

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

RECIBIDO

**ESTABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS AGROFORESTALES
CACAO-LAUREL-PLATANO (CLP)**

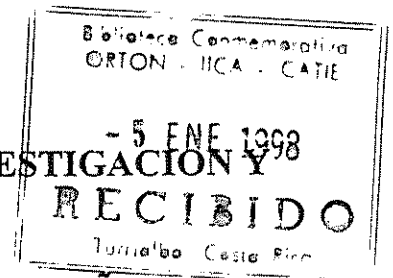
POR

THOMAS LUDEWIGS



Turrialba, Costa Rica
1997

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y
ENSEÑANZA



SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ESTABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CACAO-
LAUREL-PLATANO (CLP)

POR

THOMAS LUDEWIGS

CATIE

Turrialba, Costa Rica
1997

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y
ENSEÑANZA
CATIE

PROGRAMA DE ENSEÑANZA
ÁREA DE POSTGRADO

ESTABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS AGROFORESTALES
CACAO-LAUREL-PLATANO (CLP)

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

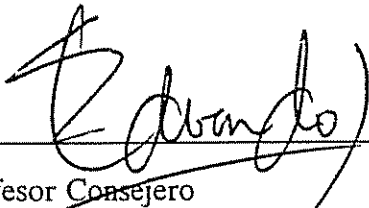

THOMAS LUDEWIGS

Turrialba, Costa Rica
1997

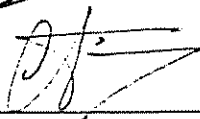
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

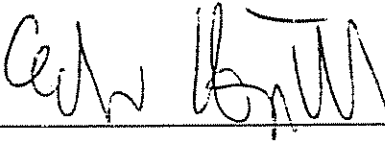
FIRMANTES:



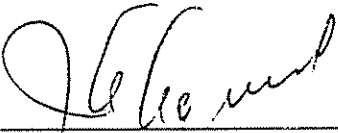
Profesor Consejero



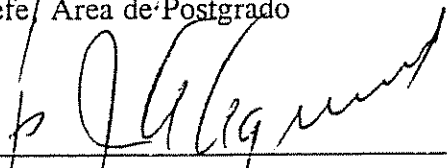
Miembro Comité Asesor



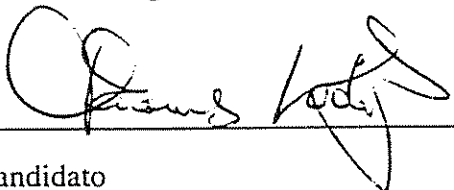
Miembro Comité Asesor



Jefe Area de Postgrado



Director, Programa de Enseñanza



Candidato

DEDICATORIA

A mi padre por su preocupación con nuestra educación, por su serenidad y dignidad como ser humano.

A mi madre por enseñarnos a luchar, por su perseverancia y estímulo dedicados a nuestro desarrollo personal, cariño y amistad.

A mis hermanos Mischka y Toco por la Unión que nos hace fuertes.

A Mei por el amor, apoyo y paciencia continuos, y por los caminos transcurridos juntos.

A querida Augusta que siempre nos acompañó, por toda su dedicación.

A todos mis familiares y amigos.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a la Fundación SUNY por su apoyo financiero y por el incentivo al desarrollo sostenible de la Amazonía, y especialmente a la ayuda de Maria José Gontijo, que hicieron posible mi presencia en el CATIE. Al proyecto CATIE/GTZ que financió el ensayo Cacao-Laurel-Plátano y tornó posible esta investigación.

Agradezco especialmente a mi profesor Consejero Eduardo Somarriba, PhD, al respaldo en la dirección del trabajo de tesis, al incentivo y dedicación durante todo el trabajo especialmente en la redacción de este documento, y también por su amistad. A los miembros del comité, profesor Octávio Ramirez, PhD, por el esfuerzo en enseñar los conceptos básicos de econometría y por el substancial apoyo brindado en la parte de análisis de precios. Al profesor Pedro Ferreira, PhD, por las valiosas críticas y sugerencias en la parte estadística y al Sr. Edgar Köpsell, PhD, por las recomendaciones para una mejor aplicación del trabajo.

Muy especialmente al Sr. Antonio Lozada, por la hospitalidad y apoyo durante la fase de campo, por enseñarme el manejo de cacao y plátano y por su gran corazón. A Orlando Lozada, ejemplo para una nueva generación de agricultores, por el entusiasmo dedicado al uso sostenible de la tierra.

Al personal del proyecto CATIE/GTZ por las atenciones recibidas en todas las etapas de elaboración de este trabajo. A Meivis Ortiz por la ayuda esencial en organizar los datos experimentales y por su gran simpatía, a Jorge (Flaco), Heriberto (Maguiver), Benito y Alberto por el apoyo durante la fase de campo, a Magui, Jesús y Dayra por su atención y amistad. Muchas gracias a Gustavo Calvo y a Henning von Platen que además de responsables por parte de la recolección de datos y análisis financiero, aportaron valiosas sugerencias para el perfil de este trabajo.

Muchas gracias a Santiago y a todo el personal de la Cámara de Comercio de Changuinola por el apoyo y simpatía, y por permitir que este trabajo fuera discutido con agricultores de la región. Al personal del PIMA, del CNP, del Aserradero Buen Precio y de la Cámara Costarricense Forestal de San José-Costa Rica, y de la COCABO de Almirante-Panamá por la valiosa ayuda en la recolección de precios.

A todos los profesionales del CATIE que se empeñan en dar el mejor de sí incondicionalmente, como por ejemplo Adie (Biblioteca), Jeanett y Molina (Postgrado) y el Macho Guayabo, que tanto contribuyen para el éxito académico de los estudiantes.

A mis compañeros de la promoción 96-97 por los momentos fraternos compartidos, sea las inolvidables celebraciones de cumpleaños o en las manifestaciones de solidaridad en los momentos difíciles.

A los profesores de CATIE que se empeñaron en dar una formación de primer nivel a los estudiantes, y que permitieron además experiencias únicas durante las giras de campo que tanto contribuyeron para la formación académica.

A mis paisanos Jefferson, Kloeber, Maurício y familia, Chelsea, Marcelo, Everaldo y especialmente a Maria Kass, por el compañerismo que nos marcó durante estos dos años y que tanto ayudó a manejar la "saudade de casa".

A mis compas de casa Neto y Isa, y también a Yorlene y a Vivi, por propiciaren una bella experiencia de vida en que compartimos fiestas, bicicletas, comida Thai, leyendas, viajes, dilemas existenciales, inseguridades, sueños, chistes, computadoras, salsas y merengues,...

A ti Señor que siempre nos acompaña e ilumina el Camino.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de São Paulo, estado de São Paulo, Brasil, el 14 de Abril de 1967.

Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colégio Visconde de Porto Seguro, São Paulo, de 1974-1985.

De 1986 a 1991 cursó la Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" - Universidade de São Paulo, ubicada en Piracicaba - São Paulo, en la cual obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo.

Laboró de 1992-1993 en la Fazenda São Bento S.A., ubicada en Dourado - São Paulo, como gerente de producción.

