

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

**RECONOCIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES
SOMBRA-CAFE Y SUS CARACTERISTICAS DE RENTABILIDAD Y
RIESGO EN RIVAS, PEREZ ZELEDON, COSTA RICA**

POR

ROMEIO SOSA



Turrialba, Costa Rica
1997

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y
ENSEÑANZA
CATIE

RECEIVED
1 - APR 1998
Turrialba, Costa Rica

PROGRAMA DE ENSEÑANZA
ÁREA DE POSTGRADO

RECONOCIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES SOMBRA-CAFÉ
Y SUS CARACTERÍSTICAS DE RENTABILIDAD Y RIESGO
EN RIVAS DE PÉREZ ZELEDÓN COSTA RICA.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado 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

ROMEIO SOSA

Turrialba, Costa Rica.
1997

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Área 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, Ph.D
Profesor Consejero

Manuel Gómez, M.Sc
Miembro Comité Asesor

Steven Shultz, Ph.D.
Miembro Comité Asesor

Eduardo Semarriba, Ph.D.
Miembro Comité Asesor

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

Markku Kanninen, Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza

Romeo Sosa
Candidato

DEDICATORIA

A Licha

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a la W. K. KELLOGG FOUNDATION por su apoyo financiero y por el incentivo a la formación de recursos humanos para el desarrollo rural del Sur de México, particularmente a Heliodoro Díaz Cisneros, PhD, por su trato amable. Ellos hicieron posible mi presencia en el CATIE.

Un reconocimiento especial a mi profesor consejero Octavio A. Ramírez, PhD, por su esfuerzo y dedicación en la tarea docente, por su permanente respaldo en la dirección de este trabajo de tesis, por su confianza. A los miembros del comité, profesor Eduardo Somarriba, PhD, por el valioso apoyo brindado para la comprensión y aplicación de conceptos de la agroforestería. Al profesor Manuel Gómez, MSc, por sus atinadas críticas y sugerencias con relación al análisis financiero, y a Steven Shultz, PhD, por sus enseñanzas.

A la Cooperativa Agrícola, Industrial y de Servicios Múltiples El General R.L (COOPEAGRI), en particular su gerencia, representada por el Lic. Heladio Sancho, por los datos proporcionados, las orientaciones del área de Investigación y Desarrollo, y la atención personal del Ing. Henry Rojas.

A los caficultores de Rivas, juventud y experiencia en la cultura del café, siempre en armonía con la naturaleza, por su generosidad y su confianza. En especial a José ortíz Chinchilla y familia de la comunidad de Chimiro, por compartir su optimismo, y su disposición a enseñar y aprender.

A Luis Hernández de San Gerardo de Rivas, por su hospitalidad, gran anfitrión y amigo. A Bohiner y Leonardo, por su ayuda en el trabajo de campo y su amistad.

A los profesores de CATIE que se empeñaron en dar una formación de primer nivel. Bryan Finegan y Christopper Kleinn, entre otros, dejaron huella.

A Manuel Rincón, paisano y compañero de la generación 96-97, y sobre todo amigo. Siempre dispuesto a atender mis desencuentros con la PC. A mis compañeros de la promoción 96-97, por el ambiente fraternal que pudimos construir, en especial, Carlos Romellón y Lizet. Las muestras de solidaridad de todos, serán inolvidables

A Don Claudio, Doña Mary y los Mayelos, porque nos dieron una familia en Costa Rica.

A todos los profesionales de CATIE. Su vocación de servicio es admirable, en especial Adi (biblioteca), Rosmary, Janet, Molina, Tomás y Alfonso (postgrado), y el macho Guayabo, que tanto contribuyen al éxito académico de los estudiantes.

A Dios.

BIOGRAFÍA.

El autor nació en una comunidad rural del municipio de Paso de Ovejas, Estado de Veracruz México el 17 de Marzo de 1958.

Realizó sus estudios básicos (primaria, secundaria y bachillerato) en escuelas estatales del Estado de Veracruz México, de 1964 a 1975.

De 1975 a 1980 cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo especialista en Economía Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo, México.

Laboró de 1980 –1982 como evaluador de proyectos en el Programa de Desarrollo Rural Integral, en la delegación de la Secretaría de Programación y Presupuesto del Gobierno federal, en el Estado de Quintana Roo México.

Posteriormente trabajó como profesor de la Universidad Autónoma Chapingo, en el Centro Regional Universitario Oriente, con sede en Huatusco Veracruz México (19982-1992), y una comisión de 1992 a 1995 al Centro Regional universitario Sur, con sede en Oaxaca México.

Ingresó al Programa de Maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE) en Enero de 1996. Obtuvo el título de *Magister Scientiae* en 1977, en el área de Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, con énfasis en Economía y Sociología Ambiental.

ÍNDICE

Resumen	vii
Summary	viii
Lista de cuadros	ix
Lista de figuras	x
CAPÍTULO 1. Reconocimiento de Sistemas Agroforestales sombra-café y sus características de rentabilidad y riesgo: Introducción	
Introducción	1
Bibliografía	6
CAPÍTULO 2. Reconocimiento de Sistemas Agroforestales sombra-café en Rivas de Pérez Zeledón: la tipología	
Introducción	7
Métodos	8
Resultados	15
Discusión	19
Conclusiones	26
Bibliografía	28
Cuadros	29
CAPÍTULO 3. Reconocimiento de Sistemas Agroforestales sombra-café: producción de café y análisis de presupuesto parcial	
Introducción	36
Métodos	38
Resultados	42
Discusión	45
Conclusiones	47
Bibliografía	49
Cuadros	50
CAPÍTULO 4. Reconocimiento de Sistemas Agroforestales sombra-café en Rivas de Pérez Zeledón: precio, rendimiento y riesgo financiero.	
Introducción	53
Métodos	55
Resultados	61
Discusión	74
Conclusiones	77
Bibliografía	78
Cuadros y figuras	80
CAPÍTULO 5. Reconocimiento de sistemas Agroforestales Sombra-café y sus características de rentabilidad y riesgo: conclusiones	
.....	84

Sosa R. 1997. Reconocimiento de Sistemas Agroforestales Sombra-café y sus características de Rentabilidad y riesgo en Rivas de Pérez Zeledón Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba Costa Rica. CATIE 87 p

Palabras clave: sistemas agroforestales, rentabilidad, riesgo, simulación de precios, análisis financiero, café, plátano, poró, Costa Rica.

RESUMEN

El estudio sistematiza la experiencia agroforestal de la caficultura en el Distrito de Rivas de Pérez Zeledón en sus componentes técnico y financiero, con el propósito de identificar, ubicar y comprender formas de utilización productiva y sostenibles de las tierras de ladera en el trópico húmedo.

El reconocimiento de Sistemas Agroforestales sombra-café (SAF's) se basa en el Análisis de Componentes Principales. Una vez acotados los SAF's se realiza un análisis de rentabilidad y riesgo, poniendo especial atención en las características de las variables que afectan a los beneficios netos del caficultor, esto es, el precio y el rendimiento.

Se tipificaron tres Sistemas Agroforestales, que de acuerdo al predominio de algunos componentes se les ha llamado: SAF I 'café-poró-musaseas', SAF II 'café-poró' y SAF III 'café-sombra diversificada'. El poró es *Erythrina poeppigiana* y la musasea predominante es plátano (*Musa AAB*). El SAF I es el más rentable y el de menor riesgo, mientras el SAF II tiene los peores resultados para ambos conceptos. Finalmente, la combinación 'café-sombra diversificada', o sea el SAF III, ocupa el sitio intermedio.

El análisis de presupuesto parcial fue insuficiente para determinar la situación financiera debido a que no considera el desempeño de las variables de interés, y en particular, los factores que afectan al rendimiento.

En el análisis de riesgo se hicieron una serie de correcciones, y ajustes, aplicando transformaciones de las variables de estas variables, siendo de particular utilidad la Transformación Seno Hiperbólica Inversa (IHSI) (Ramírez 1997). También se hicieron ajustes de rendimiento mediante regresión no normal. La confirmación de no normalidad (asimetría y kurtosis) y el carácter autoregresivo de primer orden en el precio, así como la no normalidad de los rendimientos ajustados, que se transmiten a los beneficios netos del caficultor son fundamentales para reconocer la rentabilidad y riesgo de los sistemas agroforestales.

Sosa, R. 1997. Reconozish of agroforestals systems shadow-coffe and their characteristics of rentability and risk in Rivas Pérez Zeledón Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba Costa Rica CATIE. 87 p.

Key words: agroforestals systems, rentability, risk, simulation of prices, , financial analysis, coffe, *Erythrina*, *Musa*, , Costa Rica.

SUMMARY

The study systemish the agroforestal experience of the coffeculture in the town of Rivas Pérez Zeledón in their tecnicos and financials components, with the purpose of identify, to situate, and understand way of productive utilization and sustainable of slope lands in humid tropic.

The reconozing of agroforestal systems shadow-coffe (SAF's) is based in the analysis of main components. Ove time to marks the SAF's to realice an analysis of rentability and risk puting special attention in the characteristics of the variable that affect the coffeculture net benefits, this is, the price and yield.

It typefy three agroforestal systems, that in agree to the predominance has been called : SAF I 'coffe-poró-musaseas', SAF II 'coffe-poró' y SAF III 'coffe- diversificade shadow. The poró is *Erythrina poeppigiana*, and the musaseae predominant is plátano (*Musa AAB*). The SAF I is more rentable and with lest risk, while the SAF II has the worse results for boths concepts. Finally, the combination coffe-diversificade shadow (SAF III) occupy the intermedium site.

The analysis of parcial budget was insufficient for determinate the financial situation due that not consider the fulfillment of variables of interest, and in particular, the factors that affect the yield.

In the analysis of risk it made serie of corrections and adjustment, applying transformations of variables. Of this variables been of particular utility the inverse hyperbolic sine transformation (IHST) (Ramírez 1997). Also it made adjust of yelding through no normal regression.

LISTA DE CUADROS.

Capítulo 2.

1. Variables utilizadas para definir Sistemas Agroforestales Sombra-Café.
2. Valores propios a partir de la matriz de correlación. 57 observaciones y 34 variables interrelacionadas.
3. Vectores propios 2 y 3 definen sistemas agroforestales. 57 observaciones y 34 variables originales.
4. Ubicación de parcelas en sistemas agroforestales según cinco componentes principales.
5. Diferencias entre sistemas agroforestales sombra-café con relación a características del dosel de sombra.
6. Diferencias entre sistemas agroforestales sombra-café con relación a características del cafetal.
7. Diferencias entre sistemas agroforestales sombra-café con relación a indicadores de rendimiento.
8. Diferencias entre sistemas agroforestales sombra-café con relación a costos promedio de manejo en el ciclo 1996-1997.
9. Diferenciación de sistemas agroforestales sombra-café según características del suelo y la pendiente del terreno en que se ubica la parcela agroforestal.

Capítulo 3.

1. Matas cosecheras y costos variables por ha en los sistemas agroforestales sombra-café en Rivas de Pérez Zeledón.
2. Presupuesto parcial, sin considerar producción de plátano.
3. Análisis marginal, sin considerar producción de plátano.
4. Presupuesto parcial, incluyendo producción y venta de plátano.
5. Análisis marginal, incluyendo producción y venta de plátano.

Capítulo 4.

1. Precio FOB del café de exportación de Costa Rica. Período 1909-1910 a 1995-1996.
2. Precio FOB, precio de liquidación final al productor y porcentaje al productor. Período 1967-1968 a 1995-1996. US\$ nominales.
3. Parámetros y pruebas estadísticas de la IHST del precio FOB del café. Período 1909-1910 a 1995-1996.
4. Análisis de riesgo financiero a partir de la distribución estadística de los precios FOB esperados en los años 1997 y 2007.
5. Parámetros y pruebas estadísticas de la IHST del rendimiento estimado en campo. Cosecha 1997-1998.
6. Análisis de riesgo financiero a partir de la distribución estadística de rendimientos estimados y ajustados para la cosecha 1997-1998.
7. Distribución probabilística de rendimientos simulados a partir de los rendimientos estimados y ajustados para la cosecha 1997-1998.
8. Análisis de riesgo financiero a partir de la distribución estadística conjunta del precio FOB esperado en 1997 y rendimientos ajustados de la cosecha 1997-1998.

LISTA DE FIGURAS.

Capítulo 4.

1. Precio FOB del café y la tendencia del modelo de modelo de regresión , período 1914-1996. (US\$ de 1996).
2. Precios FOB esperados del café de exportación de Costa Rica. Período 1997-2017. (US\$ de 1996).
3. Precio Fob y Precio de liquidación al campo, nominales (US\$).
4. Participación del productor del precio FOB (US\$).
5. Distribución estimada de frecuencias del precio FOB esperado del café de exportación de Costa Rica. Años 1997, 2007 y 2017. (US\$ de 1996 por ha).
6. Beneficios Netos esperados y su probabilidad de ocurrencia en 1997, según distribución estimada de frecuencias del precio esperado (US\$ de 1996 por ha).
7. Beneficios Netos esperados y su probabilidad de ocurrencia en el año 2007, según distribución estimada de frecuencias del precio esperado (US\$ de 1996 por ha).
8. Frecuencia acumulada de beneficios Netos esperados en 1997, a partir de la distribución de probabilidades de precios simulados (US\$ de 1996).
9. Frecuencia acumulada de beneficios Netos esperados en el año 2007, a partir de la distribución de probabilidades de precios simulados (US\$ de 1996).
10. Distribución estimada de frecuencias de rendimientos ajustados, cosecha 1997-1998. Fanegas por ha..
11. Beneficios Netos esperados según la distribución estimada de frecuencias de rendimientos en la cosecha 1997-1998 (US\$ de 1996).
12. Frecuencia acumulada de beneficios Netos esperados, estimados a partir de la distribución de rendimientos ajustados. Cosecha 1997-1998 (US\$ de 1996).

CAPÍTULO 1.
RECONOCIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES SOMBRA-CAFÉ Y SUS
CARACTERÍSTICAS DE RENTABILIDAD Y RIESGO:
INTRODUCCIÓN.

La agroforestería es un nombre genérico para sistemas de uso de la tierra en los cuales crecen árboles en asociación con cultivos agrícolas y/o pasturas y ganado en un arreglo espacial o secuenciados en el tiempo, habiendo interacciones ecológicas y económicas entre los árboles y los componentes no arbóreos del sistema. Las interacciones económicas significan que los componentes arbóreos y no arbóreos cada uno sirve para cubrir algunas de las necesidades de los productores; sea para subsistencia (tales como necesidades de alimento, forraje y leña) o en efectivo (Young 1988; Nair 1995).

En esencia, es una forma de cultivo múltiple que satisface tres condiciones básicas: 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 1990a).

También se reconoce que es una práctica tradicional milenaria de cultivo de árboles en fincas para beneficio de la familia del agricultor, habiendo sido traída desde el conocimiento autóctono hasta la frontera de la investigación agrícola en las últimas dos décadas; y de allí ha sido promovida como una practica que mejora la sostenibilidad, combinando los mejores atributos de la agricultura y la forestería (Sánchez 1995).

La agroforestería es comparable en muchas formas con otras partes del sistema de finca. Característica especiales son que incluye un gran número de especies, configuraciones e intensidades de manejo; que tienen una gestación mas prolongada que los cultivos agrícolas, y que sus componentes tienen usos múltiples (Current, Lutz y Scherr 1995a); pero su rasgo fundamental es la incorporación de perennes maderables, que se incluirían simplemente para mejorar el ingreso, o para beneficios más complejos, tales como, amortiguar riesgo, provisión de productos para consumo doméstico, diversificación del ingreso, o por ventajas ambientales que son menos fácilmente cuantificables (Wood 1989).

El subsistema familia provee propósitos y organización a los múltiples sistemas de producción que se integran a un sistema de finca, específicamente, sobre decisiones relacionadas con el establecimiento de prioridades, asignación de recursos, manejando producción, realizando actividades y distribuyendo productos del sistema (Ávila 1992).

La disposición de los componentes y subsistemas proporcionan al sistema sus propiedades estructurales, mientras que los cambios de materia, energía o información representan sus propiedades funcionales (Hart 1990).

Cada recurso se valora en términos de calidad, cantidad y conveniencia, lo cual depende de ubicación, tiempo y/o fuente; mientras que las metas tienen que ver con necesidades físicas y psicológicas, destacando: la satisfacción de necesidades básicas, generación de ingreso y flujo de caja favorable, conservación e incremento de los recursos, recreación y tiempo libre, reconocimiento y aceptación en la comunidad. (Ávila 1992).

La agroforestería es una alternativa para atenuar los efectos más dañinos de la actividad humana sobre los ecosistemas frágiles (Sánchez 1995); y en un ambiente tropical se sustentaría sobre sus ventajas ecológicas con relación al monocultivo aunque no ofreciera consistentemente beneficios extraordinarios de tipo financiero o no financiero (Price 1995).

Un particular sistema de producción podría ser usado para asegurar el alimento familiar (tal vez a una menor tasa de retorno), y una vez cubierto ese objetivo, el agricultor podría invertir los recursos remanentes en un sistema para la generación de los retornos más altos (Scherr 1995).

Con todo, un posible indicador del impacto de la agroforestería vendría siendo el mejoramiento de bienestar socioeconómico, medido a través de una mejora del nivel o estabilidad del ingreso o la productividad del trabajo (Scherr y Müller (1991),

Los sistemas adoptados, y la escala y ritmo de adopción dependerían de cuestiones como disponibilidad de recursos y restricciones específicas que enfrenta el agricultor, pero la rentabilidad percibida es determinante sobre la decisión de incluir agroforestería en las actividades de la finca (Current, Lutz y Scherr 1995a); aunque se reconoce que la dimensión socioeconómica de la agroforestería es más compleja debido a aspectos relacionados con variabilidad temporal y espacial, factores de escala, multiplicidad de los

productos y servicios; los procesos económicos, sociales y ecológicos que involucra, etc. (Sánchez 1995).

Current, Lutz y Scherr (1995a) generaron los datos sobre insumos, productos, costos y precios requeridos para desarrollar el presupuesto multianual de la empresa agroforestal en varias formas; entre ellas, combinando datos y medidas de parcelas obtenidas mediante encuestas de una sola visita a productores y de visitas múltiples de estudio de fincas, y resultados de ensayos de investigación en fincas. Los costos y beneficios fueron calculados con base en los precios que esos agricultores enfrentan, sin intentar ajustes por distorsiones económicas. Los productores fueron caracterizados según sus medios económicos y los costos de oportunidad de su tierra, mano de obra y recursos de capital en agroforestería.

Así, las variables clave enfocan sobre un amplio rango de insumos ó productos ó la tecnología; esto es, elementos tangibles e intangibles. Los principales insumos son: tierra, trabajo, insumos localmente producidos, insumos externamente producidos y el tiempo para las operaciones de manejo (Ávila 1992).

Finalmente, la rentabilidad es una condición necesaria mas no suficiente de sostenibilidad, habiendo muchos sistemas rentables que no son sostenibles en términos agronómicos, sociales o ecológico; y no obstante, los sistemas agroforestales mas sostenibles son aquellos que combinan un producto de alto valor en el mercado tales como café o cacao, con prácticas biofísicas sanas (Sánchez 1995).

De ahí la necesidad de ubicar la sostenibilidad tanto en el corto como en el largo plazo. En el sentido económico de corto plazo, la sostenibilidad implica una habilidad para sobrevivir a fluctuaciones en las condiciones de producción y venta (Price 1995).

En otro sentido, Godoy (1993) muestra que las definiciones y mediciones para las ganancias varían dependiendo del punto de vista que se escoja, además de algunos factores que *per se* afectan la medición de las ganancias. Como una muestra de factores 'obvios' que afectan las ganancias incluye: trabajo (mano de obra), tasa de descuento, riesgo, inflación, préstamos, impuestos, subsidios, equipo y herramienta, externalidades, tierra, tipo de cambio y precios de producción.

Finalmente, la tecnología agroforestal más atractiva para los agricultores podría no ser la misma tecnología que una institución financiera encontraría rentable financiar, lo cual es particularmente cierto donde existen serias distorsiones en los mercados de trabajo, tierra, capital o información (Scherr 1995).

La utilidad social será más alta donde los productores adopten la práctica que genera la más alta tasa de retorno para los recursos productivos disponibles, considerando todos los costos y beneficios, internos y externos. Algunos productores prefieren las inversiones que proveen las más altas tasas de retorno directas al capital. Si la agricultura es la actividad más importante, los retornos a la tierra serán más críticos; pero otros buscarán maximizar su retorno al trabajo familiar (Scherr 1995).

Rao y Sing (1990), comparando productividad y riesgo en dos sistemas de cultivos asociados contrastantes encontraron, con base en los retornos promedio, que los sistemas asociados fueron más rentables con retornos menos variables que uno y otro de sus respectivos componentes, como cultivos en bloques.

Muchos sistemas agroforestales son rentables para los productores en un considerable rango de condiciones económicas. Los análisis económicos realizados por Current, Lutz y Scherr (1995a) indicaron rentabilidad a tasas reales de descuento de 20% o más.

La caficultura es una de las pocas alternativas de uso productivo de la tierra y principal fuente de riqueza del Cantón de Pérez Zeledón, habiéndose producido 346 420 fanegas¹ en el ciclo 1996-1997, después de un fuerte descenso con respecto al ciclo anterior, cuya producción había superado las 400 mil fanegas (ICAFÉ 1997a), siempre bajo formas productivas con claro predominio de la tecnología agroforestal.

El reconocimiento de los sistemas agroforestales sombra-café y sus características de rentabilidad y riesgo financiero es parte del proceso de construcción de una metodología para identificar, ubicar y comprender formas de utilización productiva y sostenibles de las tierras de ladera en el trópico húmedo, para su eventual validación, difusión y/o mejoramiento en otras latitudes.

¹ Una fanega = 20 cajuelas = dos doble hectolitros DHL (400 litros) de fruta (Aprox. 1 Qq de café verde)

El objetivo general de este estudio es caracterizar y analizar, técnica y financieramente, la experiencia agroforestal de la caficultura en el Distrito de Rivas, Cantón de Pérez Zeledón Costa Rica; y nuestra hipótesis de trabajo es que al menos uno de los principales Sistemas Agroforestales que han evolucionado en la caficultura de Rivas es rentable, en especial si se considera el riesgo financiero que resulta de la variabilidad del precio del café, y las características específicas de los rendimientos en la región.

El estudio se desarrolla en cuatro capítulos adicionales, cada uno de los cuales responde a objetivos específicos en el orden siguiente. Primero, identificar los sistemas agroforestales sombra-café en una región cafetalera con tradición agroforestal. Segundo, estimar los principales indicadores financieros de rentabilidad para un ciclo cafetalero, de los Sistemas Agroforestales identificados. Tercero, medir y explorar la utilidad del riesgo financiero de los principales Sistemas Agroforestales. Cuarto, explorar la utilidad del análisis de riesgo, con respecto a los Sistemas Agroforestales sombra-café tipificados.

En este estudio se efectúa un reconocimiento de Sistemas Agroforestales sombra-café (SAF's) utilizando el Análisis de Componentes Principales. Una vez acotados los SAF's se realiza un análisis de presupuesto parcial, que permite conocer los resultados financieros de la última cosecha (1997/1998). Por último, se realiza un análisis dinámico acerca de la rentabilidad y riesgo financiero, poniendo especial atención en las características estadísticas de las principales variables de interés, esto es, precio y el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA.

- AVILA, M. 1992. Economics of agroforestry systems. In Sullivan, G.M.; Huke, S.M.; Fox, J.M. eds. Financial and economics analysis of agroforestry systems. Proceedings of a workshop held in Honolulu, Hawaii, USA, July 1991. pp. 52-63
- CURRENT, D.; LUTZ, E.; SCHERR, S. J. 1995a. The costs and benefits of agroforestry to farmers. The World Bank research Observer 2: 151-180. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- GODOY, R. 1993. Beyond Chayanov: investment Decisions in the Rural Third World-the Viewpoint of Farmers, Bankers, and the Central Government. Human organization 52: 25-25-31. Society for applied Anthropology.
- HART, R. 1990. Componentes, subsistemas y propiedades del sistema finca como base para un método de clasificación. In ESCOBAR, G. y BERDEGUÉ, J. eds. Tipificación de Sistemas de Producción Agrícola. Red Internacional de metodologías de investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). Santiago de Chile. pp.13-43.
- ICAFÉ. 1997a. Datos de la Oficina de Pérez Zeledón Costa Rica. Inédito.
- NAIR., P. K. R. 1993. An Introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers/ICRAF. The Netherlands. 491 p.
- PRICE, C. 1995. Economic evaluation of financial and non-financial costs and benefits in agroforestry development and the value of sustainability. Agroforestry Systems: 30: 75-86.
- SANCHEZ, P. A. 1995. Science in Agroforestry. Agroforestry Systems 30: 5-55. Netherlands.
- SCHERR, S. J. and MÜLLER, E. U. 1991. Technology impact evaluation in agroforestry projects. ICRAF. Reprint No. 81. (Reprinted from Agroforestry Systems 13:235-57, 1991).
- SCHERR, S.J. 1995. Economic Analysis of Agroforestry Systems: The farmers Perspective. In. Current, D.; Lutz, E.; Scherr, S.J. eds. Costs, Benefits, and Farmer adoption of agroforestry. A CATIE-IFPRI-World Bank Project. The World Bank. Washington, D. C. pp 28-44.
- SOMARRIBA, E. 1990a. ¿Qué es agroforestería? El Chasqui. Boletín informativo sobre recursos naturales renovables 24:5-13. CATIE. Turrialba Costa Rica.
- WOOD, P. J. 1989. Agroforestry and Decision Making in Rural Development. ICRAF. Nairobi. Reprint No. 52. (Reprinted from Forest Ecology and Management 24: 191-201. Amsterdam 1988).
- YOUNG, A. 1988. Agroforestry and its potential to contribute to land development in the tropics. ICRAF. Nairobi. Reprint No. 47. (Reprinted from Journal of Biogeography 15: 19-30).

CAPITULO 2.

RECONOCIMIENTO DE SISTEMAS AGROFORESTALES SOMBRA-CAFÉ EN RIVAS DE PÉREZ ZELEDÓN: LA TIPOLOGÍA.

1. INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de los sistemas agroforestales sombra-café y sus características de rentabilidad y riesgo financiero es parte del proceso de construcción de una metodología para identificar, ubicar y comprender formas de utilización productiva y sostenibles de las tierras de ladera en el trópico húmedo, para su eventual difusión y/o mejoramiento.

El énfasis en la estructura del dosel de sombra para la caracterización de parcelas agroforestales sombra-café es una constante en la literatura. Un lugar privilegiado ocupan la estructura del dosel de sombra, conformada por las especies, la densidad poblacional, distribución espacial, estratificación vertical, etc., mientras que el manejo de la sombra puede calificarse según regularidad, frecuencia e intensidad (Somarriba 1996a).

Somarriba (1996b) considera la abundancia de especies, categorías de uso y estratificación; mientras que Jiménez (1979) destaca la dominancia de alguna especie en particular o el carácter mixto del dosel, y profundiza en la distribución y estratificación de los componentes del cafetal, y considera detalles como la distancia y distribución de los individuos por especie y la cobertura, y para la estratificación revisa la altura de los troncos de los árboles y de los cafetos, tallos libres de ramas, tamaño y forma de la copa, altura del pseudotallo de los plátanos y longitud de las hojas

Con relación al sistema agroforestal 'café-especies arbóreas', Villatoro (1986) define perfiles que en forma horizontal y vertical presentan la distribución del sistema de acuerdo a la especie dominante en el estrato arbóreo, pero también describe asociaciones que varían de acuerdo al número de especies de sombra. Completa la caracterización con aspectos silviculturales de manejo de las especies de sombra (distancias de siembra y densidades, edad de los árboles, regulación de sombra, tipos de uso de las especies, etc.), y los descriptores básicos del cultivo (variedad establecida, distancia de siembra, y edad de la plantación); más las características de manejo (de tejido productivo, control de malezas, fertilización, plagas, enfermedades, cosecha).

Espinoza (1983) distingue al 'café con sistemas agroforestales' como una clase de cafetal, al cual se puede caracterizar de acuerdo a una estructura vertical compuesta por varios pisos y las especies componentes de la sombra. Además, estas tienen variadas cualidades y usos múltiples que contribuyen a esa caracterización.

En una descripción de plantaciones de café, Somarríba (1990b) destaca las características y origen de las especies de sombra dominante, densidad y manejo de sombra, y presencia de alguna otra especie maderable o frutal, o ambos, en el dosel.

Una encuesta preliminar mostró que todas las parcelas con café tienen un dosel de sombra, así como un fuerte predominio de árboles de servicio (*Erythrina sp* e *Inga sp*) que son podados regularmente, hasta 2 y 3 veces al año. También aparecen con frecuencia las musáceas, y sólo de manera marginal existen diseminados algunos individuos de otros tipos, en particular frutales, y maderables como el cedro amargo (*Cedrela mexicana*). Además hay indicios de fuertes contrastes en la estructura del dosel de sombra al interior de cada parcela, o sea, la posibilidad de encontrar mas de un sistema en cada cafetal.

El estudio pretende sistematizar la experiencia agroforestal de la caficultura regional en sus componentes técnico, en el nivel de parcela agroforestal, para el Distrito de Rivas de Pérez Zeledón. El objetivo es identificar los sistemas agroforestales sombra-café en una región cafetalera con tradición agroforestal de Costa Rica. En una fase posterior, esta tipología de sistemas agroforestales sombra-café constituirá el marco referencial de un análisis de rentabilidad y riesgo de la caficultura de Rivas.

El conocimiento empírico de la caficultura regional fue básico para construir el conjunto de variables y su aplicación en un análisis de componentes principales, para la identificación de Sistemas Agroforestales. También fueron el soporte metodológico para definir la propuesta de muestreo.

2. MÉTODOS.

2.1. Selección de variables

En la estructura del dosel de sombra se definieron: riqueza de especies, que indica el número de especies presentes en el dosel; abundancia, o sea, la población total y la

población de cada uno de los grupos de especies afines reconocidas en campo: poró (*Erythrina sp*), guaba (*Inga sp*), musaseas, frutales, y otras leñosas diferentes a las anteriores. La composición, que hace referencia a la presencia relativa de cada uno de esos grupos respecto a la población total del dosel de sombra.

En forma análoga se definieron para el cafetal variables relativas a riqueza, referidas aquí a variedades de café; abundancia, considerando población total o densidad, así como la cantidad de podas, resiembras, fallas y cosecheras. La composición, o sea, la presencia relativa de cada uno.

Un tercer grupo de variables se refiere a las características de las matas cosecheras de café, y algunas extrapolaciones por ha (ejes ortotrópicos por mata, ejes cosecheros por ha, edad del cafetal, edad del tejido productivo y la cantidad de ejes plagiotrópicos por mata cosechera). Y por último, se incluyeron variables de rendimiento (granos por mata, granos por eje cosechero, granos por bandola o eje plagiotrópico), y la pendiente, como característica de sitio. En total fueron 14 variables que se reportan en el cuadro 1.

