058,80	496,05
4	3211,72	2058,44	1153,28
5	3784,86	2274,40	1510,46
6	4290,43	2292,83	1997,60
7	4731,32	2283,61	2447,71
8	5096,13	2283,61	2812,52
9	5386,92	2283,61	3103,31
10	5618,97	2283,61	3335,36
11	5791,73	2283,61	3508,12
12	5896,70	2292,83	3603,87
13	5944,66	2283,61	3661,04
14	5918,78	2283,61	3635,17
15	5837,64	2283,61	3554,03
16	5695,92	2283,61	3412,31
17	5494,29	2283,61	3210,68
18	5233,40	2292,83	2940,57
19	4913,55	2283,61	2629,94
20	4536,16	2283,61	2262,55

**ESCENARIO 2. PRECIOS DE
ESCENARIO 1 - 50%**

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3487,91	-3487,91
2	0,00	1947,72	-1947,72
3	1277,43	2058,80	-781,38
4	1605,86	2058,44	-452,58
5	1892,43	2274,40	-381,97
6	2145,21	2292,83	-147,62
7	2365,66	2283,61	82,05
8	2548,07	2283,61	264,45
9	2693,46	2283,61	409,85
10	2809,49	2283,61	525,87
11	2895,86	2283,61	612,25
12	2948,35	2292,83	655,52
13	2972,33	2283,61	688,72
14	2959,39	2283,61	675,78
15	2918,82	2283,61	635,21
16	2847,96	2283,61	564,35
17	2747,14	2283,61	463,53
18	2616,70	2292,83	323,87
19	2456,78	2283,61	173,16
20	2268,08	2283,61	-15,53

**ESCENARIO 3. PRECIOS DE
ESCENARIO 1 + 50%**

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3487,91	-3487,91
2	0,00	1947,72	-1947,72
3	3832,28	2058,80	1773,47
4	4817,58	2058,44	2759,14
5	5677,29	2274,40	3402,89
6	6435,64	2292,83	4142,81
7	7096,99	2283,61	4813,37
8	7644,20	2283,61	5360,58
9	8080,39	2283,61	5796,77
10	8428,46	2283,61	6144,84
11	8687,59	2283,61	6403,98
12	8845,04	2292,83	6552,22
13	8916,99	2283,61	6633,37
14	8878,17	2283,61	6594,56
15	8756,46	2283,61	6472,85
16	8543,88	2283,61	6260,27
17	8241,43	2283,61	5957,82
18	7850,10	2292,83	5557,27
19	7370,33	2283,61	5086,72
20	6804,24	2283,61	4520,63

**ESCENARIO 4. PRECIOS PAGADOS
A PRODUCTORES 1997/98**

Año	Ingresos	Costos	Beneficio neto
1	0,00	3487,91	-3487,91
2	0,00	1947,72	-1947,72
3	1228,67	2058,80	-830,13
4	1527,54	2058,44	-530,90
5	1793,19	2274,40	-481,20
6	2032,29	2292,83	-260,54
7	2244,81	2283,61	-38,80
8	2424,13	2283,61	140,52
9	2570,25	2283,61	286,63
10	2689,79	2283,61	406,18
11	2782,12	2283,61	498,50
12	2842,41	2292,83	549,58
13	2875,75	2283,61	592,14
14	2873,49	2283,61	589,88
15	2844,29	2283,61	560,67
16	2785,25	2283,61	501,64
17	2696,38	2283,61	412,77
18	2577,68	2292,83	284,85
19	2429,15	2283,61	145,54
20	2250,78	2283,61	-32,83

ANEXO 7. COSTOS EN US\$ DE 1997/HA DE CAFÉ EN TURRIALBA, COSTA RICA

SISTEMA 1: SAF CAFÉ-PORO CON PODA POR SURCOS Y CICLO DE 3 AÑOS

SISTEMA 2: CAFÉ EN MONOCULTIVO CON PODA POR SURCOS Y CICLO

AÑO	INSUMOS	MANO DE OBRA	COST FIJOS	COSTO TOTAL
1	1393,39	1087,45	1127,84	3608,68
2	502,93	387,06	1127,84	2017,83
3	499,53	488,43	1127,84	2115,80
4	503,90	520,68	1127,84	2152,43
5	600,06	612,84	1127,84	2340,74
6	600,06	631,27	1127,84	2359,17
7	600,06	612,84	1127,84	2340,74
8	600,06	612,84	1127,84	2340,74
9	600,06	612,84	1127,84	2340,74
10	600,06	612,84	1127,84	2340,74
11	600,06	612,84	1127,84	2340,74
12	600,06	631,27	1127,84	2359,17
13	600,06	612,84	1127,84	2340,74
14	600,06	612,84	1127,84	2340,74
15	600,06	612,84	1127,84	2340,74
16	600,06	612,84	1127,84	2340,74
17	600,06	612,84	1127,84	2340,74
18	600,06	631,27	1127,84	2359,17
19	600,06	612,84	1127,84	2340,74
20	600,06	612,84	1127,84	2340,74