Posteriormente trabajó como asistente de investigación en el Proyecto "Alternativas Agroflorestais `a Agricultura de Derrubada e Queima", que es un convenio entre la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) y la Universidad de Carolina del Norte (USA), ubicado en Manaus-Amazonas, durante 1993-1995.

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 1997, en el área de Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, con énfasis en Sistemas Agroforestales.

INDICE

Resumen.....	vi
Summary.....	vii
Lista de cuadros.....	viii
Lista de figuras.....	ix
CAPITULO 1 : Estabilidad y riesgo en sistemas CLP : Introducción	
Introducción.....	1
Bibliografía.....	3
CAPITULO 2 : Descripción de las tecnologías, producción y costos	
Introducción	4
Métodos	5
Resultados	10
Discusión	14
Conclusiones	17
Bibliografía	19
Figuras y Cuadros	21
CAPITULO 3 : Análisis de precio	
Introducción	29
Métodos	31
Resultados	34
Discusión	37
Conclusiones	40
Bibliografía	42
Figuras y Cuadros	44
CAPITULO 4 : Estabilidad y riesgo: análisis comparativo	
Introducción	51
Métodos	52
Resultados	54
Discusión	56
Conclusiones	59
Bibliografía	60
Figuras y Cuadros	62
CAPITULO 5 : Estabilidad y riesgo en sistemas CLP : conclusiones	
Conclusiones	68

Ludewigs, T., 1997. Estabilidad y riesgo en sistemas agroforestales cacao-laurel-plátano (CLP). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 72 p.

Palabras clave: Sistemas agroforestales, estabilidad, riesgo, cacao, plátano, laurel, producción, simulación de precios, análisis financiero, Panamá.

RESUMEN

La tecnología agroforestal cacao-laurel-plátano (CLP) ha sido investigada como alternativa a la inestabilidad de los precios del cacao (*Theobroma cacao*) y del plátano (*Musa AAB*) en la región de Changuinola, Panamá. Con esta combinación, se pretende que fluctuaciones en las cosechas o precios de uno de los cultivos puedan ser compensadas por las del otro, y así reducir la incertidumbre de los retornos esperados por el productor. La incorporación de laurel (*Cordia alliodora*) tiene como propósito aumentar los ingresos a través de la venta de madera y actuar como factor reductor de riesgos. El objetivo de este estudio es evaluar la estabilidad de los ingresos netos y el riesgo asociado a las diferentes tecnologías CLP para el período 1998-2009. Los ingresos son calculados a partir de datos de productividad y manejo (costos) en el período 1990-1997 y de diferentes probabilidades de precios pagados al productor. El análisis se extiende a los monocultivos de cada uno de los componentes, para una posterior comparación intercultivos vs. monocultivos.

Se evalúan seis tecnologías CLP, basadas en la asignación de diferentes proporciones de tierra entre cacao y plátano. El ensayo fue establecido en agosto 1990 en la finca de un productor local de la comunidad de Charagre, Changuinola.

Los beneficios financieros de cada tecnología fueron cuantificados a través del cálculo de los valores presentes netos (VPNs) de las inversiones; y los efectos de la incertidumbre en los supuestos del análisis financiero evaluados a través de simulación de precios. El criterio usado para medir riesgo es la probabilidad de que no se alcance un VPN mínimo para el período analizado, y el criterio de estabilidad es la varianza en los 20000 VPNs simulados para cada tecnología.

El estudio se transcurrió en tres etapas. La primera describe las tecnologías CLP, el manejo aplicado, y los resultados de producción y costos de las seis tecnologías CLP y de monocultivos de cacao, plátano y laurel. La segunda etapa trata de análisis de precios de estos productos, y la tercera es una comparación de estabilidad y riesgo entre tecnologías CLP y los monocultivos.

Los resultados indican que las tecnologías CLP están asociadas a niveles de riesgo más bajos que los monocultivos, pero son, bajo los criterios usados en este estudio, menos estables. Los índices de equivalencia de la tierra (IET) de las tecnologías CLP se encuentran entre 1.45 y 1.53, indicando una gran ventaja en la producción total relativa a los monocultivos de cacao, laurel y plátano. El riesgo es menor para las tecnologías con mayor proporción de cacao, mientras tecnologías con mayor proporción de plátano son las más estables. Esto se explica principalmente por proyecciones más optimistas para precios futuros de cacao, cuando comparados a los de plátano, y porque precios de plátano fluctúan menos que los de cacao. El laurel contribuye de forma significativa para reducir el riesgo financiero al productor.

Ludewigs, T., 1997. Stability and risk in cocoa-laurel-plantain agroforestry systems. Thesis M.Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 72 p.

Key words: Agroforestry systems, stability, risk, cocoa, plantain, laurel, production, price simulation, financial analysis, Panama.

SUMMARY

The agroforestry technology cocoa-laurel-plantain (CLP) has been investigated as an alternative in cocoa (*Theobroma cacao*) and plantain (*Musa AAB*) monocrops due to their price instability in the region of Changuinola, Panama. The main reason for this combination is that production or price variation can be compensated between components, and thus reduce income uncertainty to the farmer. Laurel (*Cordia alliodora*) is incorporated to enhance the farmer's income through timber production, and acts as a risk minimizing factor. The objective of this study is to evaluate income stability and risks related to CLP technologies for the 1998-2009 period. Income is assessed using productivity and cost data collected between 1990-1997 at different farm-level price probabilities. The analysis is extended to monocrops of each of the components for comparisons with CLP intercrops.

The six CLP technologies being evaluated are based on assigning different land proportions between the cocoa and plantain components. The experiment was established in August 1990 on a farmer's site in the Charagre community, Panama.

Financial benefits of each technology are assessed through net present value (NPV) calculation, and the uncertainty effects on financial assumptions are evaluated through price simulation. The risk criteria used in this study is the probability that NPVs do not reach a minimum level in the 12-year period, and stability is measured through the variance between NPV simulations.

This study was undertaken in three stages. The first one describes CLP technologies and crop management, and reports production and cost results for CLP intercrops and monocrops of cocoa, laurel and plantain. The second stage is related to a price analysis of each of these products, and the third stage is a stability and risk comparison between the CLP and monocrops technologies.

Results show that CLP technologies are associated with lower risk levels than the monocrops, but are less stable, using the parameters established in this study. The CLP land equivalent ratio (LER) indexes are between 1.45 and 1.53, pointing to a quite important advantage of total production relative to monocrops of cocoa, laurel and plantain. Risk is less for technologies with a larger cocoa component, while stability indexes are higher for technologies with a larger plantain component. The main reason is that our future price projections are substantially more optimistic for cocoa than for plantain, and because price fluctuations of plantain are smaller than those for cocoa. The laurel timber component contributes effectively to reducing financial risks to the farmer.