2.2 El análisis multivariado.

Pla (1986) señala que un conjunto de datos constituye una muestra aleatoria multivariada si cada individuo ha sido extraído al azar de una población de individuos y en él se han medido u observado una serie de características. Sean x_{ij} la observación de la j -ésima variable en el i -ésimo individuo, X_i el vector fila que contiene las observaciones de todas las variables en el i -ésimo individuo y X_j el vector columna que contiene todas las observaciones de la j -ésima variable. Se define una matriz de datos multivariados como el arreglo

$$X = x_{ij} = \begin{matrix} & x_{11} & \dots & \dots & \dots & x_{1p} \\ & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & x_{np} \end{matrix} \quad \text{de dimensión } (n \times p).$$

Las técnicas multivariadas son herramientas eficaces para expresar, interpretar e inferir el comportamiento interrelacionado que presentan las variables involucradas en todo proceso productivo. La estrategia multivariada indica que se realiza una aproximación al fenómeno en forma integral, considerando las variables condicionantes como un sistema cuya estructura de dependencia se desea conocer para poder interpretar el fenómeno (Pla 1997).

El primer paso del enfoque de sistemas y de la estrategia multivariada consiste en identificar los elementos del sistema y del entorno tomando en cuenta las peculiaridades locales (Pla 1997).

En este caso se consideraron 34 variables agrupadas en cuatro temáticas generales que son: 1) la estructura del dosel de sombra, 2) el cafetal, 3) rendimientos, y 4) la pendiente del terreno, como única variable ambiental cuantitativa disponible (Cuadro 1).

2.3. Análisis por Componentes Principales. El concepto.

El análisis por componentes principales es una técnica multivariada que permite la estructuración de un conjunto de datos obtenidos de una población cuya distribución de probabilidades no necesita ser conocida. Es una técnica matemática que no necesita de un modelo estadístico para explicar la estructura probabilística de los errores; aunque, si el tamaño de la muestra es tal que pueda asumirse una distribución multinormal de la población (ya sea por aumento en el número de variables o por el número de individuos que integran la muestra), puede evaluarse la significación estadística en los componentes, esto es, asociar a cada uno de ellos una medida de confiabilidad (Pla, 1986)

El análisis por componentes principales se basa en una transformación lineal de las observaciones originales. Esta transformación lineal que satisface las exigencias de dicho análisis es conocida en el campo del álgebra vectorial como generación de vectores y valores propios, o también vectores y valores característicos. El vocablo original, de raíz anglosajona es 'eigen' y, por eso, se le ha traducido como eigen valores o eigen vectores (Pla, 1986).

Isebrands y Crow (1975), citado por Contente de Barros (1986), percibe el análisis por componentes principales como un proceso analítico para transformar un conjunto de

variables en otro conjunto de variables o componentes que tienen las siguientes propiedades: a).- Son funciones lineales de las variables originales, b).- son ortogonales; esto es, independientes unos de otros, c).- La variación total de los componentes principales es igual a la variación total de las variables originales; consecuentemente, las diferencias entre las variables observadas no se pierden en la transformación; y d).- la varianza asociada a cada componente decrece ordenadamente, de tal manera que el primero absorberá la mayor proporción posible de variación total; el segundo absorberá una mayor proporción de la variación remanente, y así sucesivamente

2.4. Generación de los componentes principales.

El análisis por componentes principales se hace para: a).- Generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos; b).- Reducir la dimensionalidad del problema que se está estudiando, como paso previo para futuros análisis, y; c).- Eliminar, cuando sea posible, algunas de las variables originales si ellas aportan poca información. También resulta que: a).- Los componentes principales no están correlacionados y si, además, puede suponerse multinormalidad en los datos originales, son independientes, y; b).- Cada componente principal sintetiza la máxima variabilidad residual contenida en los datos (Pla, 1986).

Así, al estudiar un conjunto de n individuos mediante p -variables es posible encontrar nuevas variables denominadas $Y(k)$, $k=1, \dots, p$ que sean combinaciones lineales de las variables originales $X(j)$, e imponer a este sistema ciertas condiciones que permitan satisfacer los objetivos del análisis por componentes principales. Esto implica encontrar $p \times p$ constantes tales que:

$$Y(k) = \sum_{j=1}^p l(jk) X(j), \quad k=1, \dots, p,$$

donde $l(jk)$ es cada una de esas constantes.

En cada nueva variable $Y(k)$ intervienen todos los valores de las variables originales $X(j)$. El valor numérico de $l(jk)$ indicará el grado de contribución que cada variable original aporta a la nueva variable definida por la transformación lineal. Es posible que $l(jk)$ tenga

en algún caso particular el valor cero, o cercano a cero, lo cual indica que esa variable no influye en el valor de la nueva variable $Y(k)$ (Pla, 1986).

En principio, si se conocen los valores propios generados por la matriz de covarianza de un conjunto de datos, es posible calcular todas las constantes que forman la matriz L de transformación, y una vez encontrada esta matriz, es posible premultiplicar la matriz original X y obtener una nueva matriz de datos Y . Esta matriz de datos transformada llevará las características deseadas; primero, para cada observación o individuo tendrá p valores que corresponden a cada uno de los componentes principales o nuevas variables; segundo, la matriz de covarianzas de este conjunto de datos será diagonal (ya que las nuevas variables no están correlacionadas) y los valores de las varianzas de cada variable serán los valores propios encontrados al resolver el polinomio característico de la matriz de covarianza de los datos originales; tercero, la varianza del primer componente será la mayor, y cada uno de los siguientes componentes tendrá una varianza menor, y cuarto; el vector promedio de la nueva matriz también experimentará la misma transformación lineal (Pla 1986)

Finalmente, si se utiliza la matriz de correlación para generar los componentes principales, deberá usarse la matriz X estandarizada (variables con media cero y varianza unitaria) para aplicar la transformación, ya que el método de componentes principales es sensible a los cambios de escala y será imposible obtener nuevas variables no correlacionadas (componentes principales) si se emplea expresiones diferentes para el cálculo de la matriz ' L ' y de la matriz ' Y ' (Pla 1986).

2.5. Estratificación por componentes principales.

Para identificar los SAF SOMBRA-CAFÉ se considerarán los componentes principales que en conjunto explican la mayor variabilidad de la muestra, pero particular interés tienen las combinaciones lineales cuyo valor se encuentre más interrelacionado con las variables que dan cuenta de las características del dosel de sombra. Ello significa que se puede prescindir hasta del primer componente, llegado el caso, si no da cuenta de esta relación. Para fines descriptivos sólo se recurre a todos aquellos que explican una

variabilidad superior al promedio, o bien, si hay alguna interrelación con alguna variable de interés, por ejemplo, rendimiento.

2.6. Diferenciación de Sistemas Agroforestales sombra-café.

Se considera la aplicación de pruebas de significancia estadística para comparación de medias y varianzas que permitan reconocer diferencias entre los SAF's encontrados, así como aplicar el estadístico Chi-cuadrado para detectar o en su defecto descartar algún tipo de asociación entre los tipos de SAF's y los tipos de suelo en que se encuentra la parcela agroforestal. Lo mismo se hará con relación al manejo realizado en el presente ciclo cafetalero, aunque también se intenta la construcción de una relación funcional entre rendimientos y características de manejo. Se contará con una tipología de suelos cafetaleros y una tipología de manejo de cafetales, donde el Análisis de Componentes Principales es la herramienta fundamental

2.7. La técnica de muestreo, la encuesta y las parcelas de medición.

Inicialmente se consideró utilizar un muestreo por conglomerado en dos etapas con base en la variable económica 'superficie cultivada' por productor, pero resultó más práctico y útil hacer un muestreo dirigido atendiendo a la mayor variabilidad posible de condiciones ambientales. Esta elección se hizo para disponer de datos de análisis de suelo, para una evaluación del efecto de los factores ambientales sobre el desempeño de un Sistema Agroforestal. Un muestreo aleatorio no hubiese dado acceso a esos datos.

La encuesta aportó suficiente información sobre actividades, y una buena aproximación a los costos de producción de la parcela agroforestal sombra-café, pero fue necesario realizar toma de datos en nivel de parcelas de medición de 20*20m cada una para levantar un registro de los componentes del sistema agroforestal, tanto en el dosel de sombra como en el estrato arbustivo formado por el cafetal, y para cotejar los datos de rendimiento del cafetal mediante estimaciones de cosecha realizadas en las mismas parcelas de medición.

Se hizo un muestreo para estimación de cosecha en 1 ó 2, y a veces 3 parcelas de medición por cada finca visitada. El sistema aplicado fue una aproximación al propuesto

por Sánchez y Ramírez (1982); esto es, un estratificado con cálculo de tamaño de muestra mediante distribución de Neyman y localización de sitios por medio de muestreo sistemático aleatorio.

Todos los sitios donde se hizo estimación de cosecha contaban con análisis de suelo recientes, con menos de 2 años. La excepción fueron dos parcelas visitadas a las cuales se asignó los datos de una parcela vecina.

2.8. Diseño y prueba de cuestionario, muestreo preliminar y ajustes

El primer cuestionario implícitamente asumía el predominio de: 1) sombra tradicional con gran diversidad de especies cultivadas o manejadas o fomentadas o toleradas, así como variados usos y destino; 2) cafetales con mezclas de especies y variedades, y 3) una relativa homogeneidad al interior de cada parcela cultivada. El muestreo preliminar indicó que esta no era la situación prevaleciente, haciéndose las adecuaciones pertinentes.

El trabajo de campo de la encuesta definitiva se hizo en dos etapas: la primera para generar los insumos básicos del análisis financiero, así como referentes para la segunda, la cual, a través de parcelas de medición, proporcionaría los insumos para el análisis de componentes principales.,

2.9. Sistematización de datos.

Se construyeron tres archivos: 1) con los datos de las parcelas de medición, cuyo procesamiento llevaría a tipificar los Sistemas agroforestales existentes, 2) con los datos de manejo de cafetales correspondientes al presente ciclo cafetalero y el inmediato anterior, que se usará para generar los promedio de costos actuales de cada SAF previamente tipificado, que se incorporarán al análisis e rentabilidad y riesgo; y, 3) datos del análisis de suelos, incluyendo todos los productores entrevistados y un conjunto adicional de sitios que no se registraron en la encuesta, pero que amplía el tamaño de muestra para llegar a 'tipos de suelos cafetaleros'.

3. RESULTADOS.

3.1. Reconocimiento de los sistemas agroforestales.

Para diferenciar los Sistemas Agroforestales Sombra-Café (SAF sombra-Café) parecía razonable considerar los componentes principales que en conjunto explican la mayor variabilidad de la muestra .

En el cuadro 2 se presentan los valores propios (eigenvalores) del total de componentes principales (34), que corresponden a igual número de variables originales; observándose que existen 10 eigenvalores con valor superior al promedio, y cuya suma alcanza hasta el 85.2% de la varianza total. Estos 10 valores propios y sus correspondientes vectores propios serían elegibles para el reconocimiento de los SAF sombra-café, pues estos incorporan en su seno la mayor varianza de las 34 variables consideradas.

Cabe señalar que fue utilizada la matriz de correlación de las variables originadas para generar los componentes principales, dado la sensibilidad del método a los cambios de escala. También por ello se identifican de inmediato los valores propios que incorporan mas del promedio de la varianza total de la muestra (el promedio es 1, por tratarse de variables estandarizadas).

En el cuadro 3 se presentan los vectores propios correspondientes a los primeros cinco valores propios. Estos fueron revisados para encontrar la relación mas alta con aquellas variables que eventualmente marcan diferencias sustantivas entre SAF 's.

Los coeficientes del primer vector propio señalado en el cuadro 3 indican una mayor dependencia lineal con respecto a GRANBAND, RNEJESCO, RENDHA, RENDMATA y RENDCOSE; o sea, granos por bandola o eje plagiotrópico cosechero, rendimiento por eje ortotrópico cosechero, rendimiento por ha, rendimiento por mata y rendimiento por mata cosechera.

Dado estas características, los más altos valores del primer componente principal (FACTOR 1) podrían ser indicadores de situaciones de altos niveles de rendimientos, mientras que valores pequeños indicarían condición de bajos rendimientos. Pero ello no aporta elementos para identificar Sistemas Agroforestales. Finalmente se eligieron los FACTORES 2 y 3.

Los coeficientes del segundo vector propio ó FACTOR 2, señalado en el mismo cuadro 3 muestran una combinación lineal mas afectada por variables relativas a características estructurales del dosel de sombra del cafetal; esto es, el número de especies (NSPDOS) y la variable 'OTRASLE', o sea, la presencia de plantas leñosas que no sea poró, guaba o musaseas; así como POROTRAL (porcentaje de otras leñosas con respecto a la comunidad vegetal del dosel de sombra).

Asimismo, el FACTOR 3 es una combinación lineal donde los coeficientes de mayor valor son para NPORÓ y PORPORO (número de individuos e importancia relativa del árbol de sombra llamado poró, *Erythrina sp.* respecto al total de plantas en el dosel); mientras que incorpora una alta relación inversa con NMUSA y PORMUSA (número de individuos e importancia relativa de musaseas). Esto significa que valores elevados del FACTOR 3 corresponden a una menor presencia absoluta y relativa de musaseas, pero valores altos para NPORO y PORPORÓ.

Además, ambos FACTORES guardan estrecha relación con variables que expresan características estructurales del cafetal.

El valor del FACTOR 2 se ve afectado por COSECHER, FALLAS, RESIEMBR, DENSIDAD, PORRESIE, PORFALLA y EJESMATA; o sea, número de matas cosecheras, número de 'fallas' (sitios con ausencia de mata de cafeto) y resiembras, así como total de matas por ha, presencia relativa de fallas y resiembras, y número de ejes ortotrópicos (de crecimiento vertical por mata).

En el caso de FALLAS y PORFALLA la relación es de signo negativo, o sea que al reducir el número y la presencia relativa de fallas dentro del cafetal aumenta el valor de la nueva variable llamada FACTOR.2; y ello significa que las parcelas con mayor riqueza de especies en el dosel de sombra tienen menos cantidad de 'fallas', y éstas tienen una presencia relativa inferior respecto el conjunto del cafetal.

El FACTOR 3 guarda una mayor dependencia lineal positiva respecto de PODASCRE, PORPODAS, PORCOSEC y EDADTEJI, que en el mismo orden hacen referencia a: número y porcentaje de matas con un año o menos de ser podadas respecto a la población del cafetal; presencia relativa de matas cosecheras respecto al total, y edad predominante del tejido productivo. PORCOSEC Y EDADTEJI guardan una relación de

signo negativo con la nueva variable (FACTOR 3). Así, valores altos del FACTOR 3 indican una mayor abundancia de poró a la par de una menor proporción de matas cosecheras en el cafetal, y tejido productivo más joven; mientras que los valores mas bajos de ese factor pueden corresponden a una mayor abundancia de musaseas, y una alta proporción de cosecheras dentro del cafetal, además de contar con tejido productivo relativamente mas viejo.

En resumen, abundancia y diversidad, aplicados tanto a dosel de sombra como al cafetal, se constituyen como elementos rectores de la diferenciación de los SAF Sombra-Café en Rivas de Pérez Zeledón. La relación entre las variables originales y los dos componentes principales utilizados para diferenciar Sistemas Agroforestales es factible representar en un eje de coorenadas.

3.2. Estratificación de la muestra en Sistemas Agroforestales.

De manera similar se localiza un par de coordenadas para cada observación, de acuerdo al valor que toman dichos factores en cada caso así por ejemplo, la observación 1 se ubica en las coordenadas (-0.01968, 0.69715), del cuadro 4.

Considerando su ubicación con respecto al FACTOR 1, las que tienen valores positivos (delimitados por el eje de las absisas) son parcelas con mayor número de especies en el dosel de sombra, y una mayor presencia tanto absoluta como relativa de otras leñosas que no son poró, guaba ni frutales. Y con relación al FACTOR 2, tomando el eje vertical como frontera, todas las parcelas con valores positivos tienen mayor presencia absoluta y relativa de poró, mientras que donde asumen valores negativos (a la izquierda del eje vertical) se encuentran parcelas con mayor presencia de musáseas,

Parecía razonable identificar al conjunto de observaciones de cada cuadrante como un SAF Sombra-Café; sin embargo, es evidente que los cuadrantes I y II abarcan parcelas con sombra diversificada, mas allá de la presencia de de 'poró' y musaseas (aunque la presencia de estas no se excluye); mientras que en el cuadrante III el predominio de 'poró' es absoluto, y en el IV, hay mas musaseas. Bajo estas consideraciones se reconocen tres SAF Sombra-Café :

- I. Sistema Agroforestal Café-Poró-Musaseas (plátano, banano, guineo).
- II. Sistema Agroforestal Café (*Coffea arabica*)- Poró (*Erythrina poeppigiana*.)
- III. Sistema Agroforestal Café-Sombra diversificada.

Aparentemente se ha ignorado la presencia de frutales y Guaba (*Inga sp*) en la diferenciación y posterior estratificación, porque las variables originales que dan cuenta de frutales y guaba en el dosel de sombra tienen mayor trascendencia en relación a los FACTORES 4 y 5, los cuales no se han tomado en cuenta.

Pero en el mismo cuadro 3 se observa que NGUABA y PORGUABA (cantidad de 'guabas', y su porcentaje en relación a la comunidad vegetal del dosel de sombra) puede contribuir a elevar el valor del FACTOR 1, mientras que NFRUTALE y PORFRUT (cantidad de frutales y su presencia relativa en el dosel), son variables que afectan negativamente al FACTOR 3.

Ya que FACTOR 3 tiene alta relación positiva con 'abundancia de poró', y también alta pero de signo negativo con respecto a 'presencia de musaseas', podían reconocerse, en principio, dos condiciones agroforestales; por lo tanto, a cada lado del eje vertical se agruparían parcelas contrastantes por la abundancia de poró y musaseas, pues éstos son los grupos más abundantes en el dosel de sombra de la caficultura regional.

Pero la valoración del FACTOR 2 agrega algunos matices que permiten reconocer sistemas agroforestales mas o menos diversificados en el dosel de sombra. Así, con el eje de las absisas (FACTOR 3) como frontera se establece un segundo nivel de diferenciación, donde los valores mas altos de esta variable corresponde a mayor presencia de otras poblaciones vegetales en el dosel de sombra, conformando así un tercer tipo de SAF sombra-café.

La estratificación que resulta de este acercamiento paso a paso proporciona el carácter distintivo de cada SAF sombra-café, pero ello no excluye que cualquier parcela cafetalera contiene en forma subordinada o secundaria, y aún excepcionalmente con carácter predominante, algún tipo de sombra diferente. Ello muestra la relatividad de los conceptos utilizados, pues los factores considerados son combinaciones lineales donde otras variables tienen su parte, y eventualmente definen el perfil del SAF desde algún otro componente del sistema, como el cafetal, por ejemplo. Finalmente, la diversificación no es

absoluta, pudiendo percibirse sólo en el contexto mismo en que se analiza, y en esa medida también es relativa la tipología resultante.

En Rivas de Pérez Zeledón son excepciones las fincas o lotes de café con una sola especie en el dosel de sombra, y en la muestra de este estudio no están; pero también hay una tendencia a la homogenización bajo un patrón de sombra semiespecializada con poró (*Erythrina sp.*) y algunas musáceas (principalmente plátano y banano); aunque también incorporan frutales, como cítricos y aguacate.

Finalmente, la variabilidad en el dosel de sombra y su relación con el manejo de cafetales dependería no sólo de la abundancia -absoluta y relativa- de las poblaciones vegetales que integran el dosel, sino también del manejo del propio dosel.

Con todo, estos criterios de diferenciación y el acotamiento subsecuente de los estratos que integran cada SAF sombra-café aportan una nueva dimensión al análisis de la caficultura, donde la unidad de estudio es la parcela agroforestal,

4. DISCUSIÓN.

Tanto la media como las medidas de dispersión indican diferencias importantes en casi todas las variables originales consideradas como descriptores, tanto a nivel del dosel de sombra como del mismo cafetal; destacando aquellos que más contribuyen a la valoración de los Componentes principales (NPORO, NMUSASEA, PORPORÓ y FORMUSA), así como los datos de riqueza de especies (NSPDOS). Ello se confirma mediante prueba t de comparación de medias para esas variables (Cuadro 5).

Con el mismo tratamiento para cantidad de plantas en el dosel de sombra (NINDDOS), comparando los tres SAF 's, las diferencias no son significativas, lo cual indica que en términos numéricos la comunidad del dosel de sombra no es diferente, ni el promedio, ni la varianza (Cuadro 5.).

Aparentemente los tres SAF's identificados no tienen diferencia en cuanto al número de promedio de plantas de poró, pero se reconocen varianzas estadísticamente diferentes entre los SAF's I y II, así como entre el II y III. Las diferencias son más evidentes en cuanto a la presencia relativa de poró dentro de la comunidad vegetal del dosel de sombra; siendo estas diferencias altamente significativa entre los SAF I y II, así como

entre el II y III. Esto apunta hacia una composición distinta del dosel, aún con similar cantidad del grupo principal, que es el poró.

Existen contrastes muy evidentes entre el SAF I (café-poró-musaseas) y II (café-poró), así como entre el SAF II y el SAF III. En principio, hay diferencia altamente significativa en cuanto a NMUSASEA y PORMUSA, o sea, presencia absoluta y relativa de musaseas (plátano, banano y guineo), aunque es otro de los grupos predominantes en el dosel de los tres Sistemas Agroforestales. Adicionalmente, la riqueza de especies, que era elemento diferenciador entre el SAF I y II, también se reconoce como tal para distinguir el SAF II y del SAF III, con un alto nivel de significancia (Cuadro 5).

La variable OTRASLE o sea la suma de poblaciones de diferentes especies leñosas que no se identifican con los grandes grupos del dosel de sombra de la caficultura regional (poró, guabas, musaseas o frutales), es un elemento adicional de diferenciación entre el SAF I y SAF II. Tanto la abundancia como la presencia relativa de este componente del dosel tiene diferencias altamente significativas. Sin embargo, el SAF I y SAF III sólo son estadísticamente diferentes en NMUSASEA y PORMUSA, o sea, abundancia absoluta y relativa de musaseas, así como en POROTRAL, o sea, porcentaje de otras leñosas, que incluye cualquier especie, excepto las de los grupos principales (poró, guaba, musaseas y frutales). Que también indican diferencias substantivas en el dosel.

Se reconoce que la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la varianza de algunas características importantes del dosel de sombra, particularmente al comparar los SAF's II y III, lo cual indica la existencia de submuestras heterogeneas para esas características; y por tanto, los resultados de las pruebas de comparación de medias podrían no ser concluyentes para esas variables.

4.1. El cafetal y los rendimientos de café cereza.

Tanto la abundancia (número de matas cosecheras, podas en crecimiento, resiembras), como la composición (porcentaje de cosecheras, podas en crecimiento y resiembras en el cafetal) y la edad del tejido productivo presentan diferencias estadísticamente significativas entre los SAF I y II. (Cuadro 6).

Por otro lado, entre el SAF I y el SAF III se mantienen estas diferencias excepto el número de plantas cosecheras por ha, y se agrega una diferencia más que se refiere a la cantidad de ejes por mata (EJESMATA).

Finalmente, comparando el SAF II con el SAF III, hay solamente cuatro variables referentes a las características del cafetal que indican diferencias con significancia estadística; ellas son PORRESIE, EJESMATA, EJESCOHA y BANDMATA; o sea, el porcentaje de resiembras respecto al conjunto del cafetal, el promedio de ejes ortotrópicos por mata y cosecheros por ha., así como cantidad de bandolas (ejes plagiotrópicos o de crecimiento horizontal) productivos; esto es variables vinculadas a las características de las matas de café. Una síntesis se muestra en el cuadro 6.

Tanto el promedio de matas cosecheras por ha. como la variable densidad o sea, el total de matas por ha. no son significativamente diferentes entre el SAF's I II. Situación que no ocurre al comparar ambos con respecto al SAF III.

Para los rendimientos no hay diferencias significativas entre los tres SAF sombra-café, sea que se midan en fanegas/ha (FANEGAHA), o por el número de granos por bandola (GRANBAND); o bien, como rendimiento estimado por eje cosechero (RNEJESCO) o por mata cosecheras (RENDMATA). En ninguno de estas variables existen diferencias significativas. Por otro lado no se rechaza la hipótesis de igualdad de varianzas para todas estas variables de rendimiento, lo cual indicaría una mayor homogeneidad en las submuestras entre los estrato para tales características. Esto se observa en el Cuadro 7.

4.2. SAF 's Sombra-Café en etapa productiva y sus costos de manejo.

Previo a la comparación de costos de manejo entre SAF's, se uniformiza la gran diversidad de fertilizantes inorgánicos aplicados al suelo según el contenido de ingrediente activo, y se agrupan los fungicidas-insecticidas según su intensidad de uso, así como el uso de mano de obra según las actividades que se realizan.

Con estas variables se hace un análisis de componentes principales para definir 'Tipos de manejo de parcelas agroforestales', y establecer alguna relación entre éstos y el Sistema Agroforestal. Allí puede verse que el valor de FACTOR 1 depende mas de KANITROHA, KK2OHA, KMG0HA, DIASATOM Y DIASCARB, esto es, kg. de

Nitrógeno, K_2O , y MgO por ha, así como días ocupados en atomización del cafetal y aplicación de Carbonato de Calcio al suelo. Todas ellas, relaciones positivas y altas, mientras que el valor del FACTOR 2 guarda mayor dependencia lineal respecto de KFOSFOHA, KBOROHA y DIASMUSA; o sea, kg. de fósforo y kg. de boro por ha., así como días ocupados en la poda y raleo de musaseas, relaciones siempre altas y de signo positivo.

Finalmente la estratificación de las parcelas muestreadas se hace a partir de los valores que toman las nuevas variables (FACTORES 1 y 2) para cada observación,

De esta manera se definieron tres tipos de manejo: MANEJO TIPO I con uso intensivo de insumos (fertilización-atomización-encalado), MANEJO TIPO II con uso moderado de insumos (fertilización-atomización-encalado), pero con mayor aplicación de Fósforo y Boro, y mas laboreo en musáseas; y MANEJO TIPO III, que no sigue un patrón claramente definido en cuanto a las variables que el definen, pero aparentemente utiliza mas mano de obra.

El estadístico Chi-Cuadrado, a un nivel de significancia del 5% indica que no existe independencia entre el Tipo de manejo de la parcela cafetalera y el Tipo de Sistema Agroforestal de que se trate; esto es, cada 'tipo de manejo agroforestal' podría estar correlacionado con algún SAF. Además hay evidencias de que la intensidad de algunas prácticas de cultivo y de insumos se presentan en forma diferencial, dependiendo del SAF.

Se intentó reconocer una relación funcional entre los insumos, incluyendo mano de obra, con los rendimientos por ha, previa construcción de nuevas variables que redujeran la dimensión del problema. Tanto los fertilizantes al suelo como la amplia gama de 'otros insumos' se estimaron en dólares gastados (CFERDOLL y CINSOLL); y para el insumo 'mano de obra' se hacen agrupamientos en días de trabajo invertidos, según el tipo de actividad. La variable DIASUEL se refiere a labores dirigidas al suelo, esto es, control de 'malezas', aplicación de Carbonato de calcio y/o conservación de suelos. DIASCAFÉ es tiempo de trabajo dirigido a la mata de café; o sea, podas, resiembras y/o atomizaciones; y DIADOSEL corresponde a jornadas de trabajo para mantenimiento del dosel de sombra, que incluye poda de poró y guaba, poda y raleo de musaseas). También se asigna un campo específico para 'días ocupados en fertilización', variable que se llama DIASFERT.

Los modelos con mayor capacidad de predicción tienen coeficientes de regresión carentes de significancia estadística, pero se valoró el efecto de incluir una variable categórica llamada 'SAF' en un modelo log-lineal. Esto último mejoró las características del modelo (valor de F y R²), alcanzando significancia estadística, además del intercepto, la variable CFERDOLL, y muy próxima estuvieron CINSOLL, DIASCAFÉ Y DÍADOSEL.

Aunque la proporción de la varianza explicada por el modelo es modesta (apenas el 33.35%), no deja de ser interesante que haya un efecto significativo; primero, en su carácter de modificador del intercepto, que por sí mismo indica un efecto de la variable SAF en la variable rendimiento, llamada FANEGAHA (fanegas/ha.), sino que de hecho modifica los coeficientes de regresión, al grado de acercarlos a la significancia estadística.

Dado la insuficiencia de estos resultados, se hizo una prueba de comparación de medias para estas variables agregadas de manejo, encontrándose que los costos de manejo analizados en forma agregada casi no tienen diferencias significativas al comparar los distintos SAF 's (Cuadro 8).

De siete variables consideradas, SAF I y II tienen diferencias significativas en DIASCAFÉ, o sea, la cantidad de jornadas de trabajo ocupadas en la atención directa a las matas de café, y en DIASOTM, es decir el total de mano de obra ocupada en el mantenimiento del SAF (Cuadro 8).

La comparación del SAF I con el SAF III arroja resultados similares, mientras que ninguna diferencia significativa existe entre el SAF II y el SAF III.

Estos resultados contrastan con los obtenidos en el acápite anterior, pero no se olvide que en la tipología de manejo se usaron datos eminentemente técnicos y más desagregados, lo que pudo llevar a un mayor acercamiento entre los patrones de manejo agroforestal y las características estructurales del SAF, mientras que la agregación en los conceptos de costos pudo 'enmascarar' las diferencias.

En principio interesa destacar que a nivel de grandes agregados de costos variables, o costos de operación, parece haber escaso margen de diferenciación de SAF's. Estos resultados se presentan en el cuadro 6.1d. pero indica la posibilidad de encontrar queda de relaciones funcionales que expliquen los rendimientos a partir de la acción conjunta de los componentes estructurales de los SAF's y las variables de manejo. La dosis de fertilización

al suelo, medido por la cantidad de ingrediente activo; o bien, la cantidad de trabajo aportado a alguna práctica de cultivo trascendental, por ejemplo.

Conforme a los objetivos iniciales del estudio, era deseable definir funciones de producción y buscar la existencia de cambios estructurales en los coeficientes de la función respectiva, atribuible al SAF. Ello hubiese permitido acotar el efecto de cada variable de manejo, y desarrollar procesos de optimización.

Sin embargo, no se encontró un modelo que además de validez estadística (Prueba F), y suficiente capacidad de predicción (un R^2 alto); contara con algunos coeficientes de regresión significativos, para explicar el comportamiento de los rendimientos en función de las variables de manejo. Factores de tiempo y espacio, como la edad del cafetal y del tejido productivo, o el manejo de los últimos dos años, por un lado; o bien, condiciones de sitio como pendiente y forma del terreno ó fertilidad de suelo, por el otro; o componentes biológicos no considerados en el modelo, como la variedad o tipo de café, pudieron estar detrás de una alto nivel de varianza no explicada por el modelo. Avanzar mas en esa dirección solo para confirmar la insuficiencia de referentes para construir la función de producción parece innecesario; pero se intenta reconocer la existencia de algunos de estos factores y su relación con los SAF's sombra.café.

4.3. Sistemas Agroforestales y Tipos de suelo.

Se hizo una tipología de suelos con base en la información disponible de análisis químico de un total de 93 sitios de muestreo, incluyendo todas las parcelas cafetaleras visitadas en la encuesta.

En este caso los FACTORES 1 y 2 se constituyen en referencia para la estratificación de sitios. El Factor 1 es una combinación lineal que guarda una fuerte dependencia positiva con respecto a PH, ACIDEZEX, Ca, Mg, CICE, SUMABASS, Ca/K y (Ca+MG)/K, y negativa con relación a Fe y Al; de tal manera que los más altos valores de este componente principal se refieren, en principio, con valores altos de PH y las otras siete variables mencionadas al principio y con valores bajos para saturación de aluminio y contenidos de fierro.

Por su parte, el FACTOR 2 es una combinación lineal que muestra elevada influencia de variables como disponibilidad de Potasio (K) y la relación Mg/Ca y Ca/K y (Ca+Mg)/K. En el Anexo 4 cuadro 4.3. se presentan las estadísticas simples, los nombres de las variables y su unidad de medida. Aplicando estos elementos se definen tres tipos de suelos cafetaleros.