AÑO	INSUMOS	MANO DE OBRA	COST FIJOS	COSTO TOTAL
1	1457,15	1076,39	1238,42	3771,96
2	590,48	446,96	1238,42	2275,86
3	580,80	456,17	1238,42	2275,39
4	625,27	437,88	1238,42	2301,57
5	719,02	557,68	1238,42	2515,12
6	719,02	557,68	1238,42	2515,12
7	719,02	557,68	1238,42	2515,12
8	719,02	557,68	1238,42	2515,12
9	719,02	557,68	1238,42	2515,12
10	719,02	557,68	1238,42	2515,12
11	719,02	557,68	1238,42	2515,12
12	719,02	557,68	1238,42	2515,12
13	719,02	557,68	1238,42	2515,12
14	719,02	557,68	1238,42	2515,12
15	719,02	557,68	1238,42	2515,12
16	719,02	557,68	1238,42	2515,12
17	719,02	557,68	1238,42	2515,12
18	719,02	557,68	1238,42	2515,12
19	719,02	557,68	1238,42	2515,12
20	719,02	557,68	1238,42	2515,12

SISTEMA 3: SAF CAFÉ-PORO CON PODA POR LOTES Y CICLO DE 5 AÑOS

AÑO	INSUMOS	MANO DE OBRA	COST FIJOS	COSTO TOTAL
1	1519,43	1181,45	1260,53	3961,41
2	528,38	410,10	1260,53	2199,01
3	499,90	493,04	1260,53	2253,47
4	503,90	493,04	1260,53	2257,47
5	600,06	493,04	1260,53	2353,62
6	469,78	631,27	1260,53	2361,58
7	528,38	502,25	1260,53	2291,16
8	499,90	493,04	1260,53	2253,47
9	503,90	493,04	1260,53	2257,47
10	600,06	493,04	1260,53	2353,62
11	469,78	631,27	1260,53	2361,58
12	528,38	502,25	1260,53	2291,16
13	499,90	493,04	1260,53	2253,47
14	503,90	493,04	1260,53	2257,47
15	600,06	493,04	1260,53	2353,62
16	469,78	631,27	1260,53	2361,58
17	528,38	502,25	1260,53	2291,16
18	499,90	493,04	1260,53	2253,47
19	503,90	493,04	1260,53	2257,47
20	600,06	493,04	1260,53	2353,62

SISTEMA 4: CAFÉ EN MONOCULTIVO CON PODA POR LOTES Y CICLO

AÑO	INSUMOS	MANO DE OBRA	COST FIJOS	COSTO TOTAL
1	1559,59	1156,56	1415,33	4131,48
2	590,48	446,96	1415,33	2452,77
3	580,80	456,17	1415,33	2452,30
4	625,27	437,88	1415,33	2478,48
5	719,02	437,88	1415,33	2572,23
6	574,63	603,63	1415,33	2593,58
7	590,48	437,88	1415,33	2443,69
8	580,80	437,88	1415,33	2434,00
9	625,27	437,88	1415,33	2478,48
10	719,02	437,88	1415,33	2572,23
11	574,63	603,63	1415,33	2593,58
12	590,48	437,88	1415,33	2443,69
13	580,80	437,88	1415,33	2434,00
14	625,27	437,88	1415,33	2478,48
15	719,02	437,88	1415,33	2572,23
16	574,63	603,63	1415,33	2593,58
17	590,48	437,88	1415,33	2443,69
18	580,80	437,88	1415,33	2434,00
19	625,27	437,88	1415,33	2478,48
20	719,02	437,88	1415,33	2572,23

SISTEMA 5: SAF CAFÉ-PORO CON PODA ANUAL POR PLANTA

ANO	INSUMOS	MANO DE OBRA	COST FIJOS	COSTO TOTAL
1	1359,24	1067,17	1061,50	3487,91
2	489,95	396,27	1061,50	1947,72
3	499,53	497,78	1061,50	2058,80
4	503,90	493,04	1061,50	2058,44
5	600,06	612,84	1061,50	2274,40
6	600,06	631,27	1061,50	2292,83
7	600,06	622,06	1061,50	2283,61
8	600,06	622,06	1061,50	2283,61
9	600,06	622,06	1061,50	2283,61
10	600,06	622,06	1061,50	2283,61
11	600,06	622,06	1061,50	2283,61
12	600,06	631,27	1061,50	2292,83
13	600,06	622,06	1061,50	2283,61
14	600,06	622,06	1061,50	2283,61
15	600,06	622,06	1061,50	2283,61
16	600,06	622,06	1061,50	2283,61
17	600,06	622,06	1061,50	2283,61
18	600,06	631,27	1061,50	2292,83
19	600,06	622,06	1061,50	2283,61
20	600,06	622,06	1061,50	2283,61