LISTA DE CUADROS

Capítulo 2 :

1 - Designaciones, proporciones y poblaciones para cada tratamiento.....	23
2 - Costos de insumos, mano de obra (MO) y total por tecnología y año (US\$/ha).....	23
3 - Programa de cosechas de laurel por año (m ³ comerciales/ha).....	27
4 - Programa de cosechas de laurel en 1 ha.....	27
5 - Indices de Equivalencia de la Tierra (IET) para las tecnologías CLP.....	28
6 - Valor Relativo Total (VRT) para las tecnologías CLP.....	28

Capítulo 3 :

1 - Modelaje de precios para cacao.....	44
2 - Modelaje de precios para plátano.....	44
3 - Modelaje de precios para laurel.....	44

Capítulo 4 :

1 - Promedios, varianzas y riesgos de simulaciones de VPN.....	64
--	----

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 :

1 - Croquis del ensayo.....	21
2 - Los arreglos temporales del ensayo CLP.....	22
3 - Evolución de la producción de cacao por tecnología (kg/ha/año).....	24
4 - Evolución de la producción de plátano por tecnología.....	24
5 - DAP (cm) por clases y edad.....	25
6 - Altura (m) por clases y edad.....	25
7 - Volumen promedio por clase (m ³ /árbol).....	26
8 - Volumen acumulado por clase (m ³ /ha).....	26
9 - Costos anuales asociados a los monocultivos de cacao, plátano y laurel.....	28

Capítulo 3 :

1 - Precios reales de cacao observados y esperados.....	45
2 - Distribución de frecuencias de precios de cacao, plátano y laurel.....	46
3 - Precios reales de plátano observados y esperados.....	47
4 - Precios reales de laurel observados y esperados.....	48

Capítulo 4 :

1 - Distribución de frecuencias y varianzas de VPNs.....	62
2 - Evolución de ingresos netos promedio.....	63
3 - Distribución de frecuencias acumuladas para $i = 4\%$	65
4 - Distribución de frecuencias acumuladas para $i = 6\%$	66
5 - Distribución de frecuencias acumuladas para $i = 8\%$	67

CAPITULO 1

ESTABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CACAO-LAUREL- PLATANO : INTRODUCCION

Estabilidad y riesgo han sido utilizados como criterios de evaluación de la eficiencia de tecnologías nuevas para el sector agropecuario (Mead *et al*, 1986, Lin *et al*, 1986, Marten, 1988). El parámetro normalmente usado para estabilidad, cuando se evalúa el potencial productivo de un genotipo (Eberhart y Russell, 1966, Lin *et al*, 1986) o mezcla de cultivos (Dubin y Wolfe, 1994, Ferreira y Kass, 1995), es la constancia de la producción o ingresos en el espacio/tiempo. Para evaluar riesgo el parámetro evaluado es la probabilidad de que no se alcance un mínimo preestablecido (Mead *et al*, 1986).

El cultivo múltiple o intercultivo diversifica las fuentes de ingreso al productor y permite rendimientos más estables durante el año y a largo plazo (Yussof *et al*, 1986; Young, 1989). La tecnología agroforestal cacao-laurel-plátano (CLP) ha sido investigada como alternativa a la inestabilidad de los precios del cacao (*Theobroma cacao*) y del plátano (*Musa* AAB) en la región de Changuinola, Panamá (Somarriba, 1994). Con esta combinación, se pretende que fluctuaciones en las cosechas o precios de uno de los cultivos puedan ser compensadas por las del otro, y así reducir la incertidumbre de los retornos esperados. La incorporación de laurel (*Cordia alliodora*) tiene como propósito aumentar los ingresos del productor a través de la venta de madera y actuar como factor reductor de riesgos (Platen, 1992).

En este estudio se evalúan seis tecnologías CLP, basadas en la asignación de diferentes proporciones de tierra entre cacao y plátano. Se han colectado datos de manejo, producción agrícola y crecimiento maderable durante 7 años (Somarriba *et al*, 1994). Un análisis comparativo de los beneficios económicos brindados por cada tecnología en el período 1990-1995 ha sido publicado recientemente (Calvo y Platen, 1996). El ensayo fue establecido en agosto 1990 en la finca de un productor local de la comunidad de Charagre, Changuinola.

Los beneficios financieros de una tecnología han sido tradicionalmente cuantificados a través del cálculo de los valores actuales netos de las inversiones; los efectos de la incertidumbre en los supuestos del análisis financiero usualmente se

evalúan a través de análisis de sensibilidad (Current et al, 1995, Calvo y Platen, 1996). En este tipo de análisis se explora el comportamiento de los ingresos cuando varían los índices de producción, precios o costos, sin evaluar la probabilidad de ocurrencia de los cambios en estos parámetros (Kirby et al, 1993). Una alternativa para incorporar más efectivamente el riesgo en los análisis de inversiones es el uso de técnicas de simulación (Cassidy et al, 1970, Kirby et al, 1993). El objetivo de este estudio es evaluar la estabilidad y el riesgo de los ingresos de diferentes tecnologías CLP para el período 1998-2009. Los ingresos son calculados a partir de datos de productividad y manejo (costos) en el período 1990-1997 y de diferentes simulaciones de precios pagados al productor. El análisis se extiende a los monocultivos de cada uno de los componentes, para una posterior comparación intercultivos vs. monocultivos.

El estudio se describe en cinco capítulos. El primero es la introducción. El segundo describe las tecnologías CLP, el manejo aplicado, y los resultados de producción y costos de las seis tecnologías CLP y de monocultivos de cacao, plátano y laurel. El tercer capítulo trata de análisis de precios de cacao, plátano y laurel. El cuarto capítulo analiza la estabilidad y el riesgo de las tecnologías a través de la simulación de ingresos netos al productor, usando datos de producción y costos del período 1990-2002 y curvas de precio proyectadas para el período 1998-2009. Finalmente, un quinto capítulo de conclusiones del estudio