El Tipo I, un suelo con acidez moderada (para esta región, aún los más elevados PH representan algún nivel de acidez), junto con los más bajos contenidos de Hierro y menor saturación de Aluminio. También tienen los más altos contenido de bases y Capacidad de Intercambio Catiónico; por supuesto, dentro de los márgenes propios de la región.

El suelo Tipo II corresponde a valores bajos del FACTOR 2, por lo cual, las parcelas allí ubicadas tienen los más bajos PH, y esta acidez en el suelo estaría a la par de un bajo contenido de bases y elevada saturación de Aluminio y contenido de Hierro.

Por último, un tercer tipo de suelo se diferencia de los dos anteriores, por una mayor presencia de Potasio y relaciones Mg/Ca y Ca/K y (Ca+Mg)/K relativamente altas, dado su ubicación positiva con respecto al FACTOR 2.

De acuerdo al estadístico Chi-Cuadrado y su probabilidad, a un nivel de significancia del 5% no se rechaza la hipótesis nula de no asociación entre el Tipo de suelo y el Sistema Agroforestal; lo cual indicaría que parcelas cafetaleras cultivadas bajo los tres SAF's se encuentran igualmente en cualquier tipo de suelo.

La presencia de cada SAF en un amplio rango de condiciones de suelo (siempre acotadas por el contexto regional), no excluye un condicionamiento indirecto de estas sobre las variables de manejo y rendimientos en campo. Naturalmente la fertilidad de suelo no es el único; y existen factores de tiempo, como el manejo y los rendimientos del ciclo anterior, que ni se mencionan.

Aplicando una prueba similar Chi cuadrada para reconocer alguna relación de dependencia entre el tipo de suelo y el tipo de manejo de parcelas cafetaleras, se encontró que el manejo de cafetales no es independiente del tipo de suelo.

Con propósitos referenciales se presenta una comparación muy resumida de las variables mencionadas. Se incluye también la comparación de medias para pendiente del terreno, donde se ve que no hay diferencias significativa en la pendiente promedio de los

distintos grupos de parcelas identificadas con cada SAF. También se reporta varianza igual. Un resumen se encuentra en el cuadro 9.

Comparando los datos de las parcelas agrupadas en los SAF's I y II se perciben diferencias altamente significativas para PH, ACIDEZEX, Mg, K, Fe, CICE, Aluminio y SUMABASS, y además se rechaza al 5% de significancia la hipótesis nula para las variables Cu y $(Ca+Mg)/K$. Pero entre las submuestras de las parcelas correspondientes a los SAF's I y II estas diferencias ocurren sólo en el nivel de Mg, K y relaciones de bases, esto es, Mg/K , Ca/K y $(Ca+Mg)/K$; mientras que la misma comparación entre los estratos formados por los SAF's II y III permite rechazar la hipótesis nula para K, saturación de aluminio SUMABASS y Mg/K , todas ellas diferencias altamente significativas. Al 5% de significancia estadística se rechaza la hipótesis de igualdad para $(Ca+Mg)/K$. Ninguna comparación arroja diferencias para pendiente del terreno.

En resumen, características importantes de suelo son contrastantes entre grupos de parcelas identificadas con distintos SAF's, pero no la pendiente del terreno.

Finalmente, el tipo de manejo de la parcela cafetalera no es independiente el suelo, según los resultados de una prueba chi-cuadrada aplicada a propósito. Cabe suponer que esto afectaría los resultados en rendimientos, debiendo ser considerado para una análisis económico o financiero.

5. CONCLUSIONES.

Fue posible reconocer diferentes Sistemas Agroforestales Sombra-Café en base a un conjunto de variables que dan cuenta de las características del dosel de sombra, y la aplicación del Análisis de Componentes Principales.

Los Sistemas agroforestales detectados tienen diferencias significativas a nivel de la riqueza de especies y composición del dosel de sombra, pero no en cuanto a la cantidad de individuos que lo conforman.

Las características del cafetal también son contrastantes entre SAF's, sea por la estructura y nivel de desarrollo alcanzado por la matas (número de ejes cosecheros por mata y edad del tejido productivo), o por la abundancia de los distintos componentes del cafetal (coseheras, podas, resiembras, fallas), y/o la composición existente.

No existen evidencias que relacionen a los SAF's sombra café con los tipos de suelos reconocidos a partir de sus características químicas; de tal manera que los tres tipos de SAF's se localizan indistintamente en los tres tipos de suelo.

Los cafetales del SAF II son mas viejos en promedio, pero cuentan con el tejido productivo mas joven; y tienen el mas alto rendimiento por mata cosechera, aunque presentan el mas bajo rendimiento promedio por ha. Eso indicaría una coyuntura de renovación, que conlleva bajos rendimientos, aunque también podría tratarse de una característica permanente.

Considerando los grandes agregados de costos variables de los SAF's, sólo hubo diferencias significativas entre los SAF's I y II, en cuanto a mano de obra aplicada al cafetal (podas, resiembra y atomizaciones); pero ninguna otra diferencia se detectó entre los distintos SAF's, (I, II y III) en cuanto a la cantidad de trabajo aplicada en otras actividades, incluyendo el manejo del dosel; ni en la compra de fertilizantes y otros insumos.

No existen diferencias estadísticamente significativas en rendimientos entre los distintos Sistemas Agroforestales, ni en el costo variable requerido en el presente ciclo cafetalero.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- CONTENTE DE BARROS, P. L. 1986. Estudio fitosociológico de una tropical umidano planalto de Curua-Una, Amazonia Brasileira. Thesis PhD. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR Brasil. 147 p.
- ESPINOZA P. L. 1983. Estructura general de cafetales de pequeños agricultores. In: Heuvelop, J. Espinoza, L. El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica. CATIE. Depto. de Recursos Naturales Renovables. Turrialba Costa Rica.
- FINEGAN, B. 1996. Comunidades de bosques tropicales: historia, perturbación y el efecto del ambiente. Apuntes del curso 'Bases ecológicas para el manejo forestal sostenible'. CATIE. Turrialba Costa Rica. 51 p.
- JIMÉNEZ, A. E. 1979. Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero. Estructura de los cafetales de una finca cafetalera en Coatepec Ver. México. *Biótica* 4(1): 1-12. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa Veracruz México.
- PLA, L. 1986. Análisis multivariado: Método de Componentes Principales. Colección de Monografías Científicas. Serie Matemáticas No. 27. Secretaría General de la OEA. Washington, D.C. 93 p.
- PLA, L. 1997. Introducción a la aplicación de métodos de análisis multivariado en recursos naturales. Red Regional de Cooperación en Educación e Investigación agropecuaria y de los Recursos Naturales. (REDCA). San José Costa Rica. 59 p.
- SANCHEZ Y RAMÍREZ, V. 1982. Estimación de la cosecha en un cafetal. *Boletín técnico de café*. Año 1, Num. 6 Vol 1. 1982. Instituto Mexicano del café. Jalapa Veracruz MÉXICO. 4 p.
- SOMARRIBA, E. 1990b. Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. *Agroforestry Systems* 10:253-263. The Netherlands.
- SOMARRIBA, E. 1996a. Árboles leguminosos y maderables como sombra para cacao. El concepto. Serie Técnica. Informe Técnico N° 274. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba Costa Rica. 51 p.
- SOMARRIBA, E. 1996b. Apuntes del curso Sistemas Agroforestales con café y cacao. Manuscrito. CATIE. Turrialba Costa Rica. 3 p.
- VILLATORO, P. R. 1986. Caracterización del sistema agroforestal café-especies arbóreas en la cuenca del Río Achiguate, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Tesis profesional. Guatemala. 166 p.

Cuadro 1. Variables utilizadas para definir Sistemas Agroforestales Sombra-Café.

A. La estructura del dosel de sombra.

a.1. Riqueza de especies.

NSPDOS. Número de especies presentes en el dosel de sombra.

a.2. Abundancia.

NINDDOS. Población total. Número total de individuos en el dosel de sombra.

NPORO. Densidad de población de *Erythrina* sp (número de individuos pro ha)

NGUABA. Densidad de población de *Inga* sp. (Número de individuos por ha).

NMUSASEA. Densidad de población de musaseas (número de vástagos por ha).

NFRUTALE. Densidad de población de frutales leñosos.

NOTRASLE. Densidad de población. Número de otras leñosas por ha.

a.3. Composición.

PORPORO. Presencia de *Erythrina* sp (porcentaje en relación a la población total).

PORGUABA. Presencia de *Inga* sp. (porcentaje en relación a la población total)

PORMUSA. Porcentaje de vástagos respecto a la población total del dosel.)

PORFRUT. Presencia de frutales (porcentaje en relación a la población total)

POROTRAL. Presencia de otras leñosos (porcentaje en relación a la población total)

B. El cafetal.

b.1. Abundancia

COSECHER. Densidad de población de cosecheras/ha (productivas en 1997)

FALLAS. Densidad de fallas, por ha (especios vacíos donde no hay mata, en 1997)

PODASCRE. Densidad de podas (matas podadas en 1997 y 1996).

RESIEMBR. Densidad de resiembras por ha (número de matas plantadas en 1997)

DENSIDAD. Densidad de población (número de cafetos por ha en 1997).

b.2. Composición.

PORCOSEC. Porcentaje de matas cosecheras con respecto al total

PORFALLA. Porcentaje de fallas con respecto al total

PORPODAS. Porcentaje de podas en crecimiento con respecto al total

PORRESIE. Porcentaje de resiembras con respecto al total

C. Características de las matas cosecheras.

EJESMATA. Ejes ortotrópicos (de crecimiento vertical) por mata cosechera.

EJESCOHA. Ejes cosecheros ortotrópicos por ha.

EDADCAFE. Edad promedio del cafetal (años de haber sido plantados los cafetos)

EADADTEJI. Edad promedio de los ejes ortotrópicos cosecheros (años)

BANDMATA. Número de bandolas, ejes plagiotrópicos o de crecimiento horizontal, por mata cosechera.

D. Rendimientos.

GRANMATA. Número de granos de café por mata.

GRANOSEJ. Número de granos de café por eje cosechero.

GRANBAND. Número de granos por bandola

RNEJESCO. Rendimiento promedio de café cereza (fruta) por eje cosechero (kg.)

RENHA. Rendimiento de café cereza (fruta) en fanegas/ha

RENDMATA. Rendimiento promedio de café cereza por mata, considerando densidad de población.

RENDCOSE. Rendimiento por mata cosechera, considerando sólo cosecheras.

D. Factores ambientales

PENDIEN. Pendiente del terreno, medido en términos porcentuales.

NOTA. Distribución espacial, estratificación vertical, y aún la identificación de las asociaciones quedan descartadas en la medida que no hay elementos útiles para ello en la región. Y variables como: diámetro a la altura del pecho (dap) y altura total, así como el porcentaje de cobertura del dosel; esto es, aspectos del análisis estructural que atiende a la geometría del conjunto de poblaciones (Finegan 1996) también se descartaron ante el evidente predominio de árboles de servicio recién podados.

CUADRO 2. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA DEFINIR SISTEMAS AGROFORESTALES SOMBRA-CAFÉ. VALORES PROPIOS A PARTIR DE LA MATRÍZ DE CORRELACIÓN. 57 OBSERVACIONES y 34 VARIABLES INTERRELACIONADAS.

	1	2	3	4	5
Eigenvalue	7.2787	4.2010	4.1523	3.2032	2.7934
Difference	3.0777	0.0486	0.9491	0.4099	0.6278
Proportion	0.2141	0.1236	0.1221	0.0942	0.0822
Cumulative	0.2141	0.3376	0.4598	0.5540	0.6361
	6	7	8	9	10
Eigenvalue	2.1656	1.7165	1.6453	1.4087	1.1651
Difference	0.4491	0.0712	0.2366	0.2436	0.1982
Proportion	0.0637	0.0505	0.0484	0.0414	0.0343
Cumulative	0.6998	0.7503	0.7987	0.8401	0.8744
	11	12	13	14	15
Eigenvalue	0.9669	0.9264	0.6326	0.5021	0.4269
Difference	0.0405	0.2939	0.1304	0.0753	0.1017
Proportion	0.0284	0.0272	0.0186	0.0148	0.0126
Cumulative	0.9028	0.9301	0.9487	0.9635	0.9760
	16	17	18	19	20
Eigenvalue	0.3252	0.1781	0.1083	0.0522	0.0406
Difference	0.1471	0.0699	0.0561	0.0116	0.0127
Proportion	0.0096	0.0052	0.0032	0.0015	0.0012
Cumulative	0.9856	0.9908	0.9940	0.9955	0.9967
	21	22	23	24	25
Eigenvalue	0.0280	0.0192	0.0157	0.0131	0.0109
Difference	0.0088	0.0035	0.0027	0.0022	0.0020
Proportion	0.0008	0.0006	0.0005	0.0004	0.0003
Cumulative	0.9976	0.9981	0.9986	0.9990	0.9993
	26	27	28	29	30
Eigenvalue	0.0089	0.0070	0.0053	0.0030	0.0000
Difference	0.0020	0.0016	0.0023	0.0030	0.0000
Proportion	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0000
Cumulative	0.9995	0.9998	0.9999	1.0000	1.0000
	31	32	33	34	
Eigenvalue	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Difference	0.0000	0.0000	0.0000		
Proportion	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Cumulative	1.0000	1.0000	1.0000	1.000	

CUADRO 3. VECTORES PROPIOS 2 Y 3 DEFINEN SISTEMAS AGROFORESTALES. 57
OBSERAVCIONES Y 34 VARIABLES ORIGINALES.

	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3	FACTOR4	FACTOR5
NSPDOS	-0.36247	0.52526	-0.17972	0.15132	-0.08797
NINDDOS	0.08764	0.22428	-0.05269	-0.58109	0.35027
NPORO	0.21042	-0.10346	0.44264	-0.47226	0.37689
NGUABA	0.04380	0.32459	0.03784	0.14076	-0.74193
NMUSASEA	-0.09760	0.12761	-0.61845	-0.39993	0.22571
NFRUTALE	-0.25787	-0.01456	-0.22613	0.57047	0.30743
NOTROSLE	-0.05263	0.60484	0.05336	0.13773	-0.00364
PORPORO	0.13847	-0.39444	0.68986	-0.17963	0.22601
PORGUABA	0.10682	0.25289	0.02593	0.22977	-0.80193
FORMUSA	-0.16959	0.03282	-0.71541	-0.29083	0.23098
PORFRUT	-0.28874	-0.00537	-0.15729	0.60225	0.31978
POROTRAL	0.15817	0.57817	0.01299	0.29677	-0.11436
COSECHER	-0.05899	0.49748	-0.15834	-0.59673	-0.05471
FALLAS	-0.02723	-0.43976	-0.27818	0.34677	0.34157
PODASCRE	-0.16122	-0.23833	0.66788	0.08118	-0.15620
RESIEMBR	-0.36438	0.46775	0.42697	0.15745	0.36992
DENSIDAD	-0.34537	0.42619	0.38201	-0.27924	0.16912
PORCOSEC	0.33643	0.16987	-0.62470	-0.40971	-0.28347
PORFALLA	-0.00230	-0.45283	-0.31463	0.41821	0.34116
PORPODAS	-0.13110	-0.28709	0.65161	0.09415	-0.18585
PORRESIE	-0.35732	0.46699	0.44288	0.16230	0.37008
EJESMATA	-0.01737	0.65945	-0.05910	0.39337	0.13763
EJSCOHA	-0.23580	0.78201	0.21312	0.09253	0.23930
EDADCAFE	-0.15007	-0.12065	0.09910	0.23104	-0.33880
EDADTEJI	0.01759	-0.20594	-0.53411	0.27814	-0.03586
GRANMATA	0.95610	0.13410	0.05612	0.18050	0.10022
GRANOSEJ	0.95210	-0.07445	0.11873	0.03954	0.08180
BANDMATA	0.40912	0.25532	-0.23331	0.35819	0.19792
GRANBAND	0.86665	-0.01990	0.19309	0.01974	-0.01306
PENDIEN	0.18942	0.10673	0.08513	-0.08746	0.02663
RNEJESCO	0.95210	-0.07440	0.11882	0.03955	0.08184
RENDHA	0.85459	0.35105	0.01877	-0.05918	0.12337
RENDMATA	0.94969	0.19569	-0.07465	0.09592	0.05777
RENDCOSE	0.95609	0.13411	0.05610	0.18055	0.10019

CUADRO 4. UBICACIÓN DE PARCELAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES SEGÚN CINCO COMPONENTES PRINCIPALES. DATOS DE 57 PARCELAS DE MEDICIÓN 34 VARIABLES

OBS	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3	FACTOR4	FACTOR5
1	0.54381	-0.01968	0.68433	-0.69715	0.38344
2	0.84826	-0.65560	0.64419	0.48963	-0.66528
3	-0.03487	-0.21097	0.56113	0.55273	0.31515
4	-1.17318	-0.38994	1.17205	0.75357	-0.00314
5	-0.41577	0.39785	-0.00002	-0.92511	-0.67476
6	0.43055	0.65160	-0.02569	-0.44982	-1.22286
7	-1.21984	0.01345	0.31110	-0.53636	-0.16128
8	-0.65283	-0.27679	0.40639	0.89504	0.1197
9	-0.83168	-0.23110	-3.29165	0.12367	0.47064
10	0.52509	-0.39303	-0.56873	1.02713	-0.33044
11	1.54450	-1.43414	-0.42903	0.23477	0.14204
12	-0.90756	3.55796	-0.61065	-0.63502	-1.47973
13	-0.25875	-0.43830	-1.00506	0.87710	0.87888
14	0.72214	3.09726	0.09939	0.40926	0.82035
15	0.49062	0.96838	-0.53638	0.24245	0.33316
16	-0.54204	-0.54502	-0.53779	-0.51368	-0.04731
17	-1.48392	1.89482	-1.92329	1.13046	-1.14126
18	-0.76472	0.16956	0.18913	0.82119	-0.07855
19	1.15126	-0.63407	-1.83120	-0.81804	2.37101
20	2.95139	0.21559	0.27098	0.44911	1.98594
21	3.30393	-0.15843	-1.14206	0.43772	-1.02877
22	1.06624	-1.14555	-0.79442	2.01354	-0.93952
23	-1.41948	-0.44762	0.48305	-0.80417	0.19597
24	-1.53264	-0.42384	-0.30459	-0.78220	-0.29819
25	-0.70066	0.53273	-1.52786	0.69614	-0.23952
26	-0.80671	-0.90658	-1.39240	0.11390	0.02148
27	-0.00276	0.36387	0.73462	4.43406	0.44823
28	-0.25416	-0.36626	0.98284	0.55619	-0.13332
29	0.41265	0.42093	2.44315	-0.38118	-0.19945
30	-0.74925	-0.10890	1.33762	-0.33022	0.84352
31	-0.75449	-0.48006	1.52530	0.51727	-0.30631
32	0.24736	-0.62079	1.34387	0.22685	-0.19114
33	-0.84532	-0.76906	0.86325	2.04757	-0.46615
34	-0.51749	-0.89186	0.94130	0.75815	-0.24167
35	0.02880	0.08044	0.30878	-0.49914	-0.27835
36	-0.24306	0.90205	0.70400	0.18758	0.01001
37	-0.03637	1.23708	-0.15605	-0.43474	-0.37815
38	1.33502	-0.56587	0.40464	0.32711	-0.16229
39	1.49979	-0.16249	0.66591	-0.48074	-0.11520
40	-0.72324	-0.34081	1.42007	-1.14526	-1.22646
41	-0.38803	-0.06233	-0.28665	-0.71234	0.60563
42	-0.66532	-0.12969	-0.33359	-0.30410	-0.01527
43	-0.28925	-0.33927	-0.91389	-0.79600	-0.59753
44	-0.63923	-0.92397	-1.48772	-0.36140	-0.03237
45	1.00206	-0.97442	-1.41094	-0.83690	-0.74145
46	1.11915	2.80910	0.36892	-0.38553	0.70256
47	-0.44510	0.68967	-0.57973	1.15609	-0.59748
48	-1.10390	-1.08840	-0.04417	-0.58681	2.66277
49	-0.39118	-0.43829	0.42528	-0.51857	0.29299
50	-0.48259	-0.27922	0.11684	-0.45592	3.11873
51	-0.31307	-1.02597	-0.66221	-0.37903	-0.63060
52	1.15892	-0.60828	-0.22063	-1.72906	-2.47510
53	0.68289	-0.27514	0.61842	-1.09516	-1.65850
54	1.07806	0.21700	0.78790	-0.59819	-0.27685
55	-0.59962	-0.86359	0.47160	-1.04643	-0.47847
56	-0.14123	1.35809	0.29637	-0.59976	0.85746
57	0.18683	0.84363	0.43399	-1.64026	1.93304

Cuadro 5. Diferencias entre Sistemas Agroforestales sombra-café en relación a características del dosel de sombra.

Característica del dosel	SAFI y II		SAF I y III		SAF II Y III	
	Prob > T	Ho: var igual Prob >F'	Prob > T	Ho: var igual Prob >F'	Prob>T	Ho: var igual Prob>F
NSPDOS	0.0159*	0.6601	0.0729	0.6785	0.0000**	0.9695
NINDDOS	0.2484	0.2428	0.4887	0.9142	0.5428	0.1965
NPORÓ	0.0503	0.0213*	0.7268	0.4229	0.0757	0.0021**
NGUABA	0.8647	0.5987	0.8910	0.9532	0.9624	0.5540
NMUSASEA	0.0001**	0.0000**	0.0336*	0.8130	0.0053**	0.0000**
NFRUTALE	0.4089	0.3340	0.1195	0.0003**	0.0514	0.0072**
NOTROSLE	0.2396	0.0000**	0.1346	0.0000**	0.0465	0.0000**
PORPORÓ	0.0000**	0.9737	0.3167	0.8257	0.0000**	0.8026
PORGUAB	0.5670	0.4056	0.7674	0.5992	0.7251	0.1744
PORMUSA	0.0001**	0.0005**	0.0039**	0.7568	0.0007**	0.0012**
PORFRUT	0.4644	0.3361	0.0974	0.0000**	0.0503	0.0011**
POROTRAL	0.3537	0.0278*	0.0437*	0.0000**	0.0193*	0.0000**

*Diferencias significativas

**Diferencias altamente significativas.

Cuadro 6. Diferencias entre Sistemas Agroforestales sombra-café en relación a características del cafetal.

Característica del cafetal	SAF I y SAF II		SAF I y III		SAF II y SAF III	
	Prob > T	Ho: var igual Prob >F'	Prob > T	Ho: var igual Prob>F	Prob>T	Ho: var igual Prob>F
COSECHER	0.0099**	0.4882	0.8245	0.0397*	0.0681	0.1766
FALLAS	0.5872	0.7747	0.0509	0.0219*	0.2283	0.0110*
PODASCRE	0.0153*	0.0000**	0.0408*	0.0179*	0.1025	0.0001**
RESIEMBR	0.0232*	0.0154*	0.0043*	0.0000**	0.0078	0.0000**
DENSIDAD	0.7074	0.0883	0.0972	0.0043**	0.0872	0.2385
PORCOSEC	0.0101*	0.0029**	0.0151*	0.0026**	0.8066	1.0000
PORFALLA	0.6625	0.3585	0.0851	0.4074	0.3038	0.0822
PORPODAS	0.0086**	0.0000**	0.1038	0.0160*	0.0546	0.0011**
PORRESIE	0.0234*	0.0081**	0.0015**	0.0000**	0.0039**	0.0000**
EJESMATA	0.2903	0.8959	0.0046**	0.0008**	0.0010**	0.0015**
EJESCOHA	0.3141	0.0066**	0.0015**	0.0000**	0.0006**	0.0035**
EDADCAFÉ	0.0469*	0.0802	0.6552	0.5487	0.1103	0.2311
EDADTEJI	0.0015**	0.1624	0.0139*	0.6682	0.4565	0.3161
BANDMATA	0.2566	0.5107	0.0783	0.0010**	0.0187*	0.0086**

*Diferencias significativas (<0.05).

**Diferencias altamente significativas.(0.01)

Cuadro 7. Diferencias entre Sistemas Agroforestales sombra-café en relación a indicadores de rendimiento.

Indicador de Rendimiento	SAF I y SAF II		SAF I y III		SAF II y SAF III	
	Prob > T	Ho: var igual	Prob > T	Ho: var igual	Prob>T	Ho: var igual
		Prob >F'		Prob >F'		Prob >F'
GRANBAND	0.1867	0.0503	0.9538	0.9896	0.1785	0.0477
RNEJECO	0.3215	0.0942	0.6799	0.6735	0.1736	0.0354
RENDHA	0.9000	0.3106	0.4047	0.4638	0.3944	0.7595
RENDCOSE	0.4444	0.0868	0.4405	0.4067	0.9176	0.3513

*Diferencias significativas (<0.05).

**Diferencias altamente significativas (0.01)

Cuadro 8. Diferencias entre Sistemas Agroforestales a nivel de costo promedio de manejo en el ciclo 1996-1997.

Costo variables, excepto cosecha	SAF I y SAF II		SAF I y III		SAF II y SAF III	
	Prob > T	Ho: var igual	Prob > T	Ho: var igual	Prob>T	Ho: var igual
		Prob >F'		Prob >F'		Prob >F'
CFERDOLL	0.2851	0.2550	0.7878	0.5325	0.4286	0.5881
CINSDOLL	0.3319	0.2503	0.9920	0.3443	0.2583	0.8087
DIASFERT	0.2471	0.1049	0.4757	0.2931	0.6259	0.5387
DIASUEL	0.4420	0.4297	0.4092	0.8756	0.9866	0.5178
DIASCAFÉ	0.0060**	0.0000**	0.0011**	0.0000**	0.7873	0.8607
DIADOSEL						
DIASOTM	0.0253*	0.3742	0.0476*	0.3757	0.7610	0.9803
COSVADOLL	0.0534	0.4041	0.2518	0.6482	0.3802	0.6915

*Diferencias significativas (<0.05).

**Diferencias altamente significativas (0.01)

Cuadro 9. Diferenciación de Sistemas Agroforestales según características de suelo y la pendiente del terreno en que se ubican.

Característica del suelo	SAF I y SAF II		SAF I y III		SAF II y SAF III	
	Prob > T	Ho: var igual	Prob > T	Ho: var igual	Prob>T	Ho: var igual
		Prob >F		Prob >F		Prob >F
PH	0.0001**	0.0195	0.2845	0.3080	0.0001	0.4515
ACIDEZEX	0.0001**	0.0000	0.5130	0.4560	0.0044	0.0000
Ca						
Mg	0.0022**	0.0000**	0.0492*	0.2153	0.0934	0.0453
K	0.0001**	0.0000**	0.0109*	0.0484*	0.0001**	0.0000**
P	0.2562	0.1127	0.7963	0.7586	0.3146	0.1682
Cu	0.0484*	0.1956	0.2012	0.9019	0.6596	0.3058
Fe	0.0086**	0.0500*	0.6672	0.2649	0.0333*	0.6864
Mn	0.2544	0.0011**	0.3458	0.0608	0.1882	0.4766
Zn	0.9487	0.0000**	0.9419	0.3215	0.9704	0.0000**
CICE	0.0012**	0.0000**	0.1085	0.146	0.0124*	0.0035**
Aluminio.	0.0000**	0.0587	0.0320	0.7151	0.0000**	0.0612
SUMABASS	0.0001**	0.0000**	0.0375*	0.6659	0.0006**	0.0007**
Mg/K	0.4235	0.5255	0.0000**	0.6018	0.0000**	0.3444
Ca/K	0.0160*	0.0000**	0.0003**	0.0000**	0.0700	0.2145
(Ca+Mg)/K	0.0406*	0.0000**	0.0001**	0.0083**	0.0237*	0.0857
PENDIENTE	0.3569	0.2241	0.9251	0.3144	0.3556	0.8104

*Diferencias significativas (< 0.05).

**Diferencias altamente significativas (< 0.01)

CAPÍTULO 3.

SISTEMAS AGROFORESTALES SOMBRA-CAFÉ: PRODUCCIÓN DE CAFÉ: ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL.

1. INTRODUCCIÓN.

El distrito de Rivas de Pérez Zeledón se localiza en la Región Brunca Zona Sur de Costa Rica, en la vertiente del Océano Pacífico, al pie de la cordillera de Talamanca, en un rango altitudinal que va de los 800 a los 3000 m.s.n.m., m.s.n.m. Abarca la parte media y alta de los ríos Buenavista y Chirripó pacífico cuya confluencia ocurre junto al poblado de Rivas, que se ubica en las coordenadas 09° 29' latitud Norte y 83° 39' Longitud Oeste.

La región presenta absoluto predominio de tierras de ladera, pero también hay fuertes variantes entre sus secciones septentrional central y meridional. Terrazas junto a los ríos a partir de los 800 msnm, una sección de elevaciones desde los 900 msnm, vertientes que descienden abruptamente, abanicos aluviales con base en los escarpados valle de erosión en V y los valles del Buenavista, Chirripó y afluentes, mas profundos hacia el sur y sureste, así como extensas hondonadas con tierras fértiles, entre áreas mas escarpadas e inaccesibles.

El área cafetalera de Rivas tiene suelos de origen sedimentario generalmente ácidos y con altos contenidos de fierro y aluminio (Cuadro 1), terrenos con fuertes pendientes (promedio mayor a 30%), así como frecuentes y abundantes precipitaciones pluviales que suman 2686 mm anuales.

En estas condiciones se ha desarrollado una tecnología que incluye: el establecimiento de Sistemas Agroforestales que incorporan mas árboles de servicio como *Erythrina sp.* e *Inga sp.*, el diseño de cafetales mejor adecuados a la configuración de terreno con surcos a nivel, la aceptación de prácticas de conservación de suelos y la disposición a invertir en el mantenimiento de obras, la búsqueda de mayor eficiencia en la fertilización inorgánica a través del análisis de suelo y la aplicación de recomendaciones, el desplazamiento de la pala como principal instrumento de control de malezas por su evidente contribución a la erosión, la percepción de los efectos contaminantes de

herbicidas, particularmente los sistémicos y, la búsqueda empírica de soluciones no convencionales a los problemas fitosanitarios.

Pero el éxito de cualquier sistema agroforestal depende de la percepción de los productores de sus costos y beneficios. Conocer sus incentivos es esencial para comprender los patrones de uso de recursos y formular respuestas apropiadas a los problemas (Current, Lutz y Scherr, 1995a), aún reconociendo que en la actualidad los negocios agrícolas y el mercadeo alcanzan una dimensión global, y análogamente, la política agrícola esta estrechamente ligada con el comercio mundial agrícola (Pérez, F. 1995)

Donde la agricultura es la actividad más importante de la familia, los retornos a la tierra serían mas críticos. Otros buscarían maximizar su retorno al trabajo familiar; pero habiendo picos en el mercado estacional en cuanto a demanda de trabajo en la finca, el recurso crítico a ser maximizado sería el trabajo en el período estacional. Pero si hay fuerte dependencia de las compras en efectivo, se prefieren los sistemas de producción que maximizan los retornos para los insumos comprados. También parte del análisis de la estrategia de sobrevivencia es identificar factores que diferentes grupos de agricultores están maximizando explícita ó implícitamente (Scherr 1995).

El análisis de sensibilidad permite: 1) ilustrar las diferencias en la bondad de una tecnología agroforestal para los agricultores frente a diferentes precios, 2) indicar la estabilidad relativa de una intervención y el riesgo asociado con una adopción, 3) definir prioridades para colección de datos, pudiendo destacar la sensibilidad de retornos a ciertos insumos, productos o precios; 4) mostrar como los subsidios a insumos influirían en la rentabilidad de la práctica; o bien, 5) cómo la selección de la tasa de descuento implícita o financiera afecta la rentabilidad (Scherr 1995).

Características sobresalientes de las fincas encuestadas son: una escala de operaciones mas bien reducida, fuerte especialización en el cultivo de café, marcada dependencia del trabajo familiar, escasa disponibilidad de medios de trabajo, y una fuerte integración al mercado de insumos, productos y mano de obra. El patrón de uso del suelo incorpora la ganadería y sólo marginalmente pequeñas parcelas de básicos, maíz y frijol, y algunos relictos de bosque bajo la forma de 'áreas de conservación'.

2. METODOS.

2.1. Variedades de café y combinaciones agroforestales.

Los cultivares predominantes son el Caturra y el Catuaí aunque hay un tipo de café llamado 'lerdo' o 'veranero' con fuerte presencia en la región. Las fincas son diversificadas pero los cafetales son especializados; esto es, dos o más lotes o 'cercos' diferentes entre sí pero homogéneos en su interior, aún en minifundios tan pequeños como 1 manzana (0.70 ha.) o menores.

También se conservan relictos de cultivares como típica 'criollo', híbrido tico, Villa Sarchi, Villalobos, y/o Catimor. En un muestreo preliminar habíamos encontrado 'cercos' completos con estas variedades. La distancia de siembra mas frecuente en Caturra es de 0.84 m por 1.70 m entre calles (1*2 varas en términos locales). Para Catuaí es mas común el trazo de 1.00*2.00 m, mientras el 'Lerdo' tiene de una y otra.

No se detectaron cafetales a pleno sol. Los árboles de sombra mas utilizados son Guaba o Cuajinicuil (*Inga edulis*) y poró (*Erythrina poeppigiana*), casi siempre en combinación con musaseas (banano, plátano y/o guineo), habiendo casos de auténticos cultivos en asocio, principalmente café-plátano (*Musa AAB*). También se encuentran frutales como aguacates, cítricos, mangos, etc. y como principal especie maderable el cedro amargo (*Cedrela odorata*).

Los árboles de sombra reciben uno ó más arreglos por ciclo cafetalero para dar la cobertura deseada al cafetal a lo largo del tiempo. Tanto la intensidad como la periodicidad de poda o 'descumbra' es variable; mas aún si se trata de obtener material de propagación. *Erythrina poeppigiana* es mas tolerante a podas severas y su rebrote es más agresivo que *Inga edulis*. En musaseas se realizan deshojes y raleos cuya intensidad y periodicidad varía a lo largo del año. Normalmente son mas frecuentes en el 'invierno' (período lluvioso).

2.2. Manejo de las plantaciones en producción.

La renovación y la repoblación se inician con una poda profunda de las plantas de café y árboles de sombra, eliminando todas aquellas variedades o plantas indeseables, y se

reponen todas ellas. Es mas frecuente la resiembra por parches pero en plantaciones con distancias amplias se establecen nuevas hileras en la entrecalle.

En el cafeto es mas frecuente la poda baja o profunda, esto es, a una altura de 30-40 cm, sin dejar bandolas o 'crinolina'; se encontró la poda alta o rock and roll, con la cual se elimina únicamente el material vegetativo agotado de la parte superior de la planta, tratando de conservar la mayor cantidad posible de bandolas en buen estado; y excepcionalmente una poda selectiva, donde a cada planta se elimina el eje ortotrópico agotado o enfermo, dejando en pie el resto de ella. Estos tipos de poda se encuentran bajo tres sistemas diferentes: poda por parche, variando el número de plantas podadas según su estado de agotamiento, poda cíclica, por calles, eliminando en su totalidad una calle o hilera cada año; y finalmente la poda de plantas aisladas. Lo mas común es la poda baja por parches, aunque existe cualquier combinación..

Prácticamente todas las parcelas tienen obras de conservación de suelo (terrazas, asequias de ladera, canales de desviación y/o tanques de sedimentación) y en alguna medida recibieron mantenimiento en el ciclo de referencia (1996-1997)

La fertilización se basa en un análisis químico de suelo de cada parcela. Predomina la formula tradicional 18-5-15-6-2 (N-P-K-Mg-B) y Nutran ((33.5-00-00), pero hay una fuerte presencia de otros productos, tales como: Nitramon, 15-3-22, 10-30-10, KMg (Sulfato Potasio Magnesio), Magnesamon, 18-7-12-3-1.2 y algunas mezclas. También se realizan aplicaciones foliares con Metalozato de Boro, Metalozato de Zinc, Menorel B, Menorel Z y Menorel BZ que se combinan con fungicidas en cada atomización..

En control de malezas se combinan métodos manuales y químicos, pero hay diferentes estrategias que intentan conjugar eficiencia técnica y económica así como la protección de la salud del campesino y el ambiente, principalmente el suelo. La 'lumbrea' es la mas popular forma de control manual, se trata de una machetea baja, incluyendo cierta remoción de los primeros 5 cm del suelo. Se realiza como único control o previa a la aplicación del químico debido a las fuertes pendientes que predominan.

Los productores conocen sobre uso de productos, dosis, frecuencia de aplicación y equipos utilizados. Reconocen y aplican a conciencia un tratamiento postemergente o

preemergente, según las circunstancias o algún plan de control predefinido; y distinguen entre aplicación de alto y bajo volumen.

El tratamiento postemergente más común consiste en aplicación de alto volumen con Roundup, un herbicida sistémico que tiene un excelente espectro en gramíneas y especies de hoja ancha, siendo muy popular entre los caficultores de Rivas. Lo usan en forma específica para control de gramíneas si aparecen en forma parchoneada, o como tratamiento general en alto o bajo volumen. También se recurre a productos conocidos como 'quemantes', del grupo Paracuat.

Las plagas más importantes son: larvas de Jobotos (*Phyllophaga spp.*, Coleoptera, Scarabaeidae) que en sus estado adulto son los llamados 'abejones de mayo', causan daños destrozando la raíz, sobre todo en plantas jóvenes tanto de cafetos como árboles de sombra, principalmente *Erythrinas*; la cochinilla de la raíz (*Dysmicoccus brevipes* Homóptera, pseudococcidae) que se fija en la corteza de las raíces, sobre todo en las bifurcaciones o en la base de las raicillas (ICAFE 1989).

Pero los mayores daños económicos percibidos son de nemátodos, que se localizan en el sistema radical bloqueando y destruyendo la raíz absorbente, además de servir de puente de entrada de otros patógenos presentes en el suelo. Los más importantes son de los géneros *Pratylenchus spp* que producen a menudo el desprendimiento de la cubierta exterior de las raíces, dejando una apariencia de filamentos de los tejidos; y los del género *Meloidogyne spp.*, que se perciben por la formación de agallas o nódulos, visibles con mayor frecuencia en el extremo de la raíz (ICAFÉ 1989).

En ningún caso se hizo control químico de plagas en plantas cosecheras en el ciclo cafetalero de referencia (1996-1997), pero la mayoría de los productores reconocen haberlo hecho antes, con resultados poco alentadores. Aunque nunca descartan medidas preventivas que incluyen uso de productos químicos, en semilleros y almacigales.

El problema principal se llama Chasparria (*Cercospora coffeicola* Berk & Coke), se presenta tanto en almacigales como en plantas cosecheras, y es muy generalizada en la zona de estudio.

Adquiere especial virulencia cuando las plantas se encuentran mal nutridas y expuestas a plena exposición solar, donde las defoliaciones y muerte de tejido productivo

son abundantes, empezando por los extremos de las bandolas (ejes plagiotrópicos) con mayor abundancia de granos.

La aplicación de productos químicos se hace con carácter preventivo y curativo, siendo el mas popular 'Atemi', en concentraciones de 1.0 a 2.0 cc por litro de agua, pero considerando el alto precio, con carácter preventivo se recurre a productos sucedáneos como cupravit verde, Ferban y Caldo bordelés para una segunda o tercera aplicación.

Estas también son preventivas con relación a Roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br), ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk et Curt), enfermedad rosada (*Corticium salmonicolor*), y mal de hilachas (*Pellicularia koleroga*) (ICAFE 1989), que en la zona se consideran de importancia secundaria, aunque se detectaron algunas parcelas con fuertes daños

Finalmente, en cualquier parcela agroforestal sombra-cafe tanto el manejo como la intensidad de prácticas de cultivo y uso de insumos es variable en cada ciclo cafetero.

2.3. El análisis de presupuesto parcial.

Mediante el método de presupuesto parcial se calculan los beneficios brutos, los costos variables y los beneficios netos de cada sistema, por unidad de superficie. Luego, en una tabulación simple se incluyen dichos costos y sus correspondientes beneficios netos, de acuerdo a un ordenamiento ascendente de los sistemas analizados según la magnitud de sus costos variables.

Se descartan de antemano los SAF's que tengan menores beneficios netos pero mayores costos variables que cualquier otro (análisis de dominancia). Se mide el cambio porcentual, o sea, un cociente donde el numerador es el cambio en los beneficios netos, y el denominador es el cambio ocurrido en los costos variables; el resultado será la tasa marginal de retorno (TMR) de un sistema con respecto al que le precede en magnitud de costos.

Se justificará invertir en SAF's con mayores costos variables, sólo cuando su TMR (con respecto al anterior) supere 'una tasa de comparación' (T.C.) preestablecida, según el costo de oportunidad del capital y una prima de riesgo.

3. RESULTADOS

3.1. Beneficios directos.

Se encontraron diversos bienes útiles procedentes del SAF sombra-café. Sin embargo, sólo el grano de café se vende regularmente, siempre como fruta fresca durante el período de cosecha que va de Septiembre a Diciembre de cada año; aunque en algunas zonas concluye después, según la altitud en que se encuentre la parcela, y el café veranero o 'lerdo' debe su nombre a su maduración tardía, hasta febrero-marzo

Durante la cosecha en cada parcela cafetalera se hacen 2 ó 3 'cogidas' de grano y una 'repela' al final; aunque la maduración de esta cosecha en particular (1997-1998) es bastante irregular, y con esa irregularidad están cogiendo el grano.

De los 7 tipos de café en fruta producidos en Costa Rica, la Cooperativa Agrícola industrial y de Servicios Múltiples El General R. L (COOPEAGRI), cuyo precio de liquidación final es nuestro referente en los análisis de rentabilidad y riesgo en nivel de producción primaria, adquiere el MHB (Medium Hard Bean) y SHB (Strictly Hard Bean), en proporciones de 97 y 3% aproximadamente, en los últimos 29 ciclos cafetaleros

Normalmente el caficultor vende café maduro, pero cada año, al principio y al final de la cosecha tiene un alto porcentaje de café verde (sin madurar) cuya presencia va en demérito del precio en aquellos lotes donde el muestreo respectivo indica que se rebasa cierto porcentaje tolerable preestablecido. Pero esto, al igual que la venta de café bellota (secado al sol) es muy marginal. En el estudio se aplica el precio de café maduro.

Este referente se utiliza porque todos los caficultores encuestados son socios de COOPEAGRI, y aparentemente una alta proporción de su cosecha pasa por este canal de comercialización, cuyo precio de liquidación final ha estado de manera consistente arriba del promedio regional durante el período de referencia (Oficina del café 1974, 1975, 1978, 1981, 1982) (ICAFFE 1986, S/F(a), S/F(b), 1989, 1993, 1995 1997).

Frutos de plátano, banano y guineo, así como naranja, aguacate y macadamia en diferentes variedades y tipos se producen de manera significativa y eventualmente se venden; pero no es producción comercial en sentido estricto, aún en el caso de la macadamia, que habiendo sido promovida como soporte de una política de diversificación

por el gremio cafetalero regional, devino en un serio fracaso por problemas técnicos con la cosecha y cuestiones de mercadeo.

También existen productos de consumo intermedio y final que normalmente no se comercializan, tales como postes de madera, estacas de poró para propagación, leña de guaba y cafeto; o flor de Itabo, níspero, manzana de agua, mango, guanábana, algunos cítricos (además de naranja), y pejibaye en la zona baja; o bien frutos de caducifolios como manzana y durazno, entre cafetales que se encuentran a mayores altitudes (arriba de 1200 m.s.n.m.); aunque sí hay algún intercambio local sin mediar una relación comercial.

Ante estas circunstancias, el análisis de rentabilidad sólo incorpora, en principio, a la producción de café, como fuente de beneficios directos. Pero se harán algunas aproximaciones considerando el ingreso promedio por concepto de venta de plátano en un análisis de presupuesto parcial, asumiendo que la población promedio estimada de musaseas en cada SAF corresponde a plátano.

Los rendimientos promedio de café estimados para esta cosecha (1997-1998) son, de acuerdo a las estimaciones de cosecha realizadas en la totalidad de las parcelas de la muestra, 49.09, 47.65 y 56.58 fanegas por ha,² para los SAF I (café-poró), II (café-poró-plátano) y III (café-sombra diversificada) respectivamente; mientras que el precio pagado por la cosecha anterior (1996-1997) aún no estaba definido el 8 de septiembre de 1997.

El sistema de comercialización incluye un pago inicial al caficultor cuando entrega el producto y el resto en 'ministraciones', que para el caso de la cosecha recién concluida, (1996/1997) habían sumado 22 000 colones por fanega de café maduro hasta Agosto de 1997; esperándose todavía un finiquito que oscilaría entre 1000 y 2000 colones (1US\$=240 colones en Noviembre de 1997).

En el caso del plátano se considera el promedio del precio al mayoreo de los últimos doce meses de registro disponible (Mayo 1996-Abril 1997, PIMA 1997), en US\$ por racimo estándar; y se asume un rendimiento promedio por mata de 0.6 racimo, aunque no se incluyó en la encuesta ni se hicieron estimaciones de campo a propósito.²

² Una fanega=20 cajuelas=400litros de café en fruta (cereza). Equivale aproximadamente a un quintal de café oro. Un quintal es igual a 100 lb, o bien 46 kg. de café oro, también llamado café verde.

3.2. Costos Directos.

Los datos correspondientes a las prácticas agrícolas y los insumos utilizados en el presente ciclo cafetalero fueron sistematizados en 8 grandes agregados reportado en el cuadro 1.

3.3. El Análisis de presupuesto parcial.

Considerando un ciclo cafetalero 'promedio', el SAF II 'café-poró' tiene el costo variable promedio mas alto y el Beneficio Neto mas bajo, como se muestra en el cuadro 2.

Por otro lado, el SAF I 'café-poró-musaseas,' aún sin considerar el beneficio derivado de la producción de musaseas tiene mejores indicadores financieros. Costos menores y mas alta producción de café llevan a esos resultados. Sin embargo, ha de notarse que en este son muy pequeños los costos en atención al cafetal, y por los antecedentes, también son cafetales mas jóvenes, lo cual podría explicar un resultado aparentemente contradictorio. Por eso es importante construir un modelo econométrico que 'controle' dichos factores.

Finalmente, el SAF III 'café-sombra diversificada' aparece con el mas alto beneficio neto pues tiene el mejor rendimiento en campo y costos ligeramente inferiores al precedente. Aunque ello puede atribuirse a que tiene el cafetal con las mejores características de manejo de los dos anteriores, sólo un estudio de largo plazo podría confirmarlo, o aplicando el recurso metodológico antes mencionado que considere los ajustes pertinentes para hacerlos comparables.

En el escenario de presupuesto parcial por cada dólar adicional anual que se invierte en el SAF III en gastos operativos (respecto al SAF I) se obtienen 8.24 US\$ de retorno neto, aunque esto debe tomarse con cautela, pues el análisis marginal (cuya síntesis se presenta en el cuadro 3) es insuficiente.

Finalmente, en el supuesto de que todas las matas de musaseas fueran de plátano (que de hecho es la predominante y de mayor valor comercial), y tomando en cuenta el valor comercial de su producción, se mantiene la jerarquía de cada SAF, aunque mejora el

² Un racimo estandar de plátano corresponde a un racimo de 30 dedos.

beneficio neto del SAF I 'café-poró-musaseas' Estos resultados aparecen en el cuadro 4. complementado por el cuadro 5.

Los retornos a la mano de obra confirman el rezago del SAF II (café-poró), pues mientras los otros dos (SAF I y SAF III) obtienen 45.77 y 45.99 US\$ respectivamente por día ocupado en el manejo del sistema, el SAF II sólo alcanza 34.52.

4. DISCUSIÓN

En la perspectiva de los resultados que arroja el análisis marginal parece suficiente la confirmación de una situación financiera poco atractiva de una tecnología determinada, como es el caso del sistema agroforestal II (café-poró) comparada con las otras, para descartarla como alternativa de producción. Sin embargo, en agroforestería el componente arbóreo puede ser valorado para un rango de propósitos, que incluye desde productos, hasta insumos de la finca, servicios de la finca, ingreso en efectivo, ahorros o beneficios ambientales (Ávila 1992).

Mas aún, en el marco definido por el análisis de presupuesto parcial, tanto los beneficios netos como la relación beneficio/costo no guardan grandes diferencias entre los tres sistemas estudiados. Aunque habría que reconocer la insuficiencia de este referente, considerando que sólo atiende a los costos operativos.

Finalmente el agricultor se interesa no solamente, o incluso principalmente, con los retornos al capital. El recurso central a ser optimizado (que percibe como mas escaso ó más valioso) puede ser la tierra, el trabajo, una pieza particular del equipo de capital, efectivo o el insumo administración (Scherr1995).

El presupuesto parcial es un auxiliar en la toma de decisiones relacionadas con una actividad productiva que ya está en operación. Se puede utilizar para determinar las ventajas financieras que se derivan de hacer cambios sencillos; o también cambios mayores, como sería expandir la magnitud de dicha actividad productiva (Herrera, Velasco y Radulovich, 1994). En nuestro caso, evaluar si vale la pena pasar de un SAF a otro mas caro de operar

A propósito, resulta oportuno aclarar que el análisis anterior también es parcial en el sentido de que se enfoca solamente sobre la rentabilidad operativa de los sistemas, una vez que éstos han sido establecidos. Se obvian los costos en que habría que incurrirse para 'transformar' un sistema u orientación agroforestal en otra.

En el modelo convencional las tecnologías en evaluación se comparan con una alternativa considerada como tradicional para mejorarla (Saín et al. 1993; Valladares y Saín 1993). En nuestro caso se trataba de comparar Sistemas agroforestales sombra-café con relación al cultivo de café sin sombra, o una versión de sombra tradicional con predominio de especies presentes en los bosques de la región, pero estas opciones no se encontraron. La encuesta indica que sólo hay cafetales bajo un dosel de sombra de especies introducidas y cultivadas, y ocasionalmente aparecen en forma aislada algunas plantas del bosque circundante.

Por ello, los resultados obtenidos no son concluyentes, ya que si bien el SAF II aparece como el menos rentables, el análisis tampoco lleva desestimar las posibilidades que ofrece aún ese sistema en las condiciones de Rivas.

Considerando solamente los valores absoluto de los costos variables y los 'beneficios netos' para los tres sistemas, queda la impresión de que en términos generales no son tan diferentes, en contraste a la aparente evidencia que arroja la TMR.

Adicionalmente, la rentabilidad de corto y largo plazo de un SAF sombra-café constituyen elementos centrales para comprender algunas de sus ventajas relativas, pero la contribución del análisis de presupuesto parcial para explicar la evolución de la tecnología agroforestal en la región hacia los patrones antes tipificados es limitada, si se restringe, como es el casos, al estudio de sólo un año de cultivo, más aún si sólo considera los costos y beneficios directos que tienen algún referente en el mercado,

Sin embargo este estudio se restringe al corto plazo, en el nivel de la rentabilidad operativa, y sería muy temerario construir un modelo de largo plazo, cuando hay diferencias substanciales en cada SAF para diferentes ciclos cafetaleros, así como entre SAF's para un mismo año. Edad del cafetal y del tejido productivo son dos ejemplos.

Ello significa que no se cuenta con elementos para un análisis de largo plazo ni con un testigo. Por consiguiente, sólo se hace un análisis de corto plazo para un ciclo cafetalero

y se comparan entre sí los SAF's tipificados. Finalmente, en la valoración de los diferentes SAF, debe haber un lugar al reconocimiento de sus atributos técnicos, pues en el caso del SAF II, además de ser más 'amigable' con el ambiente, permite la recuperación y utilización productiva de áreas erosionadas o lixiviadas, sin embargo es difícil encontrar un referente en el mercado y asignarle un precio.

Con todo, se ha intentado reconocer los factores y mecanismos que afectan su rentabilidad, en especial el impacto que la adopción del sistema tiene sobre el uso de mano de obra.

5. CONCLUSIONES.

El SAF II café-poró aparece como dominado en el análisis de presupuesto parcial, aún sin contabilizar el ingreso derivado de la producción complementaria que sería más abundante en los otros SAF's.

Los costos variables del SAF II café-poró también son los más altos en términos globales (aunque sus rendimientos son los más bajos), y en particular en fertilizante y mano de obra para fertilización, así como 'otros insumos'; lo cual confirmaría el intento de extraer el máximo provecho posible de esas matas de café, en promedio más viejas (pero renovadas). De esta manera, al trabajar con simples rendimientos promedio, los resultados del análisis de beneficio son incompletos, y corregirlo requiere de un ejercicio econométrico adicional, que atienda al funcionamiento del sistema.

El SAF I 'café-poró-musaseas' tiene mejores resultados en un análisis de presupuesto parcial, aún sin considerar los eventuales ingresos derivados de la venta de plátano; pues obtiene mejores rendimientos por ha., no obstante la menor producción por mata cosechera.

El SAF I 'café-poró-musaseas' cuenta con la mayor cantidad de matas de café cosecheras por ha., los cafetos más jóvenes en promedio, y el tejido productivo de mayor edad; que al conjugarse con costos variables más bajos contribuye a explicar sus mejores resultados financieros. Mención especial merece el bajo perfil del costo de manejo del

cafetal (podas y resiembras), porque además de ser el componente de costo variable con mayor descenso, en comparación con los otros SAF's, confirmaría la persistencia del tejido productivo actual. En resumen, se trata de los cafetales mas jóvenes en promedio, pero en su tercera cosecha después de la última poda, con escasa renovación en este ciclo cafetalero.

El SAF III, 'café-sombra diversificada' es el mas rentable, con una TMR (Tasa Marginal de Retorno) de 824%, con respecto al SAF I que le precede en rentabilidad. Este resultado es particularmente atractivo si consideramos que sólo contabiliza el beneficio por venta de café, cuyos rendimientos aparentemente no se ven afectados por otros tipos de sombra, además de poró y musaseas.

La magnitud y la estructura de costos variables del SAF III es muy similar al que le antecede en rentabilidad (SAF II), pero los rendimientos por mata cosechera es mayor. Aparentemente este resultado habría que explicarlo por factores de manejo que no se perciben a través de los costos, o bien en las condiciones de sitio

En el supuesto de que todas las musaseas del SAF fueran plátanos, los resultados del análisis de presupuesto parcial son similares, en tanto cada SAF mantiene su jerarquía, pero se acentúa la dominancia sobre el SAF II 'café-poró', y ocurren cambios en favor del SAF I 'café-poró-musaseas', el cual se acerca a los resultados del SAF III, que conserva su primacía. En otro capítulo se verá que los rendimientos promedio observados son insuficientes para una comparación objetiva. El análisis de riesgo que se realiza posteriormente ya incorporan estos ajustes, y los resultados también son diferentes.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- AVILA, M. 1992. Economics of agroforestry systems. In Sullivan, G.M.; Huke, S.M.; Fox, J.M. eds. Financial and economics analysis of agroforestry systems. Proceedings of a workshop held in Honolulu, Hawaii, USA, July 1991. pp. 52-63
- CURRENT, D.; LUTZ, E.; SCHERR, S. J. 1995a. The costs and benefits of agroforestry to farmers. The World Bank research Observer 2: 151-180. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- HERRERA, F.; VELASCO, C.; DENEN, H.; RADULOVICH, R. 1994. Fundamentos de análisis económico. Serie técnica. Informe técnico N° 232. CATIE. Turrialba Costa Rica. 62 p.
- ICAFÉ. 1986. Informe anual de labores 1985. San José Costa Rica 59 p.
- ICAFÉ. S/F(a). Informe anual de labores 1987. San José Costa Rica 65 p.
- ICAFÉ. S/F(b). Informe anual de labores 1989. San José Costa Rica 69 p.
- ICAFÉ. 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo de café. Programa Cooperativo ICAFÉ-MAG San José Costa Rica. 122 p.
- ICAFÉ. 1993. Informe anual de labores 1992. San José Costa Rica 54 p.
- ICAFÉ 1995a. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica 1995. San José Costa Rica. Preparado para los delegados al XXIV Congreso Nacional Cafetalero (Agosto 1995). 119 p.
- ICAFÉ. 1995b. Informe anual de labores 1994. 2ª edición San José Costa Rica 70 p.
- ICAFÉ. 1997a. Datos de la Oficina de Pérez Zeledón Costa Rica. Inédito.
- ICAFÉ. 1997b. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José C. R. 99 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1974. Informe de Labores 1973. Edición especial 25 Aniversario. San José Costa Rica 111 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1978. Informe de Labores 1977. San José Costa Rica 54 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1980. Informe de Labores 1979. San José Costa Rica 64 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1981. Informe de Labores 1980. San José Costa Rica 80 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1982. Informe de Labores 1981. San José Costa Rica 84 p.
- PÉREZ, F. 1995. Agricultura y Recursos Naturales: Visión empresarial. In Sain, G. Tripp, R. Brenes E.R. eds. Desafíos presentes y futuros del medio ambiente y la productividad en la agroempresa centroamericana. INCAE. San José... pp 68-75.
- SAÍN, G., PONCE, I., BORBÓN, E. Rentabilidad del Sistema de Abonera en el litoral atlántico de Honduras. In. Síntesis de resultados experimentales 1992. Bolaños, G., Urbina, R., Barreto, H. Ed CIMMYT-PRM (Programa Regional de Maíz para Centroamérica y Panamá). Guatemala. 283 p.
- SCHERR, S.J. 1995. Economic Analisis of Agroforestry Systems: The farmers Perspective In. Current, D.; Lutz, E.; Scherr, S.J. eds. Costs, Benefits, and Farmer adoption of agroforestry. A CATIE-IFPRI-World Bank Project. The World Bank. Washington, D. C. pp 28-44.
- VALLADARES, C. y SAIN, G. 1993. Análisis económico de introducir una leguminosa en el sistema de producción de maíz en el municipio de San Diego, Zacapa Guatemala. In Bolaños J.; Saín, G.; Urbina, R.; Barreto, H. (Eds.) Síntesis de resultados experimentales del Programa Regionalde Maíz para Centroamérica y el Caribe. Vol 4 (1993): 163-166. CIMMYT-PRM, Guatemala

Cuadro 1. Matas cosecheras y costos variables por ha en los sistemas agroforestales sombra-café en rivas de Pérez Zeledón. Ciclo cafetalero 1996-1997. Los rendimientos (fanegas/ha) son estimaciones en campo para la cosecha 1997-1998.

CONCEPTO	SAF I 'Café-poró-musaseas'		SAF II 'Café-poró'		SAF III 'Café-sombra diversificada'	
	Promedio	Desv. Std.	Promedio	Desv. Std.	Promedio	Desv. Std.
COSECHER	4627.63	800.73	3843.06	946.43	4550.0	1316.99
FANEGAHA	49.09	30.24	47.65	38.65	58.09	36.0
DIASFERT	18.70	6.86	22.05	10.19	20.53	8.81
DIASUEL	27.2	10.39	29.64	8.57	29.59	10.03
DIASCAFE	5.76	3.85	15.79	13.32	16.94	12.80
DIADOSEL	15.25	7.52	14.24	10.62	12.54	7.59
DIASTOTM	66.91	17.15	81.72	21.27	79.6	21.19
PAMODOLL	334.58	85.85	408.61	106.48	398.1	105.93
CFERDOLL	219.61	103.2	262.56	136.0	229.34	119.73
CINSOLL	63.99	63.36	82.23	47.77	63.91	50.73
COSVADOLL	618.15	184.57	753.36	225.79	691.16	205.78

COSECHER. Cantidad de matas cosecheras en en 1997.

FANEGAHA. Producción de café cereza (fruta). Fanegas/ha. Una fanega = dos doble hectolitros. Aproximadamente 1 quinal de café verde (100 lb 0 46kg.)

DIASFERT. Jornadas de trabajo ocupadas en fertilización', variable que se llama.

DIASUEL. Jornadas de trabajo en labores agrícolas dirigidas al suelo (control de 'malezas', aplicación de Carbonato de calcio y/o conservación de suelos)

DISACAFÉ. Jornada de trabajo dirigido a la mata de café (podas, resiembras y/o atomizaciones).

DIADOSEL. Jornadas de trabajo para mantenimiento del dosel de sombra, que incluye poda de poró y guaba, poda y raleo de musaseas).

DIASTOTM. Jornadas de trabajo total ocupadas en el cultivo de la parcela agroforestal sombra-café (excepto cosecha).

PAMODOLL. Costos de mano de obra durante el ciclo cafetalero (excepto cosecha). US\$ corrientes.

CFERDOLL. Costos de fertilizantes inorgánicos aplicados al suelo. US\$ corrientes.

CINSOLL. Costo de todos los insumos utilizados excepto fertilizantes inorgánicos. US\$ corrientes.

COSVADOLL. Costos variable directos en el ciclo cafetalero 1996-1997. Incluye mano de obra e insumos. Costos directos excepto costos de cosecha.

Cuadro 2. Presupuesto parcial de Sistemas Agroforestales sombra-café de Rivas de Pérez Zeledón (Sin considerar producción de plátano).

DESCRIPCIÓN	SAF I	SAF II	SAF III
	Café-Poró-Musaseas	Café-Poró. Café-Sombra	diversificada
1. BENEFICIOS BRUTOS /HA.			
1.1. Beneficios brutos de café.			
Rendimiento estimado de café/ha.	49.09 Fanegas.	47.65 fanegas.	58.09 Fanegas.
Precio de campo/ha (1 fanega en 1997, US\$ 91.67, menos US \$16.67 de gastos de cosecha = US\$ 75.00)*.	US\$ 75.00	US\$ 75.00	US\$ 75.00
BENEFICIOS BRUTOS TOTALES	3681.75	3573.75	4356.75
2. COSTOS VARIABLES/HA.			
2.1. Costos fertilizantes al suelo (CFERDOLL)	219.61	262.56	229.34
2.2. Costos otros insumos (CINS DOLL)	64.00	82.23	63.80
2.3. Mano de obra excepto cosecha (PAMODOLL)	334.58	408.601	398.1
COSTO VARIABLE /HA.	618.15	753.36	691.16
BENEFICIO NETO POR HA.	3063.6	2820.39	3665.59

*Gastos de cosecha de café = 200 colones /cajuela; o sea, 4000 colones por fanega.

**1 US\$ = 240 colones costarricenses, al 10 de Noviembre de 1997.

1 Fanega de café = 20 cajuelas = 400 litros = dos doble hectolitros (DHI). Aprox. 256 kg. de fruta (cereza).

*** Precio de una fanega, cosecha 1996-1997, 22000 colones hasta el 08 de Septiembre de 1997 (91.67 US\$)

Cuadro 3. Análisis marginal de los Sistemas Agroforestales Sombra-café en Rivas de Pérez Zeledón. Sin considerar producción de plátano.