BIBLIOGRAFIA

- CALVO D., G., PLATEN, H. von, 1996. Cacao-Laurel-Plátano: costos y beneficios económicos. Serie Técnica. Informe técnico CATIE n° 264. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Serie Generación y Transferencia de Tecnología. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 55 p.
- CASSIDY, P.A., RODGERS, J.L. y McCARTHY, W.O., 1970. A simulation approach to risk assessment in investment analysis. *Review of Marketing and Agricultural Economics*, 38;3-24.
- CURRENT, D., LUTZ, E. y SCHERR, S., (eds.), 1995. Costs, benefits, and farmer adoption of agroforestry: project experience in Central America and the Caribbean. Proyecto CATIE-IFPRI-BANCO MUNDIAL-PNUD. World Bank Environment Paper n° 14. 212 p.
- DUBIN, H.J., y WOLFE, M.S., 1994. Comparative behaviour of three wheat cultivars and their mixture in India, Nepal and Pakistan. *Field Crops Research*, 39. p 71-93.
- EBERHART S. A. y RUSSELL, W.A., 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36-41.
- FERREIRA, P. y KASS, D., 1995. Measuring stability and degradability of agroforestry systems. Simposio Internacional de Estadística en Agricultura y Medio Ambiente, Palmira, Colombia, 7-9 de Junio de 1995. Memórias: conferencia satélite. Cali (Colombia). CIAT, p. 39-52.
- KIRBY, M.C., SINDEN, J.A., y KAINÉ, G.W., 1993. Appraisal of agroforestry investment under uncertainty: a South Australian case study. *Aust. For.* 56(2), 109-119.
- LIN, C.S., BINNS, M.R., y LEFKOVITCH, L.P., 1986. Stability analysis: where do we stand? *Crop Science* 26, 894-900.
- MARTEN, G.G., 1988. Productivity, estabiltiy, sustainability, equitability and autonomy as properties for agroecosystems assessment. *Agricultural Systems* 26:291-306.
- MEAD, R., RILEY, J., DEAR, K., y SINGH, S.P., 1986. Stability comparison of intercropping and monocropping systems. *Biometrics* 42, 253-266.
- PLATEN, H. von, 1992. Economic evaluation of agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poró (*Erithryna poeppigiana*) in Costa Rica. In: Sullivan, G.M. and Huke, S.M. (eds.). Financial and economic analyses of agroforestry systems. Proceedings of workshop of the Nitrogen Fixing Trees Association, Honolulu, Hawaii, USA, July 1991. p 174-188.
- SOMARRIBA, E., 1994. Sistemas cacao-plátano-laurel. El concepto. Serie Técnica. Informe técnico CATIE n° 226. Turrialba, Costa Rica, 34 p.
- SOMARRIBA, E., DOMINGUEZ, L., y LUCAS, C., 1994. Cacao-plátano-laurel. Manejo, producción agrícola y crecimiento maderable. Serie Técnica. Informe técnico CATIE n° 233. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 34 p.
- YOUNG, A., 1989. Agroforestry for soil conservation. Science and practice of agroforestry n°4, CAB International/ICRAF. Wellingford, UK, 213 p.
- YUSOFF, N.C., LEONG, C.W. y LAMIN, J., 1986. Intercropping cocoa and oil palm- eleven years of trial results. In: Cocoa and Coconuts: progress and outlooks. Pushparaja h E. y Chew Poh Soon, (eds). Kuala Lumpur, Malaysia, p. 205-220.

CAPITULO 2

SISTEMAS AGROFORESTALES CACAO-LAUREL-PLATANO: DESCRIPCION DE LAS TECNOLOGIAS, PRODUCCION Y COSTOS

1. INTRODUCCION

Cacao y plátano son cultivos tradicionales para la Provincia de Bocas del Toro - Panamá. La historia de la colonización y producción agrícola de esta región está marcada por una serie de inestabilidades naturales y económicas en los ciclos productivos de los principales cultivos: banano y cacao (Somarriba, 1993). Sistemas de asocio pueden actuar como amortiguadores para contrarrestar tales efectos.

Aproximadamente el 70% de la producción de cacao en el mundo se realiza en fincas pequeñas, en asociación con árboles de sombra o con cultivos anuales o perennes, o con ambos, es decir, en sistemas agroforestales (Corven, 1993). En Centroamérica, el productor cacaotero típico es de recursos muy limitados y cultiva entre 1-5 ha de cacao, normalmente asociado a árboles de servicio como *Erythrina*, *Gliricidia* o *Inga* (Corven, 1993); pejibaye (*Bactris gasipaes*), anonáceas o sapotáceas (Morera, 1993; Paredes, 1993); tubérculos (Montero, 1993); o cultivos anuales o bienales como sombra temporal, tales como yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*), o plátano (Dubón y Sanchez, 1993). La producción de plátano también se da en asocio con otros cultivos (Lescot, 1993). El plátano es el cultivo más popularmente asociado a cacao en Nigeria (Olakodun, 1990), en Centroamérica (Chacón, 1993), y Costa de Marfil (Lachenaud, 1987), como sombra inicial en el establecimiento del cacao y como forma rápida de recuperar el capital invertido.

Bajas productividades de sistemas con cacao (Corven, 1993; Olakodun, 1990; Azwar *et al*, 1993) y plátano (Lachenaud, 1987) han sido reportadas para la gran mayoría de regiones productoras. Entre las causas principales se encuentran: poblaciones de cacao debajo de las recomendadas (Corven, 1993), competencia por agua (Lachenaud, 1987) y luz (Yussof *et al*, 1986), patrones desuniformes de distribución de sombra en el espacio/tiempo, manejo de rebrotes y volcamiento (Lachenaud, 1987, Somarriba *et al*,

1994), y ausencia de arreglos agronómicos apropiados en la distribución de los componentes (Olakodun, 1990; Azwar *et al*, 1993). Otras causas importantes de la baja productividad son los precios bajos, que desestimulan el manejo de enfermedades, control de malezas y fertilización (Lachenaud, 1987) y el uso de variedades poco productivas o adaptadas (Olakodun, 1990). Se recomienda la investigación de mejores diseños (arreglos, densidades, especies) de socios de cacao y de plátano, como parte del esfuerzo para disminuir los riesgos del pequeño productor (Yusoff *et al*, 1986).

En 1990 se estableció el ensayo cacao-plátano-laurel (CLP) con el objetivo de determinar las proporciones poblacionales de cacao y plátano que resultan en ingresos más estables y menos riesgosos para el productor. El laurel se adicionó como un tercer cultivo, a una población fija, y como una cuenta de ahorros para el productor, pues el árbol se beneficia del manejo que se le da a los cultivos y tiene bajos costos de manejo. El objetivo de este trabajo es presentar el diseño, manejo, producción y costos de las tecnologías CLP y de los correspondientes monocultivos para los primeros doce años del ensayo (1990-2002). Se cuenta con datos reales para los primeros siete años del ensayo (1990-1997); la producción y los costos en los años 8-12 son estimados con base en las curvas de incrementos observadas al año 7.

2. METODOS

2.1 Descripción del ensayo

El experimento fue establecido en 1990 en una sección de 2 ha de la finca del Sr. Antonio Lozada, Charagre, Changuinola, Panamá. La precipitación promedio anual es de 2587 mm, el mes más lluvioso es julio (319 mm) y el menos lluvioso es febrero (126 mm). La zona de vida es clasificada como Bosque Húmedo Tropical, según el sistema de Holdridge (1987). Los suelos son del tipo Fluvaquentic Eutropept, con alta saturación de bases y con drenaje natural imperfecto a moderado (Somarriba *et al*, 1994).

El diseño experimental es de 1 bloque (sin repeticiones) con parcelas dispuestas al azar. Cada parcela mide $50 \times 50 = 2500 \text{ m}^2$ y corresponde a una tecnología (tratamiento). Se seleccionaron seis tratamientos, basados en la asignación de diferentes proporciones de tierra a cacao y a plátano, y todos con un componente maderable, que es el laurel (L)

(*Cordia alliodora*) a amplios espaciamientos (12 x 12 m) y a una densidad fija de 69 árboles/ha. Los primeros cinco tratamientos tienen poblaciones de 1180 árboles/ha y el control de 2291 árboles/ha (Cuadro 1).

2.2) Descripción de las tecnologías

El nivel poblacional principal del asocio cacao-plátano es de 1111 plantas/ha (la densidad de los monocultivos tecnificados de cacao o plátano en la región), y fue seleccionado bajo el criterio de maximización de la producción total. El arreglo espacial es en hileras espaciadas a 3 x 3 m y de carácter sustitutivo (Figura 1). El nivel poblacional alternativo corresponde a una plantación convencional de cacao en la cual el asocio temporal con plátano se convierte en un asocio permanente, aditivo, sin ajuste en las densidades de los componentes. Esto resulta en 2222 plantas/ha, intercalando plátano y cacao a 3 x 3 m.