Sistema Agroforestal	Costos Variables	Beneficios netos.	Análisis de dominancia	Δ Costos Variables	Δ Beneficio Netos	TMR %
SAF I. Café-poró-musaseas	618.15	3063.6		---	---	
SAF II. Café poró.	753.36	2820.39	D			
SAF III. Café-sombra diversificada	691.16	3665.39		73.01	601.79	824%

Cuadro 4. Presupuesto parcial en la evaluación de Sistemas Agroforestales sombra-café de Rivas de Pérez Zeledón (Incluyendo producción y venta de plátano).

DESCRIPCIÓN	SAF I	SAF II	SAF III
	Café-Poró-Musaseas	Café-Poró. Café-Sombra	diversificada
1. BENEFICIOS BRUTOS /HA.			
1.1. Beneficios brutos de café.			
Rendimiento estimado de café/ha.	49.09 Fanegas.	47.65 fanegas.	58.09 Fanegas
Precio de campo/ha (1 fanega en 1997, US\$ 91.67, menos US \$16.67 de gastos de cosecha = US\$ 75.00).	US\$ 3681.75	US\$ 3573.75	US\$ 4356.75
1.2. Beneficios brutos de plátano.			
Matas de plátano por ha. Se supone Rendimiento de = 0.7 racimo estándar por mata *	Matas 291.0 Racimos 203.7	Matas 17 Racimos 11.9	Matas 156 Racimos 109.1
Precio plátano al productor 1.657 US\$/racimo.**	337.5	19.7	180.9
BENEFICIOS BRUTOS TOTALES	3401.1	3593.45	3846.495
2. COSTOS VARIABLES/HA.			
2.1. Costos fertilizantes al suelo (CFERDOLL)	219.61	262.56	229.34
2.2. Costos otros insumos (CINSOLL)	64.00	82.23	63.80
2.3. Mano de obra excepto cosecha (PAMODOLL)	334.58	408.601	398.1
COSTO VARIABLE /HA.	618.15	753.36	691.16
BENEFICIO NETO POR HA	3063.6	2820.39	3665.59

* Un racimo estándar de plátano corresponde a un racimo de 30 dedos.

** El precio promedio del racimo estándar de plátano entre mayo 1996-Abril 1997 es de 2.55 US\$, precio al mayoreo en San José (PIMA 1997). Se aplica un factor de = 0.65, como precio al productor. Así resulta 1.657 US\$ por racimo estándar

CUADRO 5 Análisis marginal de los Sistemas Agroforestales Sombra-café en Rivas de Pérez Zeledón. Incluyendo producción de plátano.

Sistema Agroforestal	Costos Variables.	Beneficios netos.	Análisis de dominancia	Δ Costos Variabls	Δ Beneficios netos	TMR %
SAF I. Café-poró-musaseas	618.15	3401.10		—	—	
SAF II. Café poró.	753.36	2840.09	D			
SAF III Café-sombra diversificada	691.16	3846.49		73.01	445.39	6.10

CAPÍTULO 4.

SISTEMAS AGROFORESTALES SOMBRA-CAFÉ EN RIVAS DE PÉREZ ZELEDÓN: PRECIO, RENDIMIENTO Y RIESGO FINANCIERO.

1. INTRODUCCIÓN.

Adoptar agroforestería es más complicado que decidir sobre cultivos anuales. Muchos costos y beneficios de una práctica agroforestal no son obvios en los primeros años. Además, éstos varían año con año, dependiendo de los árboles manejados, la mezcla de productos, y las prioridades de manejo del sistema (Scherr y Müller, 1991).

Existe riesgo cuando una decisión tiene más de un posible resultado y la probabilidad de cada resultado específico se conoce o se puede estimar; y existe incertidumbre cuando esas probabilidades no se conocen o no se pueden estimar. Toda toma de decisión implica un riesgo, y resulta lógico pensar que frente a decisiones de mayor riesgo, exista una opción de mayor rentabilidad. Sin embargo, lo fundamental en la toma de decisiones es que se encuentre cimentada en antecedentes básicos concretos y que las decisiones se adopten con fundamento, con el más pleno conocimiento de las distintas variables que entran en juego (Sapag y Sapag 1995).

La incertidumbre caracteriza una situación donde los posibles resultados de una estrategia no son conocidos, y en consecuencia, sus probabilidades de ocurrencia no son cuantificables. La incertidumbre, por tanto, puede ser una característica de información incompleta, de exceso de datos, o de información inexacta, sesgada o falsa. La incertidumbre crece en el tiempo, y el desarrollo del medio condicionará la ocurrencia de los hechos estimados en su formulación; en cambio, existe riesgo cuando una decisión tiene más de un posible resultado y la probabilidad de cada resultado específico se conoce o se puede estimar (Sapag y Sapag 1995).

Tabora Jr. (1991) muestra que la agroforestería tiene potencial para amortiguar riesgos y reducir incertidumbre, gracias a la diversidad de fuentes de ingreso. La autosuficiencia de alimentos, por ejemplo, da al productor cierta flexibilidad para mercadear los productos en el tiempo y en los términos más favorables que cuando no tienen alternativas de ingreso, y según Reves y Lilieholm (1993), el riesgo o variabilidad

del ingreso neto esperado debe ser considerado aceptable para la aversión al riesgo de los agricultores, al desarrollar sistemas agroforestales.

En tanto, Current, Lutz y Scherr (1995a) evaluaron la rentabilidad de la agroforestería para la familia, a la luz de los beneficios y costos financieros, manejo de riesgo, y la naturaleza y accesibilidad de los mercados de productos agroforestales; pues allí se encuentran importantes incentivos para la adopción de agroforestería.

Precisamente, actitud con relación a riesgo era un factor estrechamente vinculado con la crisis del café en Karnataka (Srinivas, Gangadharappa y Shivaramu 1995); y estudios empíricos han demostrado que los agricultores en los países en desarrollo enfrentan una gran incertidumbre, y sienten una intensa aversión al riesgo (Binswanger 1980).

El análisis de riesgo de una tecnología agroforestal incluiría: cómo (ó cuanto) de la tecnología agroforestal es afectada por cambios en la calidad de la estación climática, oportunidad de las operaciones, disponibilidad y precio de mercado de los insumos, y acceso a mercados y precios de venta de los productos. La magnitud de riesgo que algunos agricultores estén dispuestos, influirá finalmente en si una tecnología se integra en el sistema de finca. En áreas marginales del mas bajo potencial, donde el cultivo es de alto riesgo, cuestiones de riesgo son críticas para la toma de decisiones de los agricultores, con ventaja para la agroforestería (Scherr 1995).

Visualizar algunas variables que tienen mayor efecto en el resultado frente a distintos grados de error o incertidumbre en la estimación de resultados de inversión, permite decidir acerca de la necesidad de realizar estudios más profundos de esas variables para mejorar las estimaciones y reducir el margen de error. Por ejemplo, determinar con que nivel de operación una alternativa tecnológica deja de ser la más rentable porque a partir de ese punto, otra exhibe mayor valor actual neto (Sapag y Sapag 1995).

El riesgo y la aversión al riesgo aparecen ampliamente en la toma de decisiones de los productores pobres por encima de otras consideraciones económicas. Por ello, probablemente prefieran una opción que les reduce su riesgo aunque tenga un menor potencial económico (Arnold, 1987).

Finalmente, análisis de riesgo es una técnica analítica mediante la que se determina las probabilidades de ocurrencia con respecto a todos los elementos críticos de un proyecto

de inversión y después, por computadora, se hacen cálculos repetidos de una medida del valor del proyecto, donde cada elemento entra en computaciones sucesivas de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia. El resultado se da a conocer más comúnmente en forma de una curva de probabilidad acumulativa trazada sobre un gráfico en el que el eje vertical representa la probabilidad de que una medida del valor del proyecto caiga por debajo de un valor establecido, y el eje horizontal representa los valores de la medida del valor del proyecto. A veces se le llama 'análisis de probabilidad' (IICA 1994).

El análisis de riesgo que realiza el programa 'cash flow' muestra los cambios porcentuales en los costos o ingresos que hacen que el VAN sea igual a cero (Gómez 1992).

La agroforestería, por liberar varios productos, es menos vulnerable a fluctuaciones de mercado pero los sistemas más diversificados no tendrían los más altos flujos de fondos descontados (Liliehalm y Reves 1991). Aún así, puede haber ventaja de los precios de un flujo de fondos estabilizados, aún teniendo menor tasa interna de retorno. Ello es comúnmente aceptado para productos cuyos precios varían poco, o al mismo tiempo pero en forma inversa, si hubiera fluctuaciones generalizadas (Reves y Liliehalm 1993). Y en los grupos de subsistencia muchas razones han sido identificadas para prever que el cultivo de árboles mejora la estabilidad del consumo. (Price 1995).

El objetivo de este capítulo es presentar los resultados del análisis de riesgo financiero de los principales sistemas agroforestales sombra-café del distrito de Rivas de Pérez Zeledón Costa Rica. Previamente se han identificados tres sistemas agroforestales sombra-café, el SAF I (café-poró-plátano), SAF II (café-poró), y el SAF III (café-sombra diversificada). El café es *Coffea arabica*, el poró es *Erythrina poeppigiana*, y el plátano es *Musa AAB*

2. MÉTODOS.

En la conformación de la función objetivo base para este análisis consideramos solo los beneficios y costos directos de productos/insumos, sean de venta/compra en un mercado o sean consumidos/provistos por la familia del productor. En el segundo caso se

estima empíricamente el costo de oportunidad, dependiendo de la naturaleza del bien, servicio ó insumo involucrado (producto intermedio o final), y si existe un precio de mercado adyacente. El modelo, considerando sólo producción y venta de café sería:

$$BN_i = P_C Y_{Ci} - CV_i; \quad i=1,2,\dots,k \quad \text{donde}$$

- BN_i = Beneficio Neto promedio por unidad de superficie del Sistema Agroforestal 'i'.
- $P_C Y_{Ci}$ = precio unitario * cantidad de café promedio producida por unidad de superficie por el Sistema Agroforestal 'i'.
- CV_i = Costos variables promedio por unidad de superficie para el Sistema Agroforestal 'i'.

Sólo usaremos el promedio de los costos variables y rendimientos de la muestra para cada sistema agroforestal encontrado. La ecuación anterior podrá reevaluarse como una relación Beneficio/Costo, o sea, BN_i/CV_i . Los ingresos por la venta de otros productos agroforestales se descartaron, excepto plátano, por su carácter muy marginal: producción ínfima y carencia real de precio.

Para analizar el riesgo financiero resultante de la variabilidad de los precios del café se modelará y simulará la distribución estadística de esta variable, intentando captar el impacto a nivel micro de las fluctuaciones mundiales de éstos. Por ello se trabajará con considera el precio promedio anual -en dólares- del café de exportación de Costa Rica. El proceso contempla:

- La modelación y simulación de las distribuciones probabilísticas de P_C la cual se utilizará para generar distribuciones probabilísticas de BN_i y BN_i/CV_i mediante la ecuación dada anteriormente. Los métodos de modelación y simulación a utilizarse es una variante del desarrollado por Ramirez (1997).
- Se utilizarán estas distribuciones de probabilidades de BN_i y BN_i/CV_i para evaluar el riesgo financiero inherente a cada uno de los sistemas agroforestales tipificados, mediante un análisis de riesgo convencional; esto es, determinar $P(BN_i)$ por $ha \leq 0$.

En forma análoga se procede a realizar una simulación de rendimientos a partir de información de campo, para analizar el riesgo financiero resultante de la variabilidad del rendimiento en cada Sistema Agroforestal tipificado.

Finalmente, se considera la variabilidad conjunta del precio FOB del Café de exportación y el rendimiento en campo del cafetal para un análisis de riesgo que permita evaluar el efecto conjunto de ambas variables sobre la distribución estadística de los beneficios netos del caficultor. Nuevamente, la distribución probabilística de BNi es el referente para evaluar el riesgo financiero inherente a cada uno de los Sistemas Agroforestales. No será posible complementarse con un análisis de sensibilidad en relación con los precios de algún(os) producto(s) agroforestal(es) adicional(es).

2.1. El precio de referencia

Considerando que el café es un producto fundamentalmente de exportación y su precio está determinado en el mercado internacional, se recurre al precio promedio FOB del café de exportación de Costa Rica, el cual se valora en US\$ por Quintal de 46 kilos oro. Se utilizará una serie histórica de los años cafeteros 1913-1914 a 1995-1996, esto es 83 años Oficina del café 1974,1980,1981,1982; ICAFÉ 1986, s/f (a) s/f (b), 1993, 1995^a, 1995b, 1997b). Para fines prácticos, el precio nominal se transformó a US\$ de 1996. Ambas relaciones se muestran en el cuadro 1.

El precio de café destinado a consumo nacional, que corresponde al precio de adjudicación en los remates de la bolsa de café de consumo nacional (Oficina del café 1974) generalmente es inferior, pero sus tendencias a corto y mediano plazo, que para nuestros propósitos es importante, se definen en función del desempeño de los precios internacionales. También contamos con los precios de liquidación promedio al productor, a partir de 1967-1968, y hasta la cosecha 1996-1997, registrados como precio promedio anual en colones por Doble Hectolitro de fruta en campo (Colones/DHL).

Esta información, contenida en el cuadro 2, es muy útil para conocer el ingreso del productor, pero tiene varios inconvenientes para ser procesados directamente porque: 1) la unidad de medida es heterogénea en el tiempo con respecto a la otra, 2) existen diferentes rendimientos en beneficio para cada cosecha, y tasas elevadas y variables de inflación, y 3) el referente regional es muy distinto al promedio nacional, lo cual conllevaría una serie de ajustes poco recomendables. Pero el problema principal es que aún son pocos años de datos, insuficientes para estimar los coeficientes de la distribución estadística de dichos

precios. Entonces, se plantea estimar y simular la distribución estadística de los precios FOB de exportación y luego transformarla a precios pagados al productor mediante un factor de conversión calculado con base en las relaciones entre ambas series de precios.

2.2. Funciones utilizadas para modelar precios y rendimientos.

Los precios del café se modelaron mediante una especificación que permite tomar en cuenta posible autocorrelación, no normalidad (kurtosis y asimetría) y diferentes medias o valores esperados a lo largo del tiempo.

Esta permite modelar la autocorrelación en la serie histórica utilizada a partir de la multiplicación de la matriz de autocorrelación M , por el vector de precios Y $(n,n) \times (n,1)$, donde n es el número de observaciones, y por el vector de intercepto y tiempo X $(n,n) \times (n,2)$, que resulta en variables dependiente (y) e independientes (x) transformadas. La función de Máxima Verosimilitud incorpora además los parámetros de asimetría μ y kurtosis θ .

Dicha función se obtiene asumiendo que residuos no-normales pueden transformarse a normales, a través de una modificación de la Transformación Seno Hiperbólica Inversa (Ramírez et al, 1994, Ramírez 1997); en el orden siguiente:

i) La variable aleatoria del seno hiperbólica es definida por Ramírez, et al (1994) como

$$\sinh^{-1}(\theta(y_t - c_t))/\theta = v_t,$$

donde v_t es una variable normal aleatoria con media μ y varianza σ^2 ; y c_t es un 'parámetro centralizador' para la densidad probabilística de y , que se supone varía entre observaciones. En ecuaciones simples c_t puede ser igualado a $x_t\beta$; θ es el parámetro que controla Kurtosis.

La derivada $dE[y_t]/dx_{ij}$ ($t = 1, 2, \dots, T$) es igual a β_i , así que β_i puede ser comparada directamente a los parámetros asociados a la variables independientes de los modelos econométricos lineares estándar. El $E[y_t]$ puede ser negativo o positivo, independientemente del signo o magnitudes de σ , ó θ ; $x_t\beta$ tiene el control único y total del valor esperado de la variable aleatoria HS y la varianza de y_t es constante para cualquier t , ó sea, el modelo es homocedástico.

Los coeficientes de asimetría y kurtosis son también fijos para los diferentes valores de y ; pero la función de densidad probabilística para y es simétrica solamente si $\mu=0$, siendo sesgada para la derecha si $\mu>0$, y sesgada para la izquierda si $\mu<0$.

Así, una hipótesis para simetría pero no normalidad, puede ser especificada y probada como $H_0: \mu=0$; y por consiguiente, el modelo es aplicable a variables dependientes aleatorias que lleven cualquier valor esperado, sean positivos o negativos, en combinación con cualquier nivel positivo o negativo de asimetría.

El coeficiente de kurtosis de y_t puede llevar solamente valores positivos, así que la función de densidad marginal de y_t es más 'saliente' por su centro que la función de una curva normal, y tiene colas más anchas (leptokúrtica).

Cualquier valor positivo del coeficiente de kurtosis es posible en combinación con cualquier varianza, aún con $\mu=0$. A medida que μ y θ tienden a cero, la variable aleatoria se aproxima a la distribución normal.

ii) La ecuación modificada de la IHST es

$$\sinh^{-1}((r_1/\sigma)(y_t - r_2))/\theta = v_t,$$

donde

v_t es una variable aleatoria, normal con media μ y varianza 1;

$$r_1 = \left\{ e^{0.5\theta^2} (e^{\theta\mu} - e^{-\theta\mu}) \right\} / 2; \quad y \quad r_2 = -\sigma + x_t\beta;$$

β = Pendiente de la variable independiente x ;

σ = desviación estándar del error;

θ = Parámetro de kurtosis;

μ = Parámetro de asimetría;

$$E[y_t] = x_t\beta; \quad y$$

$$V(y_t) = \sigma^2 \left\{ (e^{2\theta^2} - e^{0.5\theta^2}) (e^{\theta\mu} - e^{-\theta\mu}) + 2(e^{\theta^2} - 1) \right\} / 4r_1^2$$

así que el parámetro σ no entra en la fórmula del valor esperado de y_t , y la varianza de y_t es igual a σ^2 multiplicado por una constante que depende solamente de otros parámetros del modelo, σ y μ .

Finalmente, la función de Máxima Verosimilitud estimada se define como:

$$f = \left\{ \ln \left(\frac{r_5}{r_1} - 0.5 \left(\frac{r_4}{r_1} \right)^2 \right) + 0.5 \left(\ln \left(\frac{1 - \rho^2}{1 - \rho^2} \right) \right) \right\}, \text{ donde}$$

$$r_5 = r_1 \left\{ \theta \cdot \sigma \cdot \sqrt{1 + (r_3^2)} \right\}$$

$$r_4 = \left\{ \theta \cdot \ln r_3 + \sqrt{1 + (r_3^2)} \right\}$$

$$r_3 = \left(\left(\frac{r_1}{\sigma} \right) \cdot (y - r_2) \right) \left\{ \right.$$

$$r_2 = -\sigma + (x_{[.,1]} \cdot b_0) + b_1 \cdot x_{[.,2]};$$

$$r_1 = \left\{ \frac{e^{0.5\theta^2} (e^{\theta \mu} - e^{-\theta \mu})}{2} \right\}$$

2.3. El factor calidad.

Se consideró que los datos de la bolsa de Nueva York, siendo tan agregados, poco reflejaban la realidad de las cotizaciones del café de Costa Rica, porque no todos los tipos de café, de todos los orígenes y destinos alcanzan el mismo nivel ni fluctúan igualmente; y la Organización Internacional del Café (OIC) ha perdido significativamente su vigencia a partir del ciclo 1988-1989. En definitiva Costa Rica lleva un registro particularmente cuidadoso de las transacciones cafetaleras, dentro y hacia el mercado exterior. Además, son los datos que estarían al alcance de los productores nacionales.

2.4. El factor tiempo.

Para homogeneizar los datos en el tiempo, se optó por trabajar con precios reales, y se utilizó el índice de precios al consumidor de USA, esto es porque la serie de tiempo se mide en dólares USA.

2.5. El canal de comercialización.

Existen al menos cinco comercializadoras con fuerte presencia en la región y diferencias importantes en los precios de liquidación, y pareciera que esto es importante al elegir un canal de comercialización. Además, estas empresas tienen reacciones variadas con los productores, según las fluctuaciones del Precio FOB. Por ello, el precio de alguna empresa particular podría no reflejar plenamente el desempeño del mercado regional, y las expectativas de beneficio para los productores.

Pero en este caso, los productores son socios de una cooperativa que de manera consistente registra precios superiores al promedio regional en los últimos 29 ciclos cafetaleros, y aparece como su principal canal de comercialización. Por ello se toma como referente de precio de liquidación final (Cuadro2).

2.6 Estimación de rendimientos y ajustes por condiciones de manejo.

Se hizo un muestreo para estimación de cosecha en 1 ó 2, y a veces 3 parcelas de medición por cada finca visitada, donde el sistema aplicado fue una aproximación al propuesto por Sánchez y Ramírez (1982); esto es, un estratificado con cálculo de tamaño de muestra mediante distribución de Neyman y localización de sitios por medio de muestreo sistemático aleatorio.

Estos rendimientos observados fueron ajustados a una condición promedio, de tal manera que tanto los datos como los análisis fueran comparables. Para ello fue necesario reconocer ese conjunto de variables, principalmente de manejo, que afectarían los datos de rendimiento y correr el modelo econométrico apropiado.

Finalmente se desarrolló un modelo de regresión no normal apoyados en las funciones antes citadas (Ramírez 1997) que permitieron modelar el rendimiento ajustado, análogo a cómo se hizo con los precios.

3. RESULTADOS.

3.1 Precios observados y precios esperados del café.

Los resultados del análisis econométrico indican que los precios FOB reales del café de exportación de Costa Rica decrecieron a una razón promedio de 0.49223 US\$/quintal oro (100 lb) durante el período analizado (1910-1996), y sigue un proceso autorregresivo de primer orden AR(1), definido por $\rho=0.50574$, como se indica en el cuadro 3.

Esto significa que existe un efecto residual del precio en un año determinado sobre el subsiguiente, situación que es más perceptible cuando se compara el precio observado con respecto al precio esperado en los años posteriores a un brusco movimiento en dicho precio, particularmente después de un repunte, o en las depresiones más profundas.

La explicación dada a menudo sobre la existencia de correlación serial (o autocorrelación) en los residuos es que estos corresponden a un conjunto de variables omitidas que están ellas mismas correlacionadas serialmente (Maddala 1993).

En la Figura 1 se presentan los precios observados durante 83 ciclos cafetaleros, desde 1914 a 1996, y la estimación lineal correspondiente. La diferencia entre ambos es el valor residual u_t , donde $u_t = \theta u_{t-1} + e_t$.

Se llama e_t a los errores que no están correlacionados serialmente y tienen media cero y varianza común σ^2 ; esto es, $E(e_t) = 0$ y $V(e_t) = \sigma^2$ para todo t , y $cov(e_t, e_s) = 0$ para todo $t \neq s$; por otro lado, es costumbre imponer ciertas restricciones en los parámetros de estos procesos, para que sus varianzas no se desorbiten, por ejemplo, en el proceso AR(1) se supone que $|\theta| < 1$ (Maddala 1993).

La prueba para correlación serial, en términos del estadístico 'd' de Durbin-Watson (DW), indica que 'd' tiene un valor de 0.99 para la serie de precios FOB del café de exportación de Costa Rica, esto es, se rechaza la hipótesis nula de no autocorrelación, en favor de la alternativa de autocorrelación positiva de primer orden. El estadístico 'd' es aproximadamente igual a $2(1 - \rho)$, aunque en sentido estricto, se determina así

$$d = \frac{\sum_{t=2}^N (u_t - u_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^N u_t^2}$$

donde u_t es el residuo estimado a partir de la regresión mínimo cuadrática ordinaria.

Existen algunos refinamientos para abordar el problema de la zona de indecisión del test DW (Maddala 1993), pues incluso para correlación serial cero el estadístico 'd' está sesgado hacia 2. Aquí no se aplicó alguna prueba adicional. Una proyección de precios esperados para el período 1997-2017 se presenta en la Figura 2.

Estos resultados se obtienen incorporando el efecto de autocorrelación de la manera siguiente:

$$E(P_t) = b_0 + b_1 * t + \{ \rho^s * (k_1 - b_0 - (k_2 * b_1)) \}$$

donde

$E(P_t)$ = Precio esperado FOB del café de exportación, para el año t .

b_0 = Intercepto

b_1 =Pendiente

$t= 83 + x$;

$x=1$ al 20

ρ = Índice de autocorrelación.

$k_1=112.8$, el último precio observado.

$k_2=83$, el número de observaciones en el período analizado.

Aunque el precio esperado de 1997 se encuentra en una etapa de repunte, y se esperan hasta 5 años de ascenso, la tendencia decreciente en el tiempo establecida por b_1 se mantiene. Nuevamente, la magnitud del descenso ha sido moderado por el efecto autorregresivo, y en algunos años puede presentar movimientos ascendentes.

Ello tendrá fuertes repercusiones en las estrategias productivas de los caficultores, mas aún si mantiene su vigencia otra tendencia que les ha sido adversa en los últimos 19 años, esto es, el porcentaje del precio FOB que reciben como precio de liquidación al final de cada cosecha.

Este ha descendido de 82.5% en 1969 hasta 37.3 % en 1996, aunque había caído aún más, y actualmente también hay un repunte en la participación del productor. Naturalmente, no todo el porcentaje restante es margen de comercialización, pero es un hecho que en promedio, sólo 0.47 de cada dólar del precio FOB ha sido para el caficultor. Las figuras 3 y 4 ilustran esta relación.

El valor de $\mu = 0.89764$ indica que la función de densidad de probabilidades es sesgada hacia la derecha, mientras que $\theta = 0.83668$ evidencia leptokúrtosis. Ambos resultados también se reportan en el Cuadro 3.

Todos los coeficientes son estadísticamente significativos, incluyendo el intercepto (b_0), el estimador de tendencia (b_1) así como ρ , θ y μ .

En resumen, los precios FOB del café de exportación de Costa Rica presentan una tendencia decreciente a lo largo del período de referencia (1914-1996) siguiendo un proceso de autocorrelación de primer orden, y en un año dado tienen distribuciones estadísticas no normales (kurtóticas y asimétricas); cuestiones que deben ser valoradas en cualquier análisis financiero de la caficultura que incluya consideraciones de rentabilidad y riesgo.

3.2. Simulación de precios del café y beneficios netos en los SAF's sombra-café.

Se usa el término simulación para denotar la acción de representar una cosa mediante un modelo con cierto grado de abstracción e indica la existencia de técnicas matemáticas o numéricas, y adquiere un significado mas, que se refiere a experimentar con modelos matemáticos en un computador (Aguilar y Cañas 1995).

En nuestro caso, una vez que los parámetros del modelo han sido estimados mediante la maximización de L, la función de Máxima Verosimilitud (Ramírez 1997), con el auxilio del programa de álgebra matricial de GAUSS 2.01 (Ramírez 1997), se realiza una simulación de 5000 precios esperados para los años 1997, 2007 y 2017, aplicando la ecuación siguiente

$$P_s = ((\sigma/r_1)^* ((e^{\theta N} - e^{-\theta N}) / 2)) / 2 + r_2;$$

donde

$$r_1 = \{ c \cdot 0.5\theta^2 (e^{\theta \mu} - e^{-\theta \mu}) \} / 2$$

$$r_2 = -\sigma + E(P_t);$$

$E(P_t)$ = precio esperado en el año t, calculado según la ecuación dada anteriormente.

N = Variable aleatoria normal con media μ y varianza unitaria.

Los resultados para estos tres años separados por una década confirman la característica no normal de la función de densidad de probabilidades (kurtótica y asimétrica), como se observa en la figura 5

Para determinar los beneficios netos al caficultor de Rivas de Pérez Zeledón partiendo de los resultados de la simulación de precios FOB del café de exportación de Costa Rica, se consideró que nuestro referente es el 47% del precio FOB (promedio estimado de los últimos 29 ciclos cafetaleros anuales), menos el costo de cosecha, (16.67 US\$ por fanega al tipo de cambio actual 1US\$=240 colones costarricenses), asumiendo que es proporcional al rendimiento.

Haciendo un ajuste por estos dos conceptos (gastos de cosecha y margen de intermediación) se obtiene el precio de campo para la serie completa de 83 observaciones. Se descarta el uso de alguna tasa de descuento o actualización en el supuesto de inexistencia de costos financieros del productor para operar durante un ciclo cafetalero, aunque se reconoce la existencia de un extenso sistema de financiamiento a la producción primaria de café; ni se considera el sistema de pago por ministraciones, que también representa un costo para el caficultor.

Como en el caso del análisis de presupuesto parcial ya realizado, este análisis de rentabilidad y riesgo hace énfasis solamente sobre la rentabilidad operativa de los Sistemas Agroforestales, una vez que éstos se han establecido.

Así, el Beneficio Neto para cada SAF en el contexto de los precios simulados, y ajustado a las condiciones descritas se expresa de la manera siguiente:

$$BN_i = PsY_i (0.47) - CcY_i - CV_i,$$

donde

BN_i = Beneficio Neto/ha del SAF i ,

PsY_i = Precio simulado (US\$/Qq)*rend/ha. (Fanegas) del SAF i ;

0.47 = Cuota de cada dólar del precio FOB que corresponde al caficultor.

CcY_i = Costo de cosecha (Costo/fanega) *rend/ha. en fanegas del SAF i

CV_i = Promedio de costos operativos durante el ciclo cafetalero, en el SAF i .

En las figuras 6 y 7 se presentan los resultados para los tres Sistemas Agroforestales tipificados y dos años de referencia (1997 y 2007).

Se ratifica la influencia del precio en la distribución de probabilidades de los Beneficios Netos, siendo ésta también leptokúrtica y asimétrica, como aquella. Lo cual era previsible ya que se obtuvo multiplicando y añadiendo constantes a los precios simulados.

La distribución leptokúrtica (punteada por el centro) indica una alta probabilidad de beneficios netos en torno a la mediana. Las diferencias en las distribuciones simuladas de frecuencias de beneficios netos se relacionan con los distintos costos operativos y rendimientos unitarios de cada SAF. En todos los casos se observa un efecto atribuible a la kurtosis positiva, que representa una elevada expectativa en el entorno inmediato de la mediana, en comparación con una distribución normal.

Por otro lado, la asimetría positiva de los beneficios netos, también heredada de los precios simulados, indica un crecimiento más rápido en la función de distribución acumulativa a lo largo de la primera mitad de la curva, y más aún conforme se acerca a la mediana. Ello indica que si comparamos la probabilidad acumulada entre el valor esperado y una desviación estándar, por ejemplo, es mas alta la probabilidad de obtener un beneficio neto que se ubica entre la mediana y algún valor inferior, que su equivalente a la derecha, es decir, superior. En el caso de una curva normal, la probabilidad de obtener un beneficio entre la mediana (que para el caso es también la media) y cualquier valor equidistante de esta, es similar.

Este hecho de que la distribución de los beneficios netos para el productor parecen truncados con relativa brusquedad en su límite inferior y más extendido hacia su extremo superior indican alguna probabilidad, aunque baja, de obtener beneficios netos muy superiores a la mediana.

La situación es parecida en los tres SAF tipificados con relación a sus respectivas distribuciones de probabilidad de Beneficios Netos, pero cada nivel de precios afecta de manera diferencial a cada sistema, siendo lo anterior más evidente cuando se evalúa el riesgo con un referente único, por ejemplo, un beneficio neto mínimo requerido para los tres SAF's.

Un análisis de riesgo convencional empieza por determinar la probabilidad de que el Beneficio Neto por ha cultivada sea negativa esto es, $P(BNi/ha.) < 0$, pero en este caso es insuficiente pues sólo considera la rentabilidad operativa. Un segundo escenario que intenta ser una aproximación al Beneficio Neto mínimo requerido para recuperar la totalidad de los costos de producción, esto es, el costo de oportunidad de la tierra y del capital, incluyendo el valor de la parcela agroforestal, instalaciones y equipo, entre otros costos fijos, así como otros costos variables (hasta ahora no contemplados) con relación a actividades fuera de la parcela cafetalera, como costos de acarreo y transporte, así como el costo del capital de trabajo o su equivalente para un ciclo.