La densidad poblacional utilizada para laurel (12 x 12 m = 69 árboles/ha) fue determinada en función de las exigencias de luz para el plátano y de sombra para el cacao, y de las características de la copa de laurel (fenología y arquitectura). Se consideró, además, la necesidad de una población de laurel suficientemente grande para provocar algún impacto económico en los ingresos de la finca. Más información sobre el área de estudios, diseño del experimento o descripción de las tecnologías puede ser encontrada en publicaciones anteriores (Somarriba, 1994, Somarriba *et al*, 1994).

2.3) Protocolos de manejo del ensayo

Todas las parcelas fueron sembradas con maíz y yuca en los dos primeros años del ensayo. El objetivo fue rescatar parcialmente gastos con la inversión inicial en el corto plazo, y satisfacer los requerimientos de sombra inicial para el cacao. El plátano y el laurel brindan la sombra para el cacao a partir del año 3 (Figura 2).

2.3.1) *Manejo del cacao*

Los períodos de pico de producción de cacao para la región de Changuinola varían de Febrero a Abril y de Septiembre a Noviembre. Cosechas, eliminación de chupones y remoción de frutos enfermos se realizan simultáneamente a cada 15 - 20 días. La dosis de fertilizante anual es de 100-50-80 (N, P₂O₅, K₂O). Esta dosis es dividida en tres aplicaciones : dos en los momentos de pico de floración y una antes de la poda de mantenimiento principal, en Abril-Mayo, que es el inicio del período lluvioso. Las podas de mantenimiento se realizan normalmente dos veces al año, después de los picos de producción.

El material genético inicialmente utilizado en el ensayo fue de híbridos reproducidos sexualmente, luego estos fueron injertados con material clonal al inicio del tercer año.

2.3.2) *Manejo del plátano*

La cosecha del plátano se realiza a cada 15-20 días. La rodaja (eliminación de malezas en un círculo de 1.5 m de diámetro alrededor de la copa) es realizada antes de la deshoja y fertilización. La deshoja asegura el control sobre la población a través de la selección del número y alineamiento de hijos más adecuado a cada tecnología. La fertilización de 90-25-135 (N, P₂O₅, K₂O) se divide en cuatro aplicaciones trimestrales (Somarriba *et al*, 1994).

La elevada incidencia de nemátodos y picudo (*Cosmopolites sordidus*) causan el volcamiento del plátano. El control se hace con la aplicación de nematicidas e insecticidas dos veces al año (todo el ensayo), inmediatamente antes de la fertilización. El apuntalamiento también es una forma de controlar volcamiento y se realiza junto a la cosecha. Operaciones de deshoja para el control de Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) también acompañan la cosecha, y el número de hojas/área foliar eliminados depende de la época del año.

2.4) Producción agrícola

La producción de cacao se mide en peso de granos secos por parcela. La producción del plátano se mide en número y calidad (número de dedos) de racimos por parcela. Se cuenta con siete años de datos y para completar el período de análisis de 12 años, se proyectan los rendimientos de los cultivos para los siguientes 5 años, usando los promedios de producción de los últimos 3 años para plátano (las cosechas ya se estabilizaron). En el caso de cacao, la producción no está todavía estabilizada, y la proyección futura se hizo utilizando la razón entre los incrementos anuales para los 3 últimos años consecutivos.

Existe un cierto gradiente de fertilidad del suelo en las parcelas del ensayo CLP que podría dificultar el análisis comparativo entre los tratamientos. Para obviar esto, se calculó la producción anual promedio de cacao y plátano y luego se ajustó por la población de cada tratamiento. Se hicieron pruebas de correlación entre la producción ajustada y la producción observada para evaluar el impacto de este tipo de ajuste en los efectos de los tratamientos. Estas pruebas resultaron en índices de correlación de Pearson de 0.934 para cacao y 0.764 para plátano. Otras formas de ajuste fueron probadas, pero resultaron en bajos índices de correlación, así que se optó por el ajuste por la primera opción. Datos de producción del tratamiento CP no fueron ajustados, pues la producción por planta en esta parcela no puede ser comparada con la de otras parcelas debido a la densidad poblacional mayor.

2.5) Costos

Registros cronológicos de todos los eventos de manejo realizados en el ensayo fueron utilizados para la determinación de los costos. El análisis financiero preliminar del ensayo (Calvo y Platten, 1996) contiene los datos para los cinco primeros ciclos de producción. Los dos últimos años fueron analizados en este estudio. Los costos fueron separados por períodos de establecimiento (dos primeros años) y mantenimiento (años subsecuentes), y se dividen también en costos de mano de obra y costos de insumos. El costo de la mano de obra utilizado es de U\$ 6.96 / jornal, que es el valor pagado en la región. Los precios asignados a los insumos fueron los vigentes en el mercado local. La proyección de costos para años futuros se hizo tomando el promedio de los últimos

3 años.

Costos de mano de obra e insumos por tratamiento fueron transformados a costos por planta de cacao y de plátano y en seguida multiplicados por las poblaciones de los dos cultivos en cada tratamiento. Este ajuste se debe a que costos deben estar individualizados por cultivo para poder entrar en la fórmula que calcula ingresos netos, y a que operaciones de manejo dejaron de ser registradas separadamente por tratamiento a partir de 1995.

2.6) Crecimiento maderable

Se realizaron mediciones anuales de DAP (diámetro a la altura del pecho) y altura total de los árboles de laurel en los años 1-7 y se los distribuyeron en cinco clases de diámetro y cinco clases de altura para cada año. Se estimó el crecimiento hasta el año 12, con base en la razón entre IMAs (incrementos medios anuales) por clase de DAP y altura para los cinco últimos años consecutivos. Se construyeron curvas de volumen comercial por clase hasta el año 12, a través de la siguiente fórmula (Somarriba y Beer, 1986):

Volumen comercial (m^3) = $(0.7854 * \varnothing^2 h) * 0.425 * 0.63$, donde:

\varnothing es el diámetro promedio por clase; h es la altura promedio por clase;

0.425 es el factor de forma para laurel; 0.63 es el descuento para volumen comercial.

El volumen comercial promedio por clase fue multiplicado por el promedio entre frecuencias de DAP y altura (ambas distribuciones son normales) para obtener las curvas de volumen acumulado por clase.

Se considera que a partir de un DAP mínimo de 40 cm, la madera puede ser comercializada de forma lucrativa. El escenario propuesto es que al productor le interesa distribuir sus ingresos de forma más uniforme posible en el tiempo, así que se determinó que cada árbol es comercializado cuando alcanza 40 cm de DAP.

2.7) Monocultivos de cacao, plátano y laurel

Datos de producción y costos se obtuvieron de estudios efectuados en el Valle de Sixaola-Costa Rica para los tres monocultivos: cacao (Calvo y Somarriba, 1997); plátano (Somarriba, 1993); y laurel (Platen, 1996). Se consideró que estos datos representan el promedio de los sistemas de producción de la región. La comparación entre las

producciones relativas de tecnologías CLP y monocultivos se hizo a través del Índice de Equivalencia de la Tierra (IET) (Somarriba *et al*, 1994), y la comparación entre los ingresos netos de los dos tipos de sistema se hizo a través del Valor Relativo Total (VRT). Los precios utilizados para los cálculos de ingresos netos fueron los promedios pagados al productor de la región de Bocas del Toro-Panamá y Talamanca-Costa Rica en Abril/1997: US\$ 0.55/libra de cacao (Cooperativa de Cacao Bocatoreña, 1997); US\$ 1.65/racimo de plátano (Consejo Nacional de Producción, 1997), y 55.6 US\$/m³ de laurel (Cámara Costarricense Forestal, 1997).

3. RESULTADOS

3.1) Producción agrícola

Se cosecharon 1727 kg/ha de maíz en el año 1 y 30580 kg/ha de yuca en el año 2. La producción de estos cultivos fue la misma para todas las tecnologías. Producciones de cacao y plátano se distribuyeron según las proporciones de estos cultivos en cada tecnología. Esto equivale, para cacao, a un rango promedio en los años 1-12 entre 291 kg/ha/año para la tecnología 3P y 866 kg/ha/año para la tecnología 3C (Figura 3). Note que la producción de cacao es bastante baja en los años 3-5. Esto se debe al programa de injertación, que retrasa el desarrollo de la planta. Sin embargo, a partir del año 5 ocurre un considerable aumento en la producción, que se estabiliza al año 9.

La producción promedio de plátano en los años 1-12 varió entre 387 racimos/ha/año para la tecnología 3C y 1158 racimos/ha/año para la tecnología 3P (Figura 4). Note que el plátano disminuye de producción en los años 3-7, a la razón de que se redujo el número de sitios con dos cepas. Se tomó esta medida debido al aumento de la competencia por nutrientes y luz con cacao y laurel.

La producción cacao y plátano en la tecnología CP es intermediaria a las otras tecnologías. Al año 7, sin embargo, la tecnología CP fue la única en donde hubo aumento en la producción de plátano, lo que se cree deberse al raleo del cacao que se hizo en los años 6 y 7 en esta parcela.

3.2) Costos

Los costos de cacao y plátano varían entre tratamientos, mientras que los de

laurel, maíz y yuca no. Maíz se cultiva en el primer año, los costos de yuca se distribuyen en los dos primeros años, y los de laurel terminan al año 3.

Costos de mano de obra (M.O) son mayores en tecnologías con mayor proporción de cacao, mientras costos de insumos son mayores en tecnologías con mayor proporción de plátano (Cuadro 2). Los cuatro primeros años del ensayo tuvieron mayor variación en los costos totales que los años subsecuentes. El primer año es el más caro, lo que se puede esperar debido al establecimiento de la plantación; en el segundo año los costos bajan, para subir nuevamente al año 3 y 4, por el inicio de las cosechas de cacao y plátano y por el programa de injertación del cacao. Costos de cacao se estabilizan al año 5; mientras se gasta más en las cosechas conforme avanza el tiempo se gasta menos con control de malezas. Costos de plátano son mayores en los años subsecuentes al establecimiento de la plantación (años 3 y 4) y en los años con mayor número de resiembras.

Costos promedio por planta de plátano son de US\$ 1.01, mientras costos promedio por planta de cacao son de US\$ 0.73, para los 12 años analizados. Esta diferencia se evidencia a partir del año 5, cuando el uso de insumos en cacao disminuye, principalmente por un menor gasto en herbicidas, mientras que para plátano aumentan, por un mayor gasto en nematocidas.

El tratamiento que resultó más caro en el período analizado fue el CP, por las altas densidades poblacionales de cacao y plátano. En seguida vienen 3P, 2P, 1C, 2C y 3C, o sea, tratamientos con mayor proporción de plantas de plátano son los más caros, y los con mayor proporción de plantas de cacao son los más baratos.

3.3) Crecimiento y producción de laurel

El DAP promedio a la edad de 7 años es de 35 cm y el estimado para la edad de 12 años es de 44 cm. El incremento medio anual (IMA) para el DAP es de 5 cm/año en los años 1-7 y de 1.8 cm/año en los años 8-12; el promedio en todo el período es de 3.6 cm/año. Incrementos en diámetro siguen creciendo a una tasa casi lineal después del año 8, y parecen mantenerse después del año 12 (Figura 5).

La altura promedio a la edad de 7 años es de 27 m, y la estimada para la edad de 12 años es de 32 m. El IMA para la altura es de 3.9 m/año en los años 1-7 y de 1 m/año en los años 8-12, con un promedio de 2.7 m/año. Las curvas de incrementos por clase

de altura exhiben una tasa de decrecimiento relativamente constante. Se estima que la altura de los laureles estará, al año 12, cerca de estabilizarse (Figura 6).

El volumen por árbol varía de 0.2-1.3 m³ entre las clases I-V, al año 7, y se estima que va variar de 0.4-2.3 m³ al año 12 (Figura 7). El volumen acumulado por clase varía de 1.2 m³/ha para la clase I a 24.9 m³/ha para la clase III en el año 7, y de 2.3 m³/ha a 43.1 m³/ha para las mismas clases en el año 12 (Figura 8).

Se estima que el volumen comercial de laurel a cosechar al final de los 12 años es de 81.7 m³/ha (Cuadro 3). La cosecha se distribuye en 6 años, con mayor concentración en volumen cosechado a los años 10 y 11.

La cosecha de laurel puede empezar al año 7, pues existen 2 árboles ubicados en la clase diamétrica V con un DAP promedio de 43 cm (Cuadro 4). En el año 8 hay 17 árboles en la clase IV con 41 cm de DAP. Si se cortan todos no habrá cosecha al año 9, pues la clase III no habrá alcanzado los 40 cm mínimos para el corte. Se programa entonces cosechar 50% de árboles de la clase IV al año 8 y 50% al año 9. Lo mismo sucede para los árboles ubicados en la clase III en los años 10 y 11. La cosecha termina al año 12, con el corte de los laureles ubicados en las clases I y II (aunque estos no han todavía llegado a los 40 cm de DAP).

3.4) Costos y producción de monocultivos, Índices de Equivalencia de la Tierra (IET)

Los costos de los monocultivos de cacao y de plátano son inferiores a los de las tecnologías CLP, mientras los costos de la plantación pura de laurel son superiores a los del laurel en el asocio CLP (Figura 9). La producción de cacao promedio en 12 años es de 901 kg/ha, la de plátano es de 1210 racimos/ha y la de laurel es de 106 m³/ha cosechados al año 12.

Los Índices de Equivalencia de la Tierra (IET) para las tecnologías CLP son todos mayores que dos, lo que es bastante elevado (Cuadro 5). Esto significa que existe una gran ventaja comparativa de estas tecnologías con relación a monocultivos, en lo que refiere a la producción agrícola y forestal. Hay que considerar, sin embargo, que el material genético utilizado en el monocultivo de cacao (híbridos sexualmente reproducidos) es de potencial productivo inferior al utilizado en el ensayo CLP (injertos clonales). El IET más elevado es el de la tecnología CP, y el más bajo es el de las

tecnologías 2P y 3P. Laurel es el componente que aporta mayor fracción del IET, mientras las fracciones aportadas por plátano y cacao son equivalentes.