Estimaciones reportadas por ICAFÉ (1978, 1980, y 1981) indican que los recursos asignados al manejo del SAF en un ciclo cafetalero para mano de obra, agroquímicos y otros insumos, así como en la recolección y transporte de la fruta representan el 51 % de

los costos de producción. Hemos utilizado el promedio de las estimaciones reportadas para las distintas regiones de Costa Rica en los años de referencia, poniendo especial interés en los porcentajes que corresponden a los diferentes componentes de costo. El promedio simple de estos porcentajes corresponde a 'otros costos', es decir, aquellos que no se incorporaron en la encuesta.

Se reconoce que cada SAF debe tener un costo de producción propio y un referente específico para el análisis de riesgo, pero con fines de comparación se hizo un ajuste arbitrario a un promedio de los tres SAF's, resultando la cantidad de 1500 US\$ como 'otros costos'.

Usando este referente como una aproximación al segundo escenario, se evalúa $P(\text{BNi/ha.}) < 1500$, esto es, la probabilidad de presentar una rentabilidad negativa considerando la totalidad de los costos de producción.

Con respecto a $P(\text{BNi/ha.}) < 0$, los resultados del cuadro 4 indican que para 1997 los tres SAF's están muy lejos de incurrir en pérdidas con el precio esperado y el acotamiento de los costos considerados. Con todo, el SAF II ("café-poró") ratifica su posición subordinada, el SAF I ("café-poró-platano") alcanza la más pequeña probabilidad de pérdida y en el nivel intermedio pero muy próximo a este, se encuentra el SAF III ("café-sombra diversificada"), lo cual modifica substancialmente la estrecha perspectiva de los resultados del análisis de presupuesto parcial.

Aunque se insiste en el hecho de que a este nivel los resultados no difieren de manera significativa para los tres SAF, resulta muy significativo que en el análisis de presupuesto parcial, el SAF III tenía los mejores resultados. Al respecto cabe aclarar que el rendimiento promedio de cada SAF utilizado en el análisis de riesgo no es el promedio observado, sino un promedio ajustado mediante un proceso de regresión no normal, para hacerlos comparables.

Por otro lado, la simulación de los Beneficios Netos incorpora los costos promedio de manejo realmente observados, de tal manera que este análisis permite comparar los resultados financieros, en términos de riesgo, considerando ese manejo promedio de cada SAF.

En el otro escenario, donde se pretenden recuperar también los 'otros costos' no registrados en la encuesta (US\$ 1500/ha), la probabilidad de pérdida aumenta substancialmente.

En la práctica ello podría significar la descapitalización del SAF II, significativamente mas afectado con una probabilidad de pérdida superior al 56%, o bien la renuncia del caficultor a una parte de su renta de la tierra, y aún el subsidio directo de la economía familiar a la actividad cafetalera. El SAF I nuevamente se ubica con la menor probabilidad pérdida, aunque no deja de ser preocupante (38.8%), situación que podría mejorar por la existencia de una mayor población de plátano en la actualidad, cuya aportación no se ha cuantificado en este análisis. Finalmente, el SAF III muestra un nivel de riesgo ligeramente mas alto (39.52%), que lo ubica en un sitio intermedio.

Al evaluar el comportamiento de los beneficios netos para el año 2007 con base en la distribución estadística de los precios FOB esperada en ese año, y bajo el supuesto de que los costos reales de los insumos permanecen constantes, los resultados son similares en cuanto a la jerarquía de los distintos SAF, pero todos se encuentran mejor posicionados ya que se observa una disminución en la probabilidad de pérdida, lo cual es comprensible dado un mejor precio FOB esperado para ese año, en relación con 1997.

Este aumento substancial de probabilidad de ganancia, en ambos escenarios $P(\text{BNi/ha.}) < 0$, y $P(\text{BNi/ha.}) < 15000$, ocurre no obstante la tendencia decreciente en el precio FOB, debido a que el precio FOB del año 2007 aún no ha descendido al nivel de 1997, como se observa en la figura 2. Una síntesis de la evaluación de riesgo con relación a variabilidad de precio se ve en la figura 6 y una síntesis de resultados está en el cuadro 4.

3.3. Simulación de rendimientos de café y Beneficios Netos en los SAF's.

Se hizo una simulación de los rendimientos de café para los tres SAF's en forma similar al procedimiento seguido con los precios FOB de exportación, aunque en este caso fue a partir de datos de sección cruzada, correspondiente a estimaciones de la presente cosecha. El no haber contado además con una serie de tiempo sobre la sección cruzada para las observaciones de rendimiento podría ser una limitante, pues durante la encuesta se presentaron evidencias de que los rendimientos de este año son resultado de eventos

ocurridos durante este ciclo cafetalero y anteriores, esto es, factores biológicos y de manejo principalmente.

Con todo, a partir de los datos de estimación de rendimientos para la cosecha 1997-1998 se hace una simulación de estos, cuya distribución probabilística permite analizar nuevamente el comportamiento de los Beneficios Netos, considerando sólo este elemento como factor de riesgo.

Pero en realidad se trata de la simulación de rendimientos ajustados.

El rendimiento de cada parcela agroforestal es resultado de un conjunto de particularidades de manejo y de condiciones de sitio, y por lo tanto, no son comparables en forma directa. Por consiguiente, se aplicó un modelo de regresión que permitiera estimar rendimientos ajustados, comparables.

A partir de un primer reconocimiento de las características de los datos observados, se procedió a una regresión no normal, donde se consideraron variables como densidad de plantación, número de matas cosecheras, costos de fertilización inorgánica, aplicación de carbonato, días ocupados en control manual de malezas, jornadas ocupadas en conservación de suelos y manejo de sombra, edad del cafetal, edad del tejido productivo (después de la última poda) y ejes cosecheros por ha.

En el cuadro 5 se presentan los parámetros y pruebas estadísticas de la Transformación Seno hiperbólica Inversa (IHST) del rendimiento ajustado, aplicando una variante del método propuesto por Ramírez (1997). Los datos observados son a partir de estimaciones de cosecha en cada parcela.

En el mismo cuadro 5 están los parámetros y pruebas estadísticas de las variables referidas a factores de manejo cuya incorporación al modelo dieron los mejores resultados.

La formulación del modelo econométrico en este caso asume niveles de kurtosis y asimetría similares para los tres SAF, así como similares medias y varianzas.

Nuevamente, ambos parámetros son estadísticamente significativos y muestran importantes diferencias con respecto a una curva normal (cuadro 3). Particularmente el signo y la magnitud del coeficiente de asimetría ($\mu = 45.3187$) indica asimetría hacia la derecha, es decir, una "cola" que se extiende hacia los valores más altos de la función de densidad de probabilidades.

El rendimiento promedio ajustado y el ajuste de cada uno de los rendimientos observados era necesario para dar consistencia a la comparación entre SAF's. Los rendimientos promedios observados eran 49.09, 47.65 y 58.09 fanegas por ha, para los SAF I, II y III, mientras que los promedios ajustados fueron, 54.54, 46.62 y 52.51 fanegas por ha, en el mismo orden. Este ajuste de rendimiento permite corregir los sesgos derivados de un manejo diferencial, pero también interesa conocer el desempeño de los diferentes SAF's bajo las condiciones reales de manejo, por ello deben considerarse los costos operativos observados a la par de la simulación de los 5000 rendimientos ajustados en la determinación de los beneficios netos esperados.

La distribución de probabilidades con base en la simulación de 5000 rendimientos ajustados para cada SAF se presenta en la figura 10, e inmediatamente, en la figura 11 se ilustran los resultados de la correspondiente evaluación de Beneficios Netos.

Desde la perspectiva de la variabilidad de rendimientos, se construyen dos escenarios para evaluar la rentabilidad y el riesgo de cada Sistema Agroforestal, en forma análoga y aplicando los mismos criterios que en el análisis realizado a partir de la simulación de precios, estos son:

- 1.- Probabilidad de que la rentabilidad operativa presente resultados negativos, o sea, $P(\text{BNi/ha.}) < 0$, y
- 2.- Probabilidad de no recuperar la totalidad de costos de producción, es decir, $P(\text{BNi/ha.}) < 1500$

En ambos escenarios la probabilidad de enfrentar una rentabilidad negativa es mas alta para el SAF II, mientras que el SAF I conserva los mejores resultados, y muy cerca le sigue el SAF III. En el contexto de la 'rentabilidad operativa' esto carece de importancia, pues la probabilidad de pérdidas es muy pequeña.

Pero en el escenario 2 las diferencias alcanzan dimensiones mayores, el Sistema agroforestal café-poró (SAF II) nuevamente se encuentra en una situación crítica con un nivel de riesgo de pérdidas cercano al 50%, y el sistema café-poró-plátano tiene la mejor perspectiva, con un 15.68% de riesgo, y en el nivel intermedio, con una posición practicamente equidistante, se haya el sistema con sombra diversificada (SAF III).

La situación es poco alentadora, pues un nivel de riesgo superior al 30%, como es el caso de los sistemas II y III en pleno período de expansión supone escaso margen de acción en el periodo depresivo, que según las proyecciones realizadas, comienza en el año 2003. La excepción es el SAF I, aún considerando sólo la producción de café. Pero aún allí, la variabilidad en rendimientos puede tener un fuerte impacto en los resultados financieros de la parcela agroforestal.

También se reduce la ventaja relativa del SAF III sobre el SAF II, que a su vez mantiene el peor desempeño. En el nivel de riesgo sobre la rentabilidad operativa, esto es, $P(\text{BNi/ha}) < 0$, ello no tiene mayor importancia, porque en todos los casos el nivel de riesgo parece insignificante. Pero el escenario de $P(\text{BNi/ha}) < 1500$ muestra como la diferente variabilidad en rendimiento puede influir en las ventajas relativas de cada SAF.

El cuadro 6 sintetiza los resultados correspondientes a la cosecha 1997-1998. Allí se observa que los efectos en el nivel de riesgo son comparables por su magnitud con los derivados de la variabilidad del precio FOB, analizado en el acápite anterior; particularmente perceptible al estimar $P(\text{BN/ha}) < 1500$.

Finalmente, la aparente desventaja del SAF II requiere de un análisis más profundo y minucioso pues parece contradictorio con respecto a la experiencia del caficultor reportada en la encuesta. El dato empírico indica que el uso del poró se está difundiendo como parte de un proceso de rehabilitación de cafetales.

En Rivas de Pérez Zeledón es común la introducción de sombra de poró en cafetales ya establecidos y en producción. La antigüedad de la sombra mejorada de poró es en la actualidad predominantemente en el distrito, pero salvo excepciones, su antigüedad es menor a 10 años, y la edad promedio de esta sombra está entre 5 y 6 años.

En principio, cabe suponer que las desventajas de este SAF en costos y rendimientos son coyunturales, pudiendo mejorar su posición en un análisis de riesgo durante los siguientes ciclos cafetaleros, en los cuales el precio FOB crece. Se trata de cafetales más viejos pero con algún potencial productivo, cuyo mayor costo actual se debe a la rehabilitación, pero puede aprovechar la coyuntura de precios altos. Comprensibles porque, como se recordará del acápite 3.2., en particular la figura 2, el precio FOB esperado

se encuentra por algunos años en una tendencia creciente, y aún por algunos años más, el nivel sigue siendo aceptable, por encima del actual.

Esta coyuntura puede durar hasta 10 años, pues todavía en el año 2007, después de un repunte que alcanza su climax en el 2003 se encuentra todavía más alto que el precio FOB esperado en 1997. Por ello decimos que el SAF II se aleja del nivel crítico de riesgo, ante la perspectiva de una mejora en el precio FOB, por algunos años.

En resumen, se trata de cafetales en proceso de rehabilitación (sin renovación), donde la sombra de poró es parte de una estrategia para recuperar a la brevedad la rentabilidad perdida. Una perspectiva que en el corto plazo parece poco rentable y de alto riesgo, pero que en un análisis global y de largo plazo podría tener algunas ventajas.

También es interesante observar como en el nivel de la rentabilidad operativa el SAF I supera al SAF III, y la aparente causa de esa brecha que se amplía debe buscarse en la mayor variabilidad en el rendimiento del SAF III.

La figura 12 también muestra que la posición relativa del SAF III es muy diferente con respecto a los otros dos, a cualquier nivel de Beneficio Neto utilizado como referente.

Pero más allá de los niveles mínimos de riesgo ya considerados, interesa destacar como el análisis de riesgo adquiere una nueva dimensión a partir de los parámetros de la función de distribución de probabilidades de rendimientos, en forma análoga al efecto que tenía la variabilidad del precio FOB; aunque aquí la variabilidad en los rendimientos marca diferencias más grandes, sobre todo entre el SAF I y III, que en el análisis de riesgo con base en la variabilidad de precios aparecían prácticamente iguales.

En principio, la kurtosis de la distribución de probabilidades simulada con base en 5000 rendimientos se trasmite a la forma que adopta la distribución probabilística de los Beneficios Netos. Asimismo, la curva es asimétrica hacia la derecha y este sesgo positivo representa una mayor carga, en términos de probabilidad acumulada en la vecindad de la mediana en el rango de los valores que son inferiores a ésta, que en el equivalente de la derecha.

Así, debido a la asimetría positiva existe una mayor probabilidad de obtener un beneficio que se encuentra entre la mediana y un valor cualquiera ubicado en su vecindad a la izquierda, que en el rango equivalente de la derecha, y por consiguiente, es más probable

observar valores mas lejanos a la mediana en el lado derecho de la distribución. Igualmente, un amplio rango de valores con alta probabilidad de ocurrencia es posible por la kurtosis, que en la práctica acentúan las diferencia entre SAF's si los comparamos respecto al entorno inmediato de su respectiva mediana.

Finalmente, los estimados del promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, así como kurtosis y asimetría para los 5000 rendimientos simulados de cada uno de los tres SAF's tipificados se presentan en el cuadro 7.

Un supuesto del modelo es que existe un coeficiente único de asimetría y kurtosis para la IHST de rendimiento. Por ello en sentido estricto también existe un sólo valor de cada uno de ellos para las 15000 simulaciones de rendimientos. Estos son el promedio de las estimaciones para los tres Sistemas Agroforestales tipificados (un promedio simple porque se tienen 5000 datos de cada SAF).

3.4. Efecto de la variabilidad conjunta del precio FOB y el rendimiento en campo sobre los beneficio netos.

Ahora se trata de evaluar el comportamiento de los beneficios netos para cada Sistema Agroforestal desde la perspectiva de la variabilidad combinada de precios y rendimientos, considerando los mismos escenarios que cuando se analizaban ambos factores de riesgo por separado, esto es, $P(\text{BN/ha.}) < 0$, así como $P(\text{BN/ha.}) < 1500$.

En principio, la distribución probabilística de la curva de beneficios Netos de los tres sistema agroforestales adquieren una fisonomía muy diferente con respecto a los resultados previamente obtenidos, lo cual es consistente con una mayor amplitud de la curva por el efecto conjunto de precio y rendimientos.

Interesa destacar como la curva se hace completamente aplanada (Figura 12), indicando una probabilidad relativamente alta de alcanzar cualquier beneficio neto tomado como referente dentro del rango preestablecido, que bajo el parámetro definido para el análisis de riesgo es ventajoso, pero en la lógica de maximizar ganancias, puede ser su principal limitación. En favor habría que agrega el hecho de su asimetría positiva, que en el contexto de la kurtosis antes descrita, le proporciona probabilidades relativamente alta de alcanzar altos beneficios netos, bastante mayores en comparación al promedio respectivo.

En ambos escenarios la posibilidad de enfrentar una rentabilidad negativa (Cuadro 8) es amortiguada en los tres SAF tipificados. Tanto que aún en el nivel de la rentabilidad operativa el efecto combinado de la variabilidad del precio y el rendimiento, el riesgo de pérdida es mínimo para el SAF II, cuya probabilidad de pérdida en estas condiciones es inferior al 2%, y cuando se considera $P(\text{Bni/ha}) < 1500$ el nivel de riesgo es menor al 18%.

Mientras tanto el SAF I como el III se encuentran aún más distantes de incurrir en pérdidas, y la fuerte diferencia observada en la variabilidad de rendimiento no es tan perceptible en estos los mismos escenarios de riesgo considerados.

Dichas probabilidades de pérdidas son muy próximas entre el SAF I y III, no obstante que en los análisis 'parciales' las diferencias eran mas evidentes, en particular al considerar los rendimientos ajustados.

Sin embargo, la diferencia en el efecto combinado de precio y rendimiento, con respecto a cualquiera de esos factores analizados por separado (cuyos resultados se analizan en los acápite precedentes) son más evidente conforme se incrementa el valor del parámetro de referencia, como se observa en la figura 13. Naturalmente siempre el SAF I conserva los mejores resultados seguido muy de cerca por el SAF III, y muy distante se mantiene el SAF II.

En la figura 13 se aprecia esta consistencia, representada por una relación casi lineal del nivel de riesgo con respecto al Beneficio Neto tomado como referente. Esta frecuencia acumulada mantiene su vigencia hasta el último Beneficio Neto considerado (6600 US\$).

Aunque parece alentador que la probabilidad de obtener un beneficio neto por encima de esa cantidad sea en el peor de los casos del 10% (en el SAF II), y superior al 20% en el mejor (SAF I); no debe perderse la perspectiva de conjunto, donde la gran variabilidad de rendimientos indican también inestabilidad en los beneficios netos esperados.

4. DISCUSIÓN.

La confirmación de una tendencia decreciente en el tiempo, del comportamiento del precio del café a través del análisis del precio FOB del café de exportación de Costa Rica

adquiere especial importancia en la coyuntura actual del mercado mundial del grano y las expectativas de productores y comercializadoras..

La reestructuración del mercado internacional del café, que ha conducido a la cancelación de las cláusulas económicas del Convenio Internacional del Café constituye un acontecimiento que afectó profundamente al sector cafetalero de los países productores del aromático. Los excedentes que se habían generado en el mercado regulado fueron el resultado de una política que escasa atención puso en el comportamiento histórico de los precios.

La caída de estos precios en el inicio de la presente década llegó a niveles sin precedente, generó grandes pérdidas a los sectores productivos y exportadores, y se acentuó más allá del ciclo cafetalero en que ocurrió la liberación del mercado. Ello puede entenderse a la luz de los resultados obtenidos en esta investigación, mas allá de especulaciones acerca de la actitud de los diferentes actores que intervienen en el proceso cafetalero.

A lo largo del período de referencia (1914-1996), el precio FOB del café de exportación de Costa Rica tiene, además de una tendencia decreciente y un proceso de autocorrelación de primer orden, otras características estadísticas que deben ser consideradas en la toma de decisiones.

Las expectativas de precio con que operan los agentes económicos deben considerar el hecho de que en una año dado la probabilidad de obtener un precio determinado tienen distribuciones estadísticas no normales (kurtóticas y asimétricas). Ello significa que en la proyección del negocio cafetalero, y en la definición de políticas para el sector dichos atributos deben ser valoradas.

Considerando sólo la variabilidad del precio como factor de riesgo, las expectativas para los próximos 10 años se presentan alentadoras. En el escenario que solo incluyen los costos operativos, la probabilidad de pérdida es mínima y los resultados no difieren de manera significativa para los tres SAF, pero en el otro escenario, donde se pretenden recuperar también los 'otros costos' no registrados en la encuesta (US\$ 1500/ha), la probabilidad de pérdida aumenta substancialmente, y las diferencias se acentúan, lo cual no puede atribuirse a la incorporación de costos promedio más próximos a los reales, pues en

todo caso, el efecto sería lineal. Por ello, si bien estos costos tienen un efecto importante en los resultados, la diferencia habría que buscarla en los rendimientos promedio. Finalmente estos influyen en el nivel de riesgo que corresponda a cada SAF, y la probabilidad de alcanzar un nivel mínimo de beneficio neto depende del desarrollo de tecnologías con rendimientos sostenibles.

También es interesante observar que atendiendo al rendimiento como único factor de riesgo, en el nivel de la rentabilidad operativa el SAF I supera al SAF III, y la aparente causa de esa brecha que se amplía debe buscarse en la mayor variabilidad en el rendimiento del SAF III, lo cual confirma la aseveración anterior.

También es evidente que la posición relativa del SAF II es muy diferente con respecto a los otros dos, a cualquier nivel de Beneficio Neto utilizado como referente. Esto indica que existen dos vías de desarrollo de la caficultura, siempre bajo tecnología agroforestal. Los sistemas agroforestales I y III además de representar una alternativa muy próxima entre sí en términos de desarrollo tecnológico, tienen una perspectiva financiera común, que los diferencia del SAF II.

Sin embargo los conjuntos que conforman cada SAF no son tan homogéneos, y esa variabilidad imponen algunas restricciones a los esfuerzos de caracterización.

Ello es más evidente cuando se comparan los patrones de comportamiento del SAF I y el III. Aquí interesa destacar como el análisis de riesgo genera nuevas interrogantes a partir de los parámetros de la función de distribución de probabilidades de rendimientos.

En forma análoga al efecto que tenía la variabilidad del precio FOB, se observa una clara diferenciación del SAF II con respecto a los otros dos. Presenta los mayores niveles de riesgo. Pero la diferente variabilidad en los rendimientos marca diferencias entre el SAF I y III, que en el análisis de riesgo con base en la variabilidad de precios apenas se percibían.

Finalmente interesa destacar como la curva de densidad de probabilidades de beneficios neto se vuelve más, en el análisis de riesgo que considera el efecto conjunto de la variabilidad del precio y el rendimiento, indicando una probabilidad relativamente alta de alcanzar cualquier beneficio neto tomado como referente dentro del rango preestablecido. Finalmente ello está muy relacionado con el hecho de que existen muchos sistemas

agroforestales rentables para los productores en un considerable rango de condiciones económicas. Los análisis económicos realizados por Current, Lutz y Scherr (1995a) indicaron rentabilidad a tasas reales de descuento de 20% o más.

5. CONCLUSIONES.

Existe una tendencia decreciente en el tiempo del precio real FOB del café de exportación de Costa Rica, siguiendo un proceso autorregresivo de primer orden que conllevan efectos residuales en cualquier año.

Además de estar autocorrelacionada en el tiempo, el precio FOB del café de exportación es no normal (asimétrica y kurtótica) características que se transfieren a los beneficios netos de la producción cafetalera. El signo positivo tanto en la asimetría como en la kurtosis tienen un efecto directo en la determinación del riesgo financiero, bajo los dos escenarios considerados.

Los resultados del análisis de riesgo no son correlativos con los obtenidos en el análisis de presupuesto parcial. El mayor riesgo corresponde al SAF II 'café-poró', que también había tenido los peores resultados en el análisis de presupuesto parcial, pero ahora el SAF I (café-poró-plátano) presenta el mejor resultado respecto del análisis de riesgo, mientras el SAF III 'café-sombra diversificada', ocupa el sitio intermedio.

El rendimiento de la presente cosecha indica que se trata de una variable con distribución de probabilidades no normal, teniendo una elevada asimetría de signo positivo y una kurtosis de signo negativo que también influyen en forma determinante en los resultados del análisis de riesgo correspondiente. No se hicieron proyecciones, pero se reconoce la posibilidad de un proceso autorregresivo.

El comportamiento del rendimiento para los tres Sistemas Agroforestales tipificados, y su repercusión en los beneficios netos ratifican una situación de mayor riesgo aparente para el SAF II. El mejor posicionado es el SAF I.

El efecto combinado de la variabilidad del precio FOB y los rendimientos incrementan substancialmente las diferencias en los resultados del análisis de rentabilidad y riesgo.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- AGUILAR, G. C., CAÑAS, C. R. 1995. Simulación de Sistemas: aplicaciones en producción animal. In. Simulación de Sistemas Pecuarios. Ruiz M. R. Ed. IICA/RISPAL (Red de investigación en sistemas de producción animal). San José Costa Rica. 284 p.
- ARNOLD, J. E. M. 1987. Economics considerations in agroforestry. In Stepler, H.A. and Nair, P.K.R. eds. Agroforestry. A decade of development. ICRAF. Nairobi. pp 173-190.
- BINSWANGER, H. P. 1980 Attitudes toward Risk: Experimental Measurement in Rural India. Reprinted from American Journal of Agricultural Economics 62(3): 395-407.
- GÓMEZ, M. 1992 El uso del programa 'cash flow' para el análisis financiero de inversiones agrícolas y forestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba Costa Rica. 20 p.
- ICAFÉ. 1986. Informe anual de labores 1985. San José Costa Rica 59 p.
- ICAFÉ. S/F(a). Informe anual de labores 1987. San José Costa Rica 65 p.
- ICAFÉ. S/F(b). Informe anual de labores 1989. San José Costa Rica 69 p.
- ICAFÉ. 1993. Informe anual de labores 1992. San José Costa Rica 54 p.
- ICAFÉ 1995a. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica 1995. San José Costa Rica. Preparado para los delegados al XXIV Congreso Nacional Cafetalero (Agosto 1995). 119 p.
- ICAFÉ. 1995b. Informe anual de labores 1994. 2ª edición San José Costa Rica 70 p.
- ICAFÉ. 1997b. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José C. R. 99 p.
- IICA 1994. Glosario anotado de términos utilizados en el análisis económico de proyectos agrícolas. TheWorld Bank. Washington D.C. 134 p.
- MADDALA, G. S. 1993. Econometría. Trad. Contreras G. J. Primera Edición en España. México D.F. Mc Graw-Hill. 546 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1974. Informe de Labores 1973. Edición especial 25 Aniversario. San José Costa Rica 111 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1978. Informe de Labores 1977. San José Costa Rica 54 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1980. Informe de Labores 1979. San José Costa Rica 64 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1981. Informe de Labores 1980. San José Costa Rica 80 p.
- OFICINA DEL CAFÉ. 1982. Informe de Labores 1981. San José Costa Rica 84 p.
- PRICE, C. 1995. Economic evaluation of financial and non-financial costs and benefits in agroforestry development and the value of sustainability. Agroforestry Systems: 30: 75-86.
- RAMÍREZ O., MOSS, CH. B., BOGGESS W. G. 1994. Estimation and use of the inverse hyperbolic sine transformation to model non-normal correlated random variables. Journal of Applied Statistics 21(4):289-303.
- RAMÍREZ, O. 1997. Estimation and use of a multivariate parametric model for simulation heteroskedastic, correlated, nonnormal, random variables: the case of belt corn, soybean, and wheat yields. Amer. J. Agr. Econ 79 :191-205.
- REEVES, L. H. and LILIEHOLM, R. J. 1993. Reducing financial risk in agroforestry planning: a case study in Costa Rica. Agroforestry Systems 21: 169-175. Netherlands

- SANCHEZ Y RAMÍREZ, V. 1982. Estimación de la cosecha en un cafetal. Boletín técnico de café. Año 1, Num. 6 Vol 1. 1982. Instituto Mexicano del café. Jalapa Veracruz MÉXICO. 4 p.
- SAPAG, CH. N. y SAPAG, CH. R. 1995. Preparación y evaluación de proyectos. McGRAW-HILL. 3ª Edición. Santafé de Bogotá Colombia. 404 p.
- SCHERR, S. J. and MÜLLER, E. U. 1991. Technology impact evaluation in agroforestry projects. *Agroforestry Systems* 13: 235-257. Netherlands
- SCHERR, S.J. 1995. Economic Analysis of Agroforestry Systems: The farmers Perspective In: Current, D.; Lutz, E.; Scherr, S.J. eds. *Costs, Benefits, and Farmer adoption of agroforestry. A CATIE-IFPRI-World Bank Project.* The World Bank. Washington, D. C. pp 28-44.
- SOMARRIBA, E. 1996b. Apuntes del curso Sistemas Agroforestales con café y cacao. Manuscrito. CATIE. Turrialba Costa Rica. 3 p.
- SRINIVAS, V. V.; GANGADHAROPPA, N. R. and SHIVARAMU, K. 1995. Factors associated with crisis in different categories of coffee growers of Karnataka. *Indian Coffe* 49(3): 9-14.
- TABORA, J. R. 1991. Analysis and evaluation of agroforestry as an alternative environmental design in the Philippines. *Agroforestry Systems* 14: 39-63. The Netherlands.

Cuadro 1. Precio FOB del café de exportación de Costa Rica.
 Periodo 1909-1910 a 1995-1996. (US\$ de 1996)

AÑO	PRECIO NOMINAL	FC	PRECIO REAL	AÑO	PRECIO NOMINAL	FC	PRECIO REAL
1910	8.12	16.10	130.71	1957	67.88	5.57	378.28
1911	9.62	15.77	151.75	1958	53.22	5.43	288.98
1912	12.06	15.62	188.36	1959	43.54	5.38	234.41
1913	11.27	15.77	177.78	1960	44.3	5.31	235.18
1914	10.97	15.47	169.66	1961	39.78	5.25	208.86
1915	12.68	14.74	186.94	1962	38.31	5.19	198.95
1916	10.17	12.72	129.38	1963	37.63	5.12	192.79
1917	11.84	10.73	127.06	1964	41.16	5.07	208.63
1918	12.22	8.91	108.91	1965	44.06	4.99	219.83
1919	31.75	7.51	238.50	1966	43.66	4.84	211.19
1920	12.12	7.11	86.12	1967	37.73	4.71	177.55
1921	11.17	9.80	109.44	1968	36.19	4.51	163.26
1922	14	10.11	141.57	1969	36.3	4.27	155.02
1923	16.65	9.86	164.16	1970	46.75	4.04	188.89
1924	18.36	9.92	182.15	1971	41.75	3.87	161.61
1925	21.73	9.62	209.02	1972	40.65	3.75	152.44
1926	23.57	9.74	229.51	1973	58.47	3.53	206.36
1927	27.97	9.92	277.50	1974	64.26	3.17	203.99
1928	27.57	9.86	271.82	1975	52.69	2.91	153.46
1929	26.19	9.98	261.48	1976	93.37	2.75	256.99
1930	18.82	10.66	200.60	1977	201.36	2.59	520.77
1931	18.85	12.52	236.00	1978	161.96	2.40	389.48
1932	12.41	14.61	181.26	1979	124.05	2.16	267.73
1933	11.93	14.47	172.65	1980	156.98	1.90	298.54
1934	17.07	12.93	220.72	1981	104.88	1.72	180.83
1935	10.91	12.72	138.79	1982	102.95	1.62	167.17
1936	11.15	12.83	143.00	1983	86.80	1.57	136.70
1937	11.99	12.32	147.77	1984	97.55	1.51	147.25
1938	10.38	12.93	134.22	1985	101.52	1.46	147.85
1939	12.03	13.15	158.14	1986	159.66	1.43	228.36
1940	10.16	13.04	132.46	1987	104.91	1.38	144.70
1941	10.84	12.04	130.53	1988	104.41	1.33	138.45
1942	13.64	10.24	139.72	1989	95.22	1.26	120.40
1943	14.21	9.28	131.86	1990	77.28	1.20	92.74
1944	14.83	9.01	133.68	1991	81.88	1.15	94.30
1945	15.36	8.67	133.13	1992	63.94	1.12	71.44
1946	18.8	7.81	146.82	1993	61.18	1.08	66.38
1947	27.57	6.66	183.51	1994	94.76	1.06	100.28
1948	29.43	6.28	184.96	1995	140.19	1.03	144.28
1949	30.78	6.49	199.81	1996	112.8	1.00	112.80
1950	44.46	6.41	285.10				
1951	55.47	5.89	326.50				
1952	55.75	5.82	324.52				
1953	55.82	5.86	327.34				
1954	68.52	5.85	400.59				
1955	63.63	5.86	373.14				
1956	67.86	5.78	391.92				

Fuente: Fondo Monetario Internacional
 Estadísticas Financieras Internac.
 (1) Anuario 1983 (2) Anuario 1997
 USDA. 1960. Agricultural Statistics.
 1936, 1944, 1960.