La producción de laurel bajo monocultivo que se tomó como referencia (106 m³/ha, al año 12), puede ser considerada baja. Se encuentra en literatura valores de 200-230 m³/ha a los 15 años (Sánchez y Dubón, 1993), lo que corresponde a aproximadamente 180 m³/ha al año 12. Igualmente se puede conseguir producciones de hasta 1200 kg/ha de cacao (Saenz y Soleibe, 1987), y de 1440 racimos/ha de plátano (Somarriba *et al*, 1994), ambas en plantaciones bien manejadas y en zonas ecológicamente óptimas para estos cultivos. El IET de las tecnologías CLP recalculado para estas cifras resulta en valores de 1.53, 1.50, 1.49, 1.48, 1.46 y 1.45 para CP, 3P, 2P, 1C, 2C y 3C, respectivamente, indicando que las tecnologías CLP mantienen la ventaja frente a los monocultivos.

3.5) Valor Relativo Total (VRT)

Los índices obtenidos para el Valor Relativo Total (VRT) apuntan igualmente para una gran ventaja comparativa de las tecnologías CLP en relación a los monocultivos de cada uno de los componentes (Cuadro 6). Note que el índice obtenido para laurel es mayor que uno, pues además de producciones relativas más elevadas, el costo del laurel CLP es inferior al de la plantación pura. La fracción del VTR aportada por el plátano es, en este caso, superior a la del cacao, lo que indica que los costos relativos del plátano CLP son inferiores a los del cacao CLP, una vez que los IETs de ambos los cultivos son equivalentes. Tal como para el IET, se recalculó el VRT para producciones bajo monocultivo de 180 m³/ha de laurel a los 12 años, 1200 kg/ha/año de cacao y de 1440 racimos/ha/año de plátano. Los resultados fueron 1.33, 1.32, 1.29, 1.27, 1.25 y 1.14 para 3P, 2P, 1C, 2C, 3C y CP, respectivamente, así que se mantiene la ventaja de las tecnologías CLP. Note que CP es la tecnología con más alto IET, pero de más bajo VRT, lo que se debe a los costos más elevados asociados a mayores poblaciones de cacao y plátano en esta tecnología.

4. DISCUSION

El motivo principal del asocio en sistemas cacao-musáceas es diversificar y aumentar los ingresos y la base alimentaria del pequeño productor, mientras se cumplen los requerimientos de sombra del cacaotal (Corven, 1993; Olakodun, 1990; Morera, 1993). Otras causas asociadas a esta son: incertidumbre con relación a precios de cacao y plátano pagados al productor (Corven, 1993; Montero, 1993), los altos costos de control de malezas asociados al cacao a pleno sol (Lachenaud, 1987) y el elevado crecimiento poblacional rural, lo que disminuye el tamaño de fincas/familia (Olakodun, 1990).

Las tasas de crecimiento que se observan para laurel en el ensayo CLP están entre las más altas del mundo registradas para la especie. Se han reportado IMAs para el DAP entre 1.7 cm en potreros en Costa Rica (Somarriba y Beer, 1986) y 5.22 cm en asociaciones con plátano en suelos aluviales del Valle del Bojayá, Colombia (Vega González y Bodegon, 1987), para los 5 primeros años. Con relación a IMAs para la altura, se han reportado de 0.9 m en socios con yuca y 1.36 m en socios con banano (Conif, 1985) a 3.76 m (Vega González y Bodegon, 1987), ambos a los 5 años de edad, mientras el laurel en tecnologías CLP presentó 4.2 m para el IMA en altura y 5.8 cm para el IMA en DAP, también a los 5 años. El laurel es nativo de la zona, y las condiciones edafoclimáticas del ensayo son óptimas para el desarrollo de la especie. Además, laurel se beneficia del control de malezas y fertilización dedicadas a los cultivos asociados, y los amplios espaciamientos (12 x 12 m) permiten la plena manifestación del potencial productivo del árbol. Laurel tiene autopoda y produce una copa pequeña, evitando de esta forma el excesivo sombreado del plátano.

Espaciamientos menores entre plantas de laurel han resultado menos atractivos económicamente (Montero y Mellink, 1987). Estos compararon intercultivos de plátano con maíz, yuca y laurel, y monocultivos de plátano y laurel bajo diferentes espaciamientos en la Amazonía colombiana. Los mejores resultados financieros fueron obtenidos para el asocio maíz, yuca, plátano y laurel, con los dos últimos componentes espaciados a 6 x 3 y 12 x 6 m, respectivamente. Los autores sugieren que a) los cultivos anuales (maíz y yuca) en el principio del ciclo son importantes para bajar los costos de mano de obra y generar beneficios tempranos; b) espaciamientos más amplios de

laurel resultan en productividades totales superiores y deben ser mejor investigados.

. Este mismo estudio (Montero y Mellink, 1987), revela que la producción promedio de plátano en Colombia es de 875 racimos estándar/ha. En las parcelas de monocultivo de plátano espaciado a 3 x 3 m, se reportó una producción de 402 racimos/ha, mientras el asociado con maíz, yuca y laurel, con el plátano espaciado a 3 x 6 m, produjo 134 racimos/ha. Los bajos rendimientos se deben a problemas de drenaje y a bajos índices de materia orgánica en los suelos. Plantaciones bien manejadas de plátano y en zonas ecológicamente óptimas para el cultivo pueden, sin embargo, fácilmente llegar a los 1440 racimos/ha (Somarriba *et al*, 1994). La producción de plátano en el ensayo CLP puede ser considerada superior a este nivel: varió, en promedio para los 12 años, entre 387 racimos/ha para la tecnología 3C a 1158 racimos/ha para 3P, lo que equivale a 1544 racimos/ha cuando ajustado a 1111 plantas/ha. Los rendimientos de plátano fueron mayores en las 3 primeras cosechas, lo que se debe probablemente a que no había todavía sombra del laurel y competencia por nutrientes con el cacao, y a un mayor número de sitios con dos cepas. La producción de plátano promedio en el período podría ser todavía mejor si no fuera por las altas tasas de volcamiento (Somarriba *et al*, 1994).

Cosechas de cacao asociado a diferentes niveles poblacionales de palma africana en Malasia variaron entre 596-958 kg/ha para poblaciones entre 667-1111 plantas/ha, respectivamente (Yusoff *et al*, 1986), en 11 años de ensayo ubicado en zona sub-óptima para el cacao. Rendimientos de cacao asociado a coco en Talamanca-Costa Rica fueron reportados en 800 kg/ha, con el cacao espaciado a 3 x 3 m (1111 plantas/ha) y el coco a 9 x 9 m (123 plantas/ha)(Paredes, 1993). El costo por planta de cacao en este sistema fue de US\$ 0.57. La producción promedio de cacao en el ensayo CLP, para los años 1-12 y ajustada a 1111 plantas/ha es de 1155 kg/ha, lo que puede ser considerado como muy bueno, y podría ser mejor, pues se estima que un 20% de la producción se pierde por los problemas con monilia (*Moniliophthora roreri*). El costo promedio de US\$ 0.73/planta en los 12 años es, sin embargo, más alto que el normalmente reportado en literatura..