Cuadro 2. Precio FOB, precio de liquidación final al productor.
y porcentaje al productor. Período 1967-1968 a 1995-1996.
US\$ nominales.

	Precio FOB	Precio al campo.	%PROD
1968	36.19	28.4054054	0.78489653
1969	36.3	29.9525926	0.82514029
1970	46.75	33.0317221	0.7065609
1971	41.75	32.6541245	0.78213472
1972	40.65	28.7240473	0.70661863
1973	58.47	34.7028986	0.59351631
1974	64.25694	38.0991832	0.59291935
1975	52.68886	40.8961494	0.77618209
1976	93.37448	66.4107351	0.71123004
1977	201.36408	148.849475	0.7392057
1978	161.95772	55.0886814	0.34014236
1979	124.04728	43.1608392	0.34793862
1980	156.98328	46.9880952	0.29931911
1981	104.88	29.8578873	0.28468619
1982	102.948	31.7284385	0.30819869
1983	86.802	26.6323388	0.30681711
1984	97.5522	29.8342342	0.30582841
1985	101.52338	32.9920714	0.32497018
1986	159.6614	51.47875	0.32242452
1987	104.90898	33.0035032	0.31459178
1988	104.41195	32.2563325	0.30893334
1989	95.22	32.2641718	0.33883818
1990	77.28	26.8920306	0.34798176
1991	81.88	27.9899592	0.34184122
1992	63.94	24.5185874	0.38346242
1993	61.18	22.3475631	0.36527563
1994	94.76	38.8534598	0.41001963
1995	140.19	53.7473304	0.38338919
1996	112.8	42.0284036	0.37259223

Cuadro 3. Parámetros y pruebas estadísticas de la IHST del precio FOB del café. Período 1909-1910 a 1995-1996.

	ρ	B_0	bbb_1	σ	θ	μ
Parámetros	0.50574	216.68599	-0.49219	41.5546	0.83668	0.89764
Errores std	0.05547	17.25588	0.29838	15.065	0.1818	0.37819
Valores-T	9.11741	12.55723	1.64957	2.75835	4.6022	2.3735
Valores-P	1	1	0.94845	0.99638	1	0.98995

Cuadro 4. Análisis de riesgo financiero a partir de la distribución estadística de los precios FOB esperados en los años 1997 y 2007.

Año	P(BNi/ha.) < 0			P(BNi/ha.) < 1500		
	SAF I	SAF II	SAF III	SAF I	SAF II	SAF III
1997	0.0226	0.0326	0.0212	0.388	0.5658	0.3952
2007	0.0058	0.0074	0.0056	0.1218	0.2742	0.1256

Cuadro 5. Parámetros y pruebas estadísticas de la IHST del rendimiento estimado en campo. Cosecha 1997-1998.

	θ	μ	Densidad cosecher	cosfertt	carbonat	Diascman	Labcs&ms	
Parámetro	0.2127	45.3187	-10.7186	12.3815	0.2737	1.4232	0.8708	1.0929
Error std.	0.0513	3.5412	2.1344	2.3063	0.0581	0.4479	0.2193	0.2389
Valor-T	4.146	12.798	5.022	5.369	4.711	3.177	3.971	4.575
Valor-P	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000

Cuadro 5. Segunda parte.

	EDADCA FE	EDADTEJ I	EJSCOHA	bo	s
Parámetro	1.1281	7.2544	2.3322	-70.7964	119.4614
Error std.	0.4939	1.9148	0.4427	24.1386	27.4626
Valor-T	2.284	3.789	5.268	2.933	4.350
Valor-P	0.986	1.000	1.000	0.997	1.000

Cuadro 6. Análisis de riesgo financiero a partir de la distribución estadística de rendimientos estimados y ajustados para la cosecha 1997-1998.

Sistema Agroforestal	P(BNi/ha.)<0	P(BNi/ha.)<1500
SAF I. Café-poró- musaseas	0.002	0.1568
SAF II. Café-poró	0.0124	0.484
SAF III 'café-sombra diversificada'	0.0904	0.3172

Cuadro 7. Estadísticas simple de la distribución probabilística de rendimientos simulados a partir de los rendimientos estimados y ajustados para la cosecha 1997-1998.

	PROMEDIO	DESV.STD.	C.V.	ASIMETÍA	CURTOSIS
SAF 1	54.5442554	25.6561896	0.47037382	0.66215767	0.81164027
SAF 2	46.6227965	25.3877278	0.54453464	0.66619386	0.87358371
SAF 3	52.5117773	26.0760979	0.49657618	0.77610884	1.32373868

Cuadro 8. Análisis de riesgo financiero a partir de la distribución estadística conjunta del precio FOB esperado en 1997 y rendimientos ajustados de la cosecha 1997-1998.

Sistema Agroforestal	P(BNi/ha.)<0	P(BNi/ha.)<1500
SAF I. Café-poró- musaseas	0.064	0.0628
SAF II. Café-poró	0.0176	0.1274
SAF III 'café-sombra diversificada'	0.0084	0.079

Figura 1. Precio FOB del café y la tendencia del modelo de regresión, período 1914-1996 (US\$ de 1996).

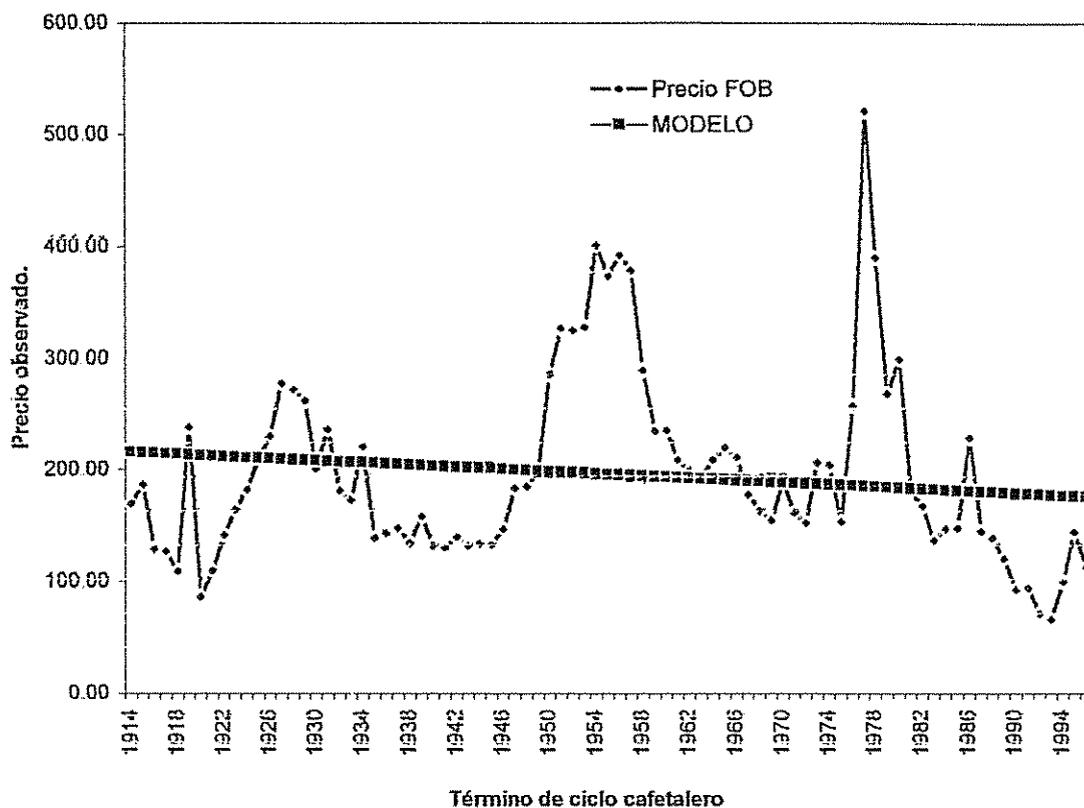


Figura 2. Precios FOB esperados del café de exportación de Costa Rica. (US\$ de 1996)

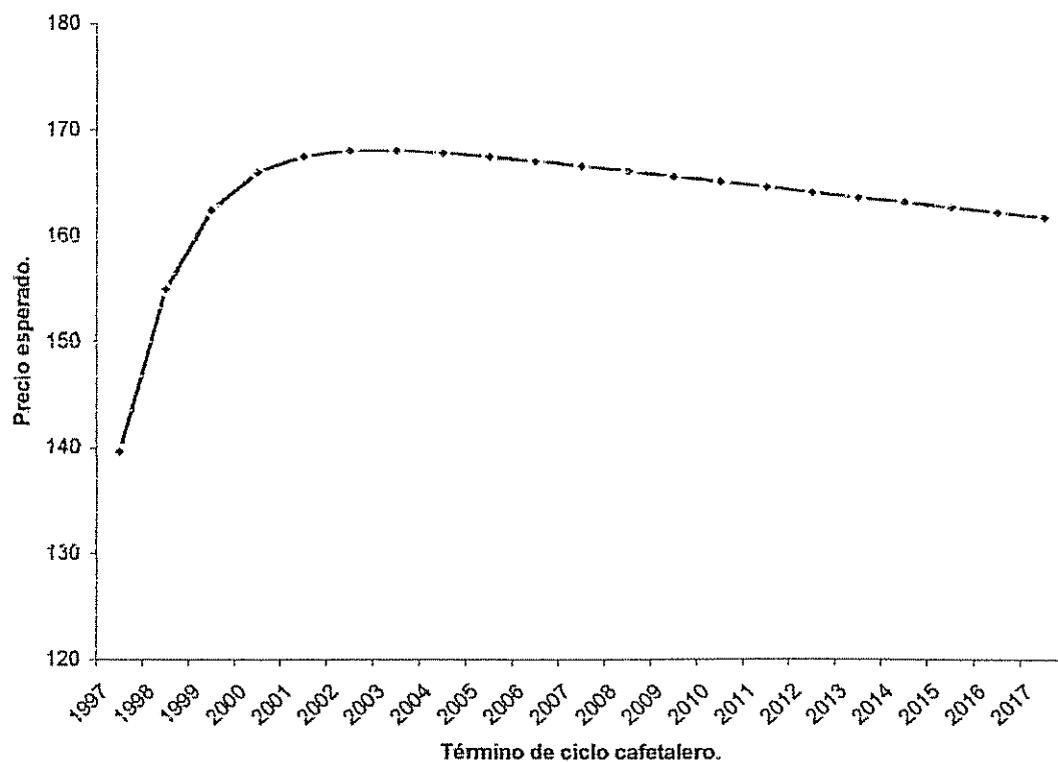


Figura 3. Precio FOB y precio de liquidación al campo, nominales (US\$).

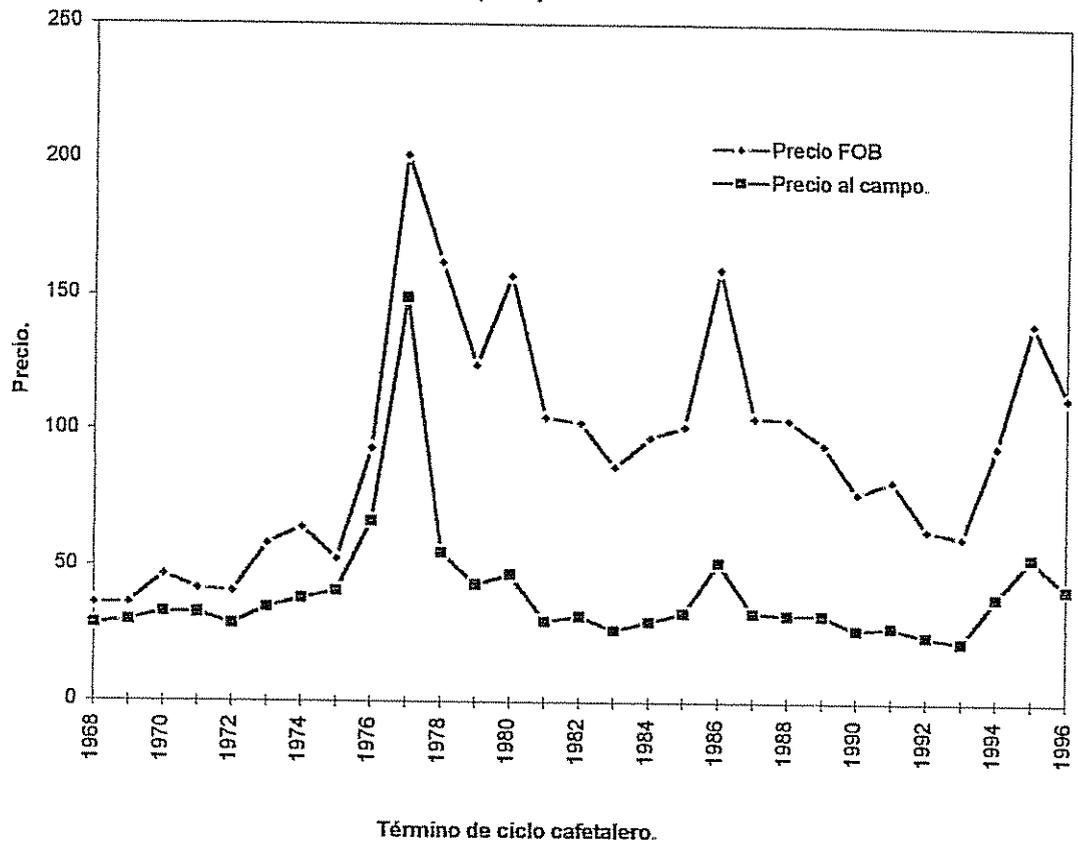


Figura 4. Participación del productor del precio FOB (US\$).

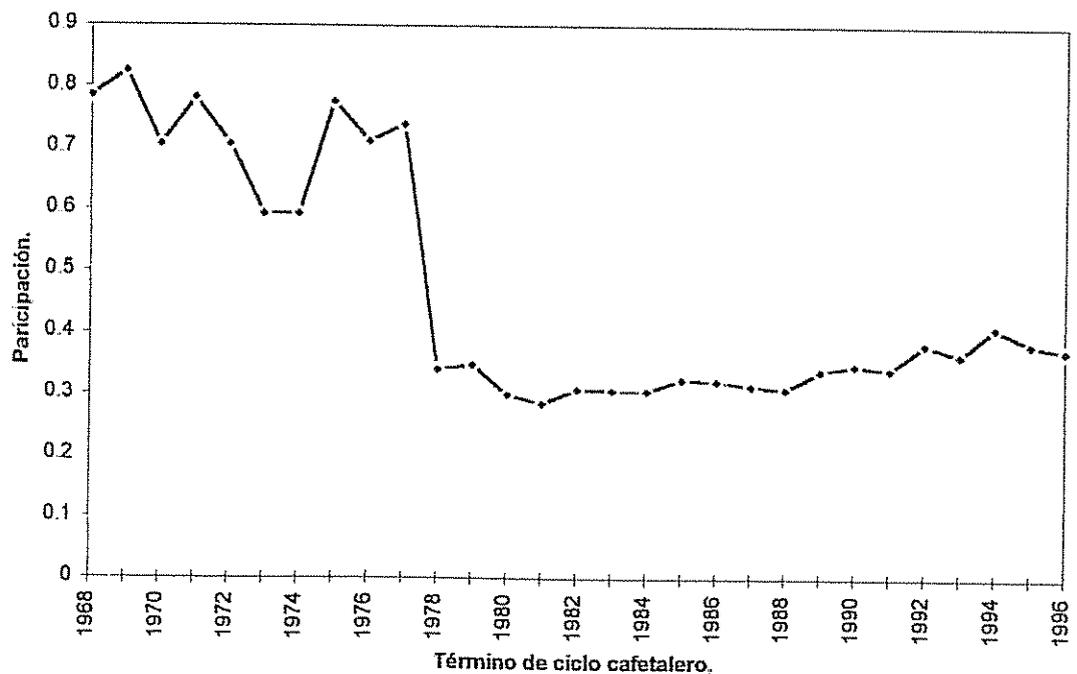


Figura 5. Distribución estimada de frecuencias del precio FOB esperado del café de exportación de Costa Rica. Años 1997, 2007 y 2017.

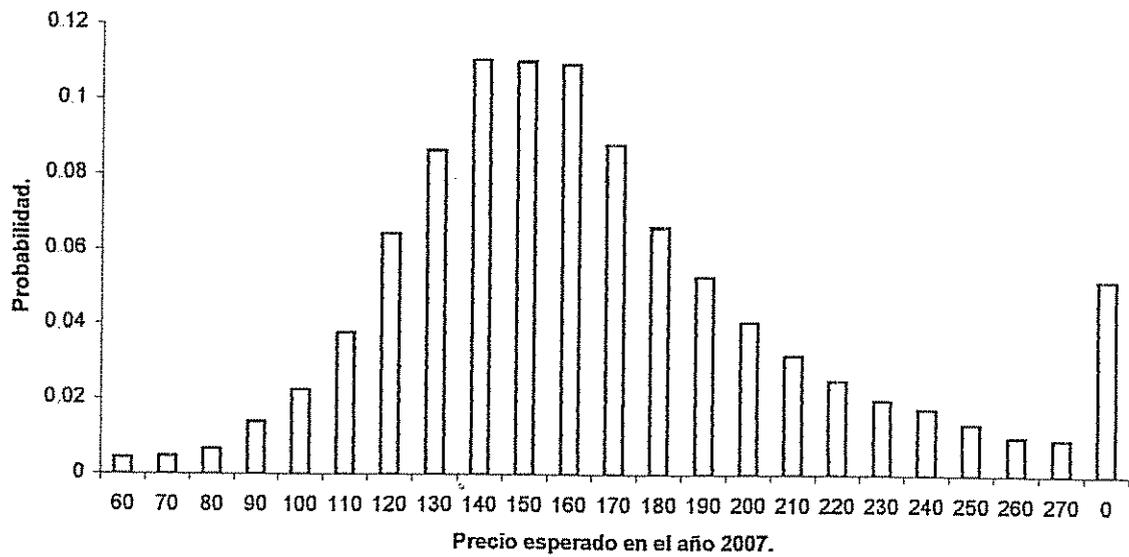
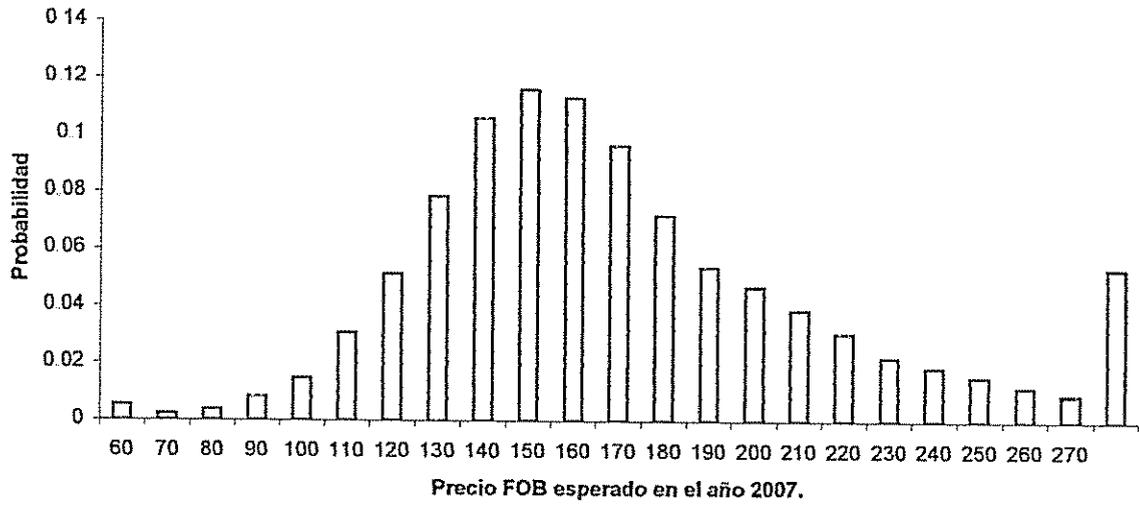
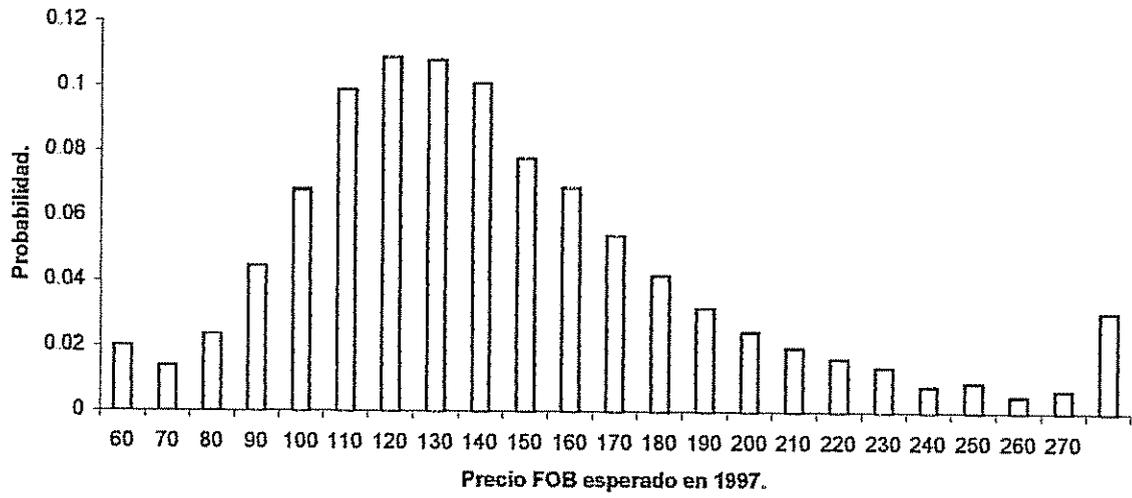


Figura 6. Beneficios Netos esperados y su probabilidad de ocurrencia en 1997, según distribución estimada de frecuencias del precio esperado.

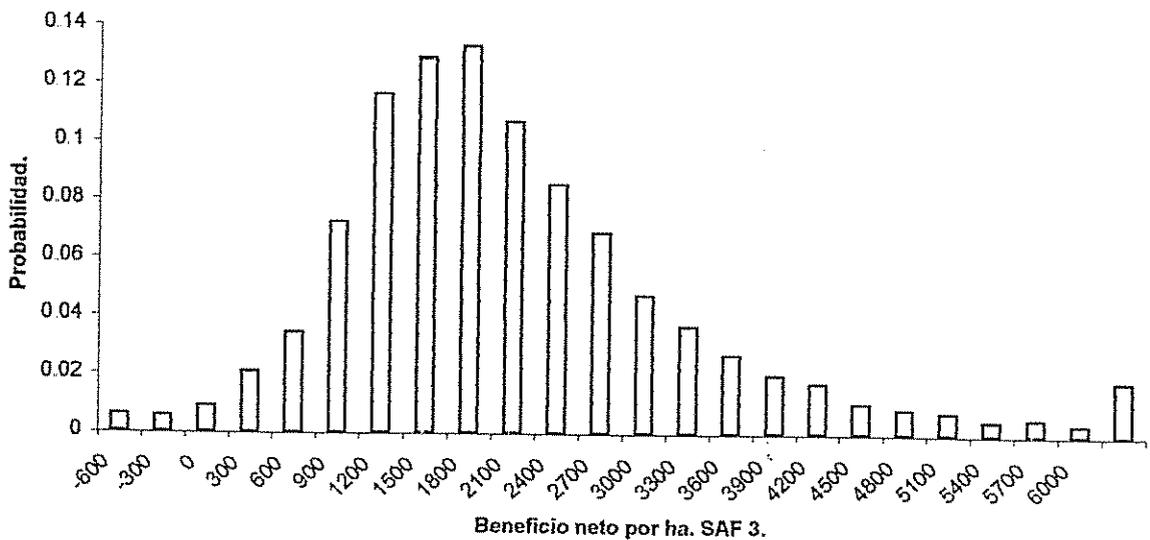
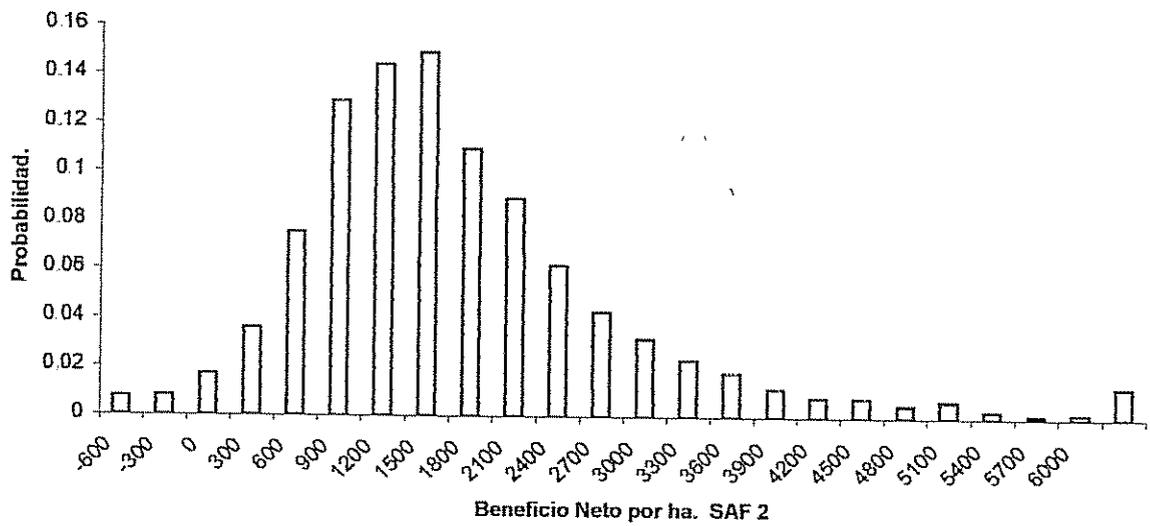
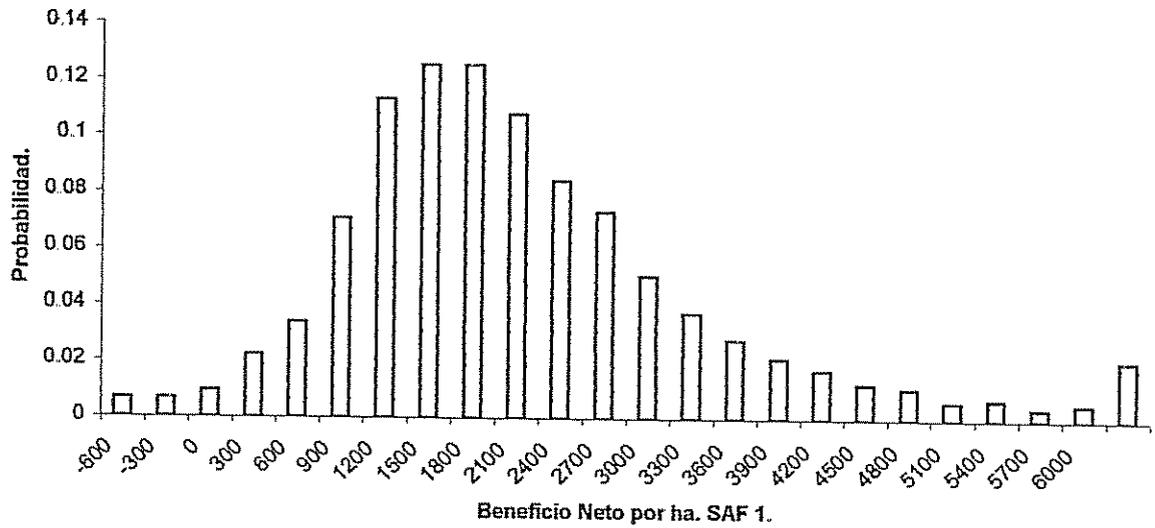


Figura 7. Beneficios Netos esperados y su probabilidad de ocurencia en el año 2007, según distribución estimada de frecuencias del precio operado.

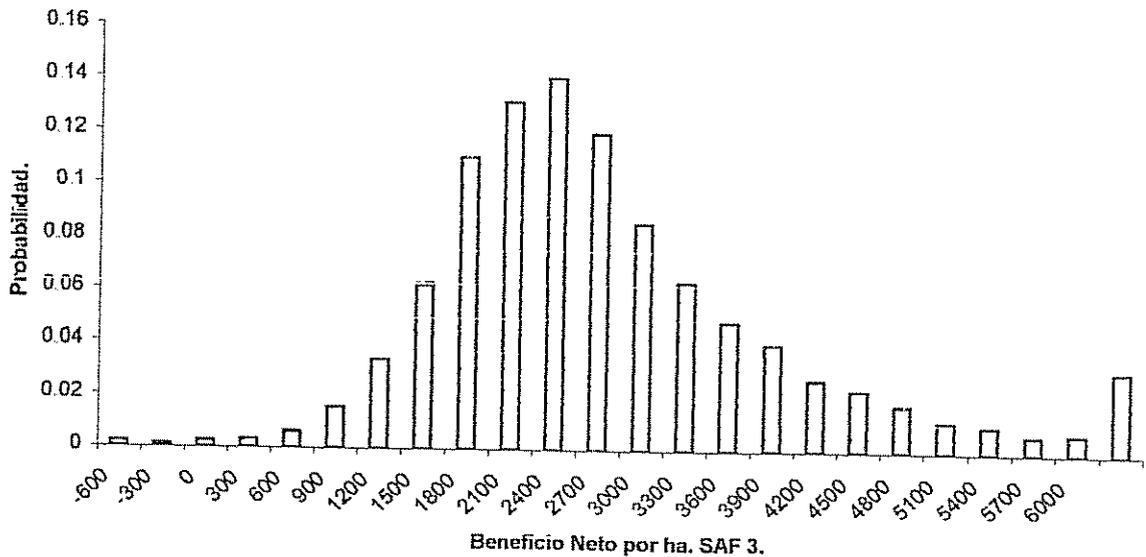
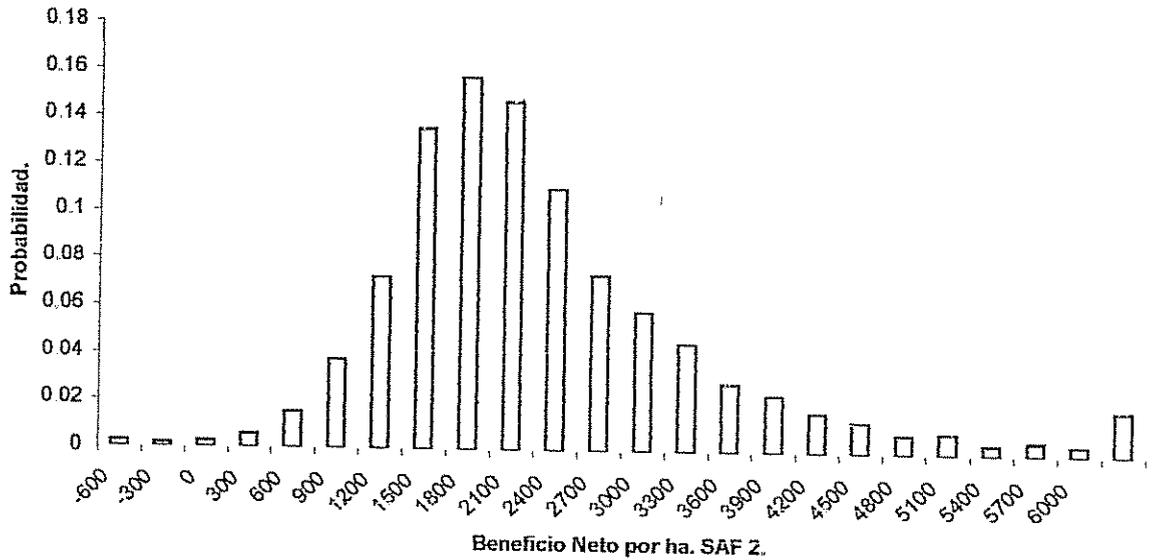
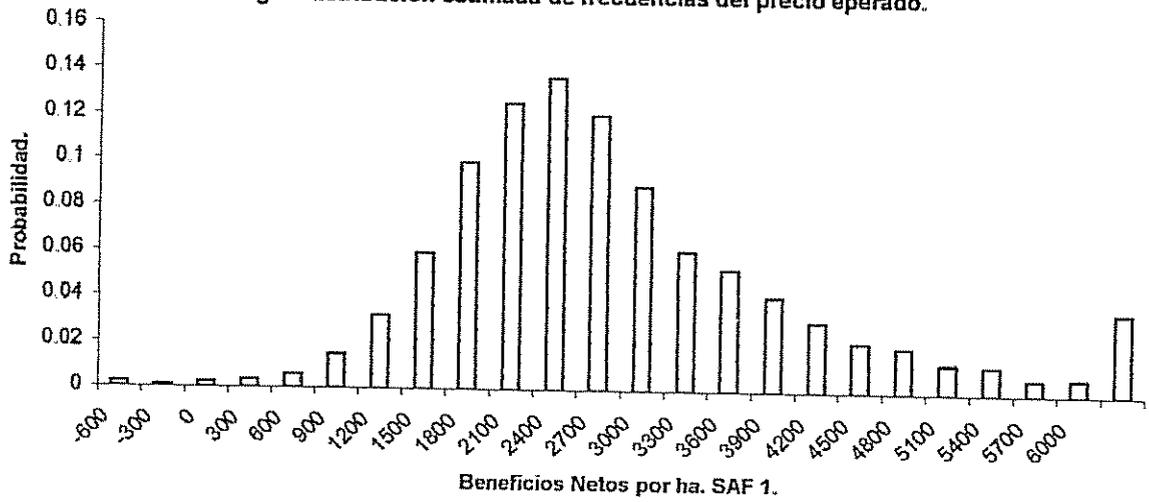


Figura 8. Frecuencia acumulada de Beneficios Netos esperados en 1997 a partir de la distribución de probabilidades de precios simulados. (US\$ de 1996).

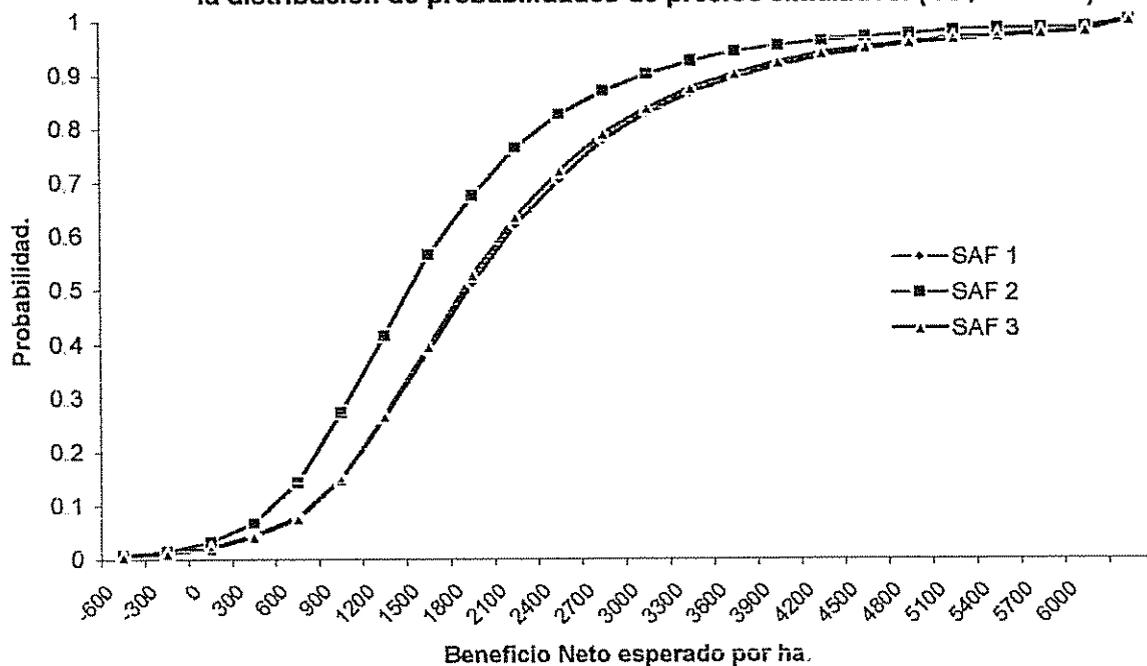


Figura 9. Frecuencia acumulada de Beneficios Netos esperados en el año 2007 a partir de la distribución de probabilidades de precios simulados. (US\$ de 1996).

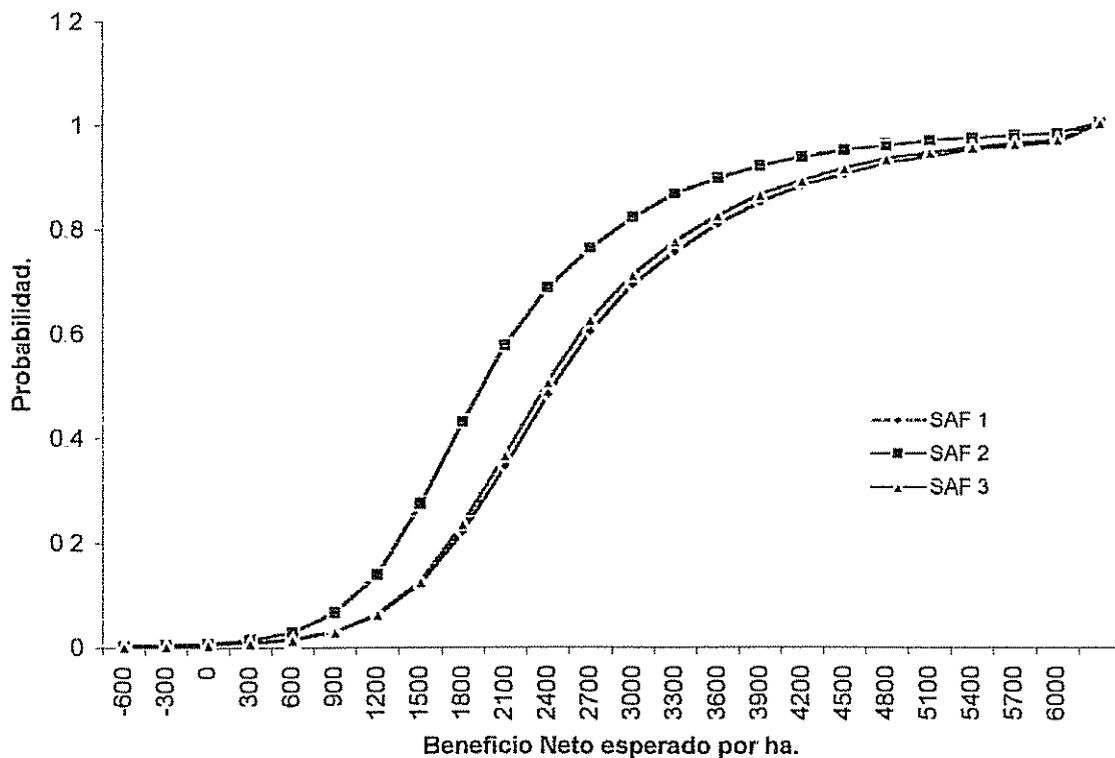


Figura 10. Distribución estimada de frecuencias de rendimientos ajustados, cosecha 1997-1998. Fanegas por/ha.

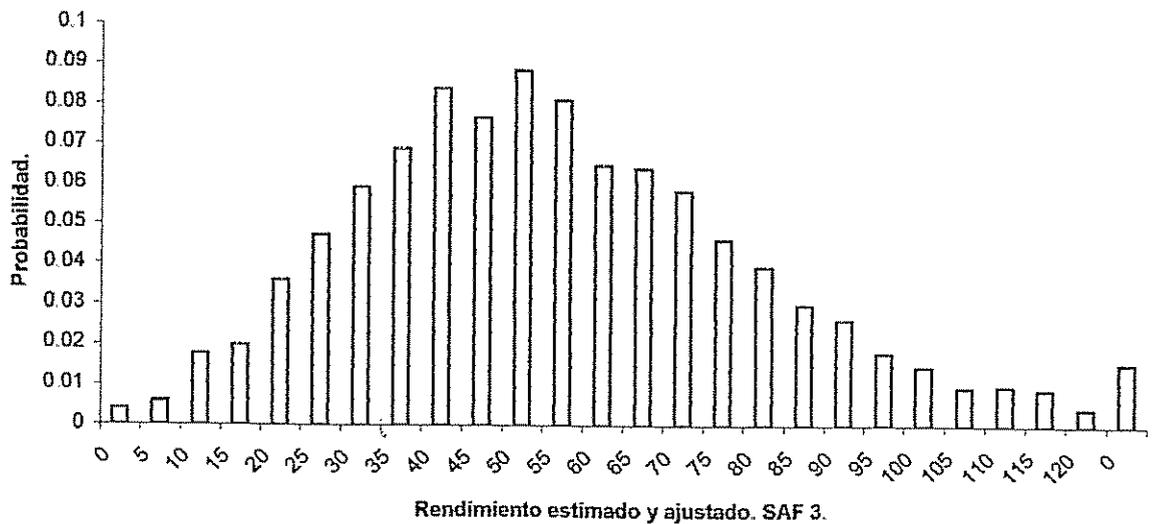
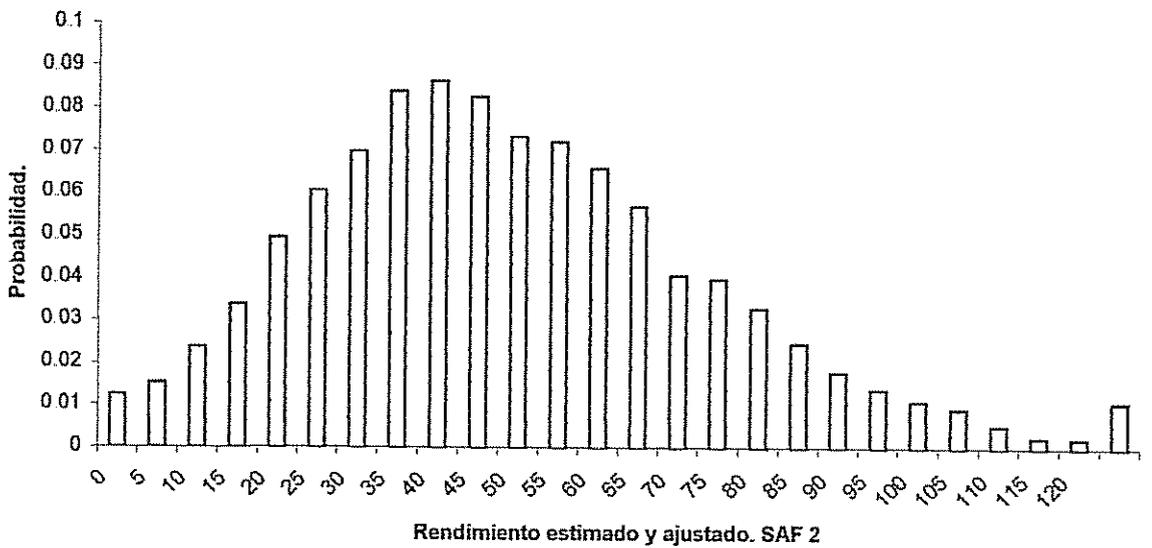
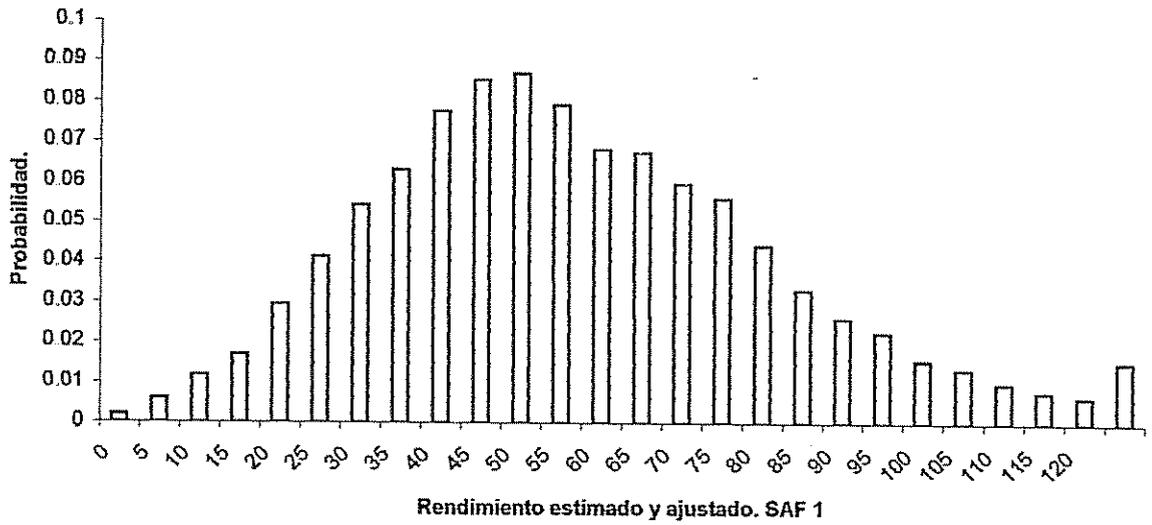


Figura 11. Beneficios Netos esperados según la distribución estimada de frecuencias de rendimientos en la cosecha 1997-1998. (US\$ de 1996).

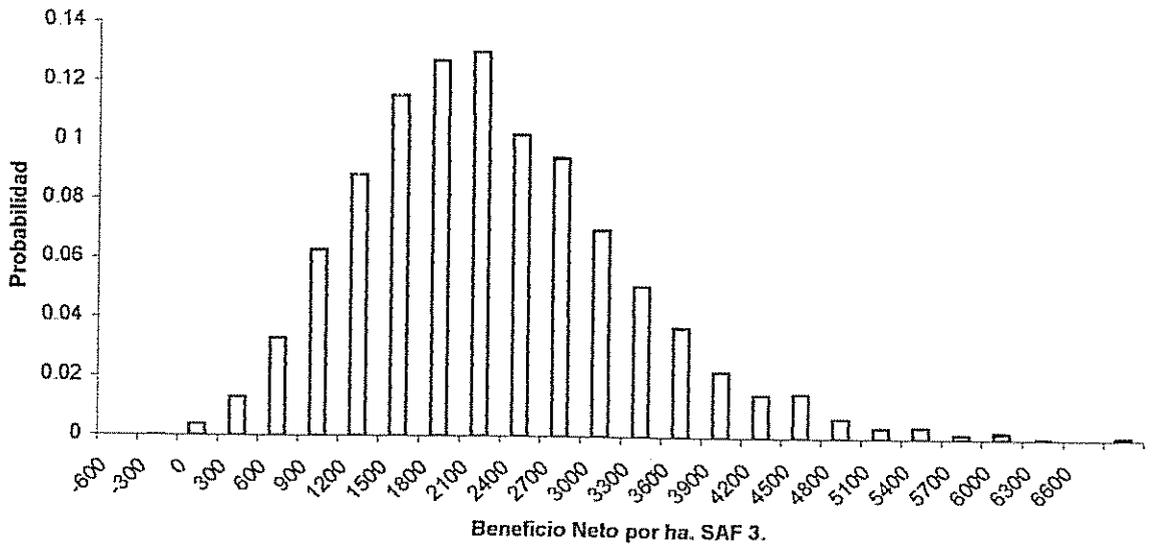
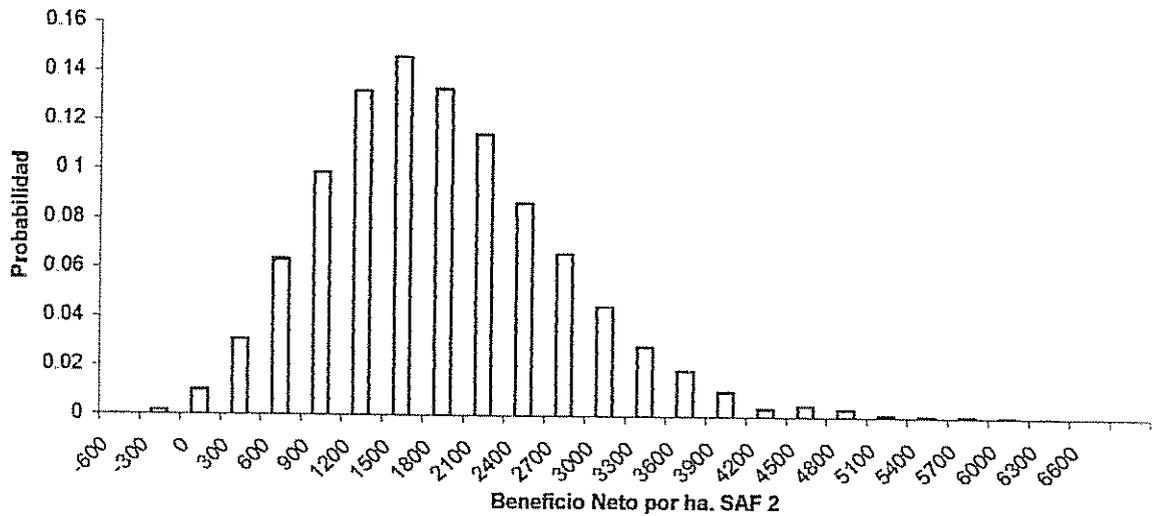
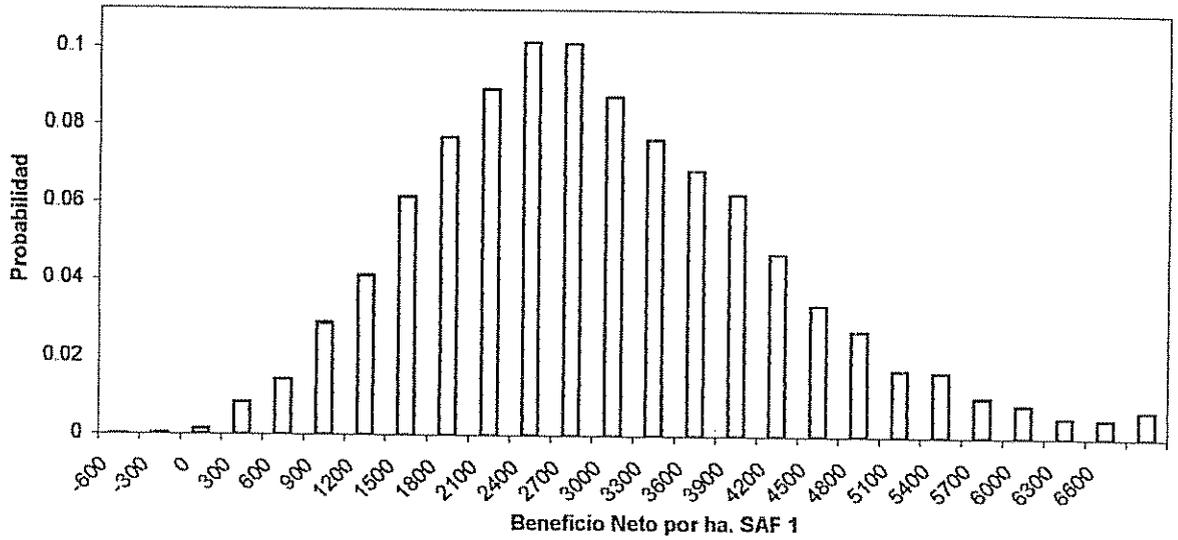
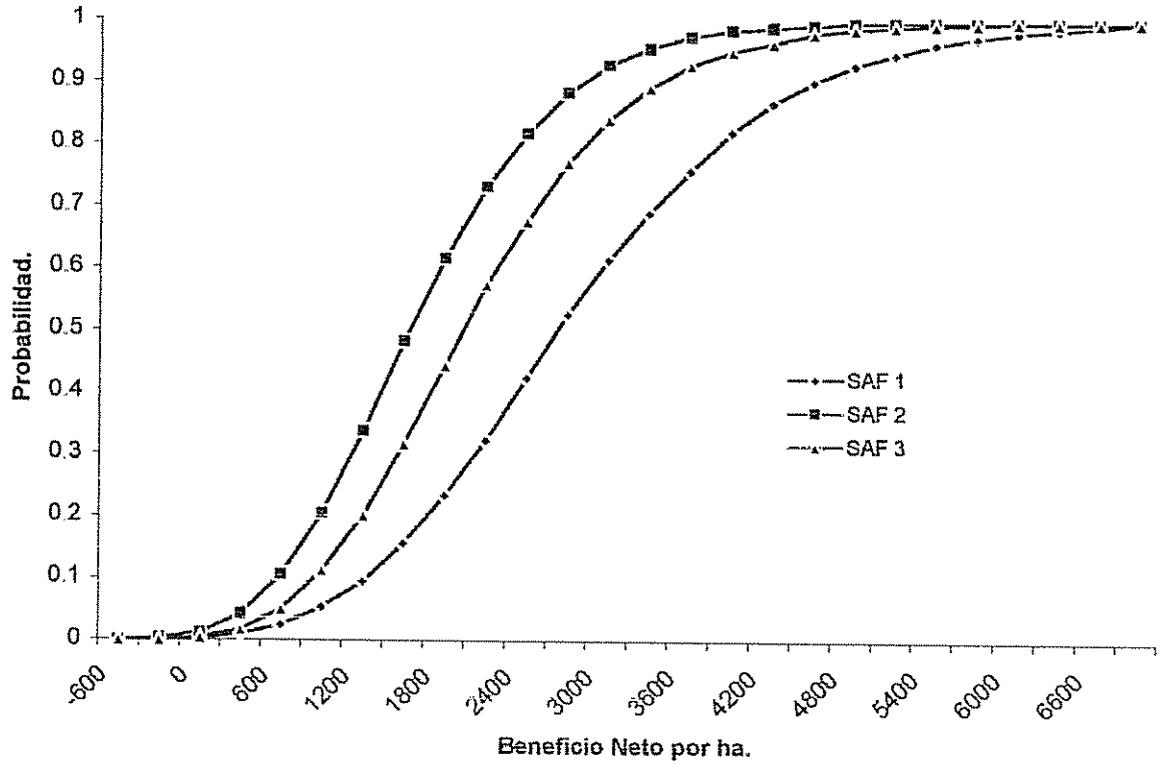


Figura 12. Frecuencia acumulada de Beneficios Netos, estimados a partir de la distribución de rendimientos ajustados. Cosecha 1997-1998. (US\$ de 1996).



CAPÍTULO 5.

SISTEMAS AGROFORESTALES SOMBRA-CAFÉ EN RIVAS DE PÉREZ ZELEDÓN: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Fue posible reconocer diferentes Sistemas Agroforestales Sombra-Café a partir de un conjunto de variables cuantitativas que dan cuenta de las características del dosel de sombra, y la aplicación del Análisis de Componentes Principales. Sin embargo, las medidas de dispersión de variables que se refieren a sus atributos técnicos y económicos, de manejo, costos y rendimientos, indican la existencia de una gran heterogeneidad al interior de cada uno de los grupos conformados. Se recomienda efectuar una segunda etapa de análisis multivariado, sea un análisis de conglomerado a partir de las clases definidas por el Análisis de Componentes Principales (ACP), o bien, agregar algunas variables categóricas al ACP. En ambos casos debe considerarse que se requiere un tamaño de muestra mayor.

Los Sistemas agroforestales detectados tienen diferencias significativas en el nivel de la riqueza de especies y composición del dosel de sombra, pero no en cuanto a la cantidad de individuos que lo conforman, lo cual indica que se ha definido una tecnología regional con un fuerte componente de sostenibilidad, constituyendo un importante soporte de apoyo para la conservación de la biodiversidad. Ello permite explorar múltiples alternativas de investigación básica y aplicada en sistemas agroforestales sombra-café, como alternativa de uso y manejo de recursos naturales para condiciones similares a las estudiadas.

Las características del cafetal también son contrastantes entre SAF's, sea por la estructura y nivel de desarrollo alcanzado por las matas (número de ejes cosecheros por mata y edad del tejido productivo), o por la abundancia de los distintos componentes del cafetal (cosecheras, podas, resiembras, fallas), y/o la composición existente, lo cual indica un manejo intensivo del sistema de producción, y ello contrasta con la imagen de escasa atención a estos sistemas productivos, supuestamente alejados de los sistemas de producción intensivos.

No existen evidencias que relacionen a los SAF's sombra café con los tipos de suelos reconocidos a partir de sus características químicas, de tal manera que los tres tipos de SAF's se localizan indistintamente en los tres tipos de suelo cafetaleros definidos. Sin embargo, debe reconocerse que ese marco es restrictivo pues era evidente la presencia de mayores poblaciones de plátano en áreas de depositación, con suelos más profundos y/o con relativamente menos pendientes, mientras que las poblaciones de *Erythrina* son más abundantes en zonas de mayores pendientes, y se adapta mejor a mayores altitudes dentro de la zona cafetalera.

Los cafetales del SAF II son mas viejos en promedio, pero cuentan con el tejido productivo más joven; y este tiene el mas alto rendimiento por mata cosechera, aunque presentan el mas bajo rendimiento promedio por ha. Eso indicaría una coyuntura de renovación, que conlleva cierto nivel de sostenibilidad en los rendimientos, pero se enmarca en una estrategia donde la productividad es sólo uno de los elementos que se toman en cuenta.

Considerando los grandes agregados de costos variables de los SAF's, sólo hubo diferencias significativas entre los SAF's I y II, en cuanto a mano de obra aplicada al cafetal (podas, resiembra y atomizaciones), pero ninguna otra diferencia se detectó entre los distintos SAF's, (I, II y III) con respecto a la cantidad de trabajo aplicada en otras actividades, incluyendo el manejo del dosel, así como en la compra de fertilizantes y otros insumos. Esta diferencia, que tiene su origen en las características del estrato arbustivo del SAF es fundamental para comprender las estrategias de manejo propias de cada SAF ante las expectativas económicas del sector cafetalero.

Esto lleva también a la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas en rendimientos entre los distintos Sistemas Agroforestales, como tampoco las hay en el costo variable reportado en el ciclo cafetalero 1996/1997. De allí que los resultados del análisis de presupuesto parcial deben tomarse con cautela, sólo como una primera aproximación a la situación financiera promedio del año de referencia, y reconocer que la TMR no es suficiente para calificar a un sistema. El mismo método de presupuesto parcial indica que los tres SAF guardan un estado de beneficios y costos bastante positivo. Sin embargo, también se recomienda moderar el optimismo, dado que se trata de una ganancia operativa.

El SAF I 'café-poró-musaseas' cuenta con la mayor cantidad de matas de café cosecheras por ha, los cafetos mas jóvenes en promedio, y el tejido productivo de mayor edad; que al conjugarse con costos variables promedio más bajos contribuye a explicar sus mejores resultados financieros. Mención especial merece el bajo perfil del costo de manejo del cafetal (podas, resiembras y atomizaciones), porque además de ser el componente de costo variable con mayor descenso, en comparación con los otros SAF's, confirmaría una mayor persistencia del tejido productivo actual. En resumen, se trata de los cafetales mas jóvenes en promedio, pero en su tercera cosecha después de la última poda, con escasa renovación en este ciclo cafetalero, de ahí que supere al SAF II 'café-poró', donde la presencia de *Erythrina* y mayores costos de mano de obra en la atención al cafetal, marcan la diferencia.

Finalmente, la aparente superioridad del SAF III, 'café-sombra diversificada' con una TMR (Tasa Marginal de Retorno) de 824%, con respecto al SAF I que le precede en rentabilidad, es particularmente cuestionable en un análisis de largo plazo. En el análisis de riesgo se hicieron los ajustes de rendimiento para hacer comparables los tres sistemas, quedando efectivamente demostrado que el SAF III no tiene los más altos rendimientos si consideramos un manejo estandar de la parcela agroforewtral de los tres sistemas.

Así, la magnitud y la estructura de costos variables del SAF III es muy similar al que le antecede en rentabilidad 'operativa' en el marco del presupuesto parcial (SAF I), pero los mayores rendimientos promedio observados por mata cosechera ya indican que este resultado habría que explicarlo por factores de manejo que no se perciben a través de los costos, o bien en las condiciones de sitio. Como quedó confirmado en el análisis de riesgo, donde el SAF III fue subordinado al SAF I.

Por otro lado, existe una tendencia decreciente en el tiempo del precio real FOB del café de exportación de Costa Rica, siguiendo un proceso autorregresivo de primer orden que conllevan efectos residuales en cualquier año; pero además de estar autocorrelacionada en el tiempo, el precio FOB del café de exportación es una variable no normal (asimétrica y kurtótica) características que se transfieren a los beneficios netos de la producción cafetalera.

El signo positivo tanto en la asimetría como en la kurtosis tienen un efecto directo en la determinación del riesgo financiero, bajo los dos escenarios considerados, y deben ser atendidos en la toma de decisiones. Finalmente, el beneficio neto esperado tiene una mayor probabilidad de riesgo de ser inferior al promedio proyectado, por la asimetría positiva de los beneficios netos.

También se confirma que los resultados del análisis de riesgo no son correlativos con los obtenidos en el análisis de presupuesto parcial. Sólo coinciden en el hecho de que el mayor riesgo corresponde al SAII 'café-poró', pero definitivamente, con el rendimiento promedio ajustado, el de menor riesgo es el SAF I 'café-poró-plátano', aunque el SAF III 'café-sombra diversificada', está más próximo a este que a aquél.

El rendimiento estimado de la cosecha 1997/1998 indica que se trata de una variable con distribución de probabilidades no normal, teniendo una elevada asimetría de signo positivo y una kurtosis que también influyen en forma determinante en los resultados del análisis de riesgo correspondiente. No se hicieron proyecciones, pero se reconoce la posibilidad de un proceso autorregresivo.

Comparando los tres SAF's, el efecto combinado de la variabilidad del precio FOB y los rendimientos incrementan substancialmente las diferencias en los resultados del análisis de rentabilidad y riesgo, con relación a los resultados que se obtuvieron cuando se consideraron cada uno de los factores de riesgo por separado. Esta diferencia entre sistemas agroforestales indicaría la persistencia de ciertos patrones de comportamiento que los identifica, no obstante la heterogeneidad reconocida al interior de cada grupo.

Finalmente, el reconocimiento de sistemas agroforestales sombra-café y sus características de rentabilidad y riesgo ha permitido avanzar en el proceso de construcción de una metodología para el estudio de la experiencia agroforestal en una región cafetalera, siempre con el propósito de alcanzar mejores niveles de comprensión del fenómeno estudiado; pues el reconocimiento, validación y/o mejoramiento de tecnologías que permitan el uso y manejo sostenible de las tierras de ladera en las áreas tropicales y subtropicales del continente, particularmente en aquellas regiones donde se ha desarrollado una importante cultura cafetalera, constituyen una basta tarea.