Una tendencia clara que se observa en sistemas de cultivo de cacao, a nivel mundial, es que la diversificación es mayor donde los productores disponen de bajos recursos, o cuando están situados en zonas marginales para la producción. En sistemas intensivos situados en zonas óptimas, la diversificación es menor o llega a ser

nula, como en monocultivos altamente productivos (1200 kg/ha) en la Cordillera Central colombiana (Saenz y Soleibe, 1987), o en las grandes fincas sobre Alfisoles fértiles del Sur de Bahia en Brasil (Alvim, 1989).

Los resultados obtenidos en el ensayo CLP sugieren que esta tendencia se debe principalmente a factores socio-culturales y no a los rendimientos de los cultivos. Policultivos CLP presentan una nítida ventaja en los beneficios económicos frente a los monocultivos de cacao, plátano y laurel, cuando se comparan en términos del VRT. No obstante, el ensayo ha sido manejado intensivamente desde el principio, y está situado en zona ecológica prácticamente óptima para cacao (sería óptima no fuera por los problemas con monilia), lo que, de acuerdo con la tendencia mencionada arriba, es más típico de un monocultivo

El Índice de Equivalencia de la Tierra (IET) es considerado probablemente como el más útil parámetro comparativo entre intercultivos y monocultivos, especialmente se convertido en valores económicos (Burley, 1984). En Ibadan, Nigeria, se compararon las cosechas del intercultivo de cacao/cola (*Cola nitida*) con las de los monocultivos de cada uno de los componentes (Oladokun y Egbe, 1990), y se obtuvo un IET de 1.75 como promedio de 10 años de datos experimentales. En una zona árida de India, se utilizó el IET como parámetro comparativo entre las diferentes opciones de manejo para el intercultivo *Leucaena leucocephala* y *Sorghum sp* (Hocking y Rao, 1990), y se obtuvo el valor de 1.35 para la mejor opción. El índice de Valor Relativo Total (VRT) expande la comparación de intercultivos vs. monocultivos de producciones relativas a ingresos netos obtenidos por unidad de área. De esta forma, inversionistas pueden tener una visión más amplia de los beneficios relativos entre sistemas diversificados y no-diversificados. Índices favorables de VRT no permiten, sin embargo, concluir que el riesgo asociado a intercultivos es menor que en monocultivos, pues precios de los productos pueden estar correlacionados.

El manejo intensivo de tecnologías CLP lleva a costos por planta superiores a los de monocultivos de cacao y plátano utilizados en este estudio. El material genético del cacao usado en el monocultivo es inferior al del ensayo CLP. Esta diferencia y los costos más elevados contrarrestan, en parte, las ventajas económicas brindadas por producciones relativas más altas (IETs) de las tecnologías CLP frente a los monocultivos. Sin

embargo, los índices favorables de VRT obtenidos incluso cuando se compara con monocultivos altamente productivos, corroboran la ventaja económica de las tecnologías CLP en relación a los monocultivos.

5. CONCLUSIONES

Producciones de cacao y plátano en tecnologías CLP varían directamente en función de las proporciones de cada cultivo en cada tecnología. El nivel de producción promedio de cacao para los 12 años analizados es de 1155 kg/ha/año cuando ajustado a 1111 plantas/ha, lo que es superior a los generalmente reportados para cacao en asocio a otros cultivos, y comparable a los reportados para monocultivos altamente tecnificados en zonas ecológicamente óptimas para el cacao. Rendimientos promedio de plátano para los años 1-12 son de 1544 racimos estándar/ha cuando se ajusta a 1111 plantas/ha, lo que también es superior a los generalmente encontrados en literatura.

La producción de cacao en el ensayo CLP fue retrasada por el programa de injertación y no se ha estabilizado al año 7, pero los rendimientos superiores del material clonal cuando comparados a los de los híbridos encontrados en la región justifican esta medida. La producción de plátano fue mayor en los 3 primeros años de la plantación debido a una menor competencia con laurel y cacao, lo que permitió manejar un mayor número de sitios con 2 cepas, y se encuentra estabilizada al año 7, aunque pueden ocurrir cosechas menores en años donde el número de resiembras es mayor. Los rendimientos de cacao y de plátano podrían ser mayores no fuera por las altas incidencias de monilia en el cacao y de volcamientos en el plátano.

El crecimiento promedio de laurel del ensayo CLP presentado a la edad de siete años, que es de 27 m de altura y 35 cm de DAP, está entre los más altos reportados para la especie. El volumen de madera comercial de laurel en el ensayo CLP al final del año 12 (82 m³/ha) es casi equivalente al de una plantación pura de laurel de la región, a espaciamientos de 3 x 3 m. Esto se le atribuye por estar en zona ecológicamente óptima para el árbol, al control de malezas y fertilización dedicados al cacao y al plátano y a los amplios espaciamientos utilizados.

Costos CLP son mayores para tecnologías con mayor proporción de plátano,

principalmente por el uso intensivo de insumos, mientras que los costos de mano de obra son ligeramente mayores para el cacao. Los costos de tecnologías CLP son mayores el primer año, bajan en el segundo y vuelven a subir en los años 3 y 4, cuando inician las cosechas de cacao y plátano.

Los Índices de Equivalencia de la Tierra (IETs) de las tecnologías CLP son todos superiores a 2, lo que indica alta superioridad de los asociados en comparación con monocultivos en cuanto a la producción agrícola y forestal. Los costos mayores por planta para cacao y plátano contrarrestan, sin embargo, parte de este beneficio, pero los índices favorables de Valor Relativo Total (VRT) obtenidos permiten concluir que la ventaja de tecnologías CLP relativa a monocultivos se extiende a nivel económico. Ambos los índices (IET y VRT) siguen siendo favorables cuando se consideran monocultivos de cacao, plátano y laurel superiores a los promedios de la región de estudio, lo que permite la recomendación de las tecnologías CLP bajo el supuesto de independencia en la fluctuación de los precios de los productos..

La tecnología CP (1111 plantas/ha de cacao y 1111 plantas/ha de plátano) tiene producciones de cacao y plátano un poco arriba del promedio de las otras tecnologías CLP, pero es la más cara entre todas las utilizadas en este estudio. Esto resulta en el más alto IET, pero a la vez en el más bajo VRT, lo que nos lleva a no recomendar esta tecnología una vez que arreglos sustitutos a 3 x 3 m proporcionan beneficios netos más favorables.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALVIM, P. de T., 1989. O cacauero (*Theobroma cacao*) en sistemas agrossilviculturais. *Agrotropica* 1(2): 89-103.
- AZWAR. R., SUMARMADJI B., HARIS U., y BASUKI. W., 1993. Intercropping smallholder rubber-based farming system. *Indonesian Agric. Res. Dev. J.*, 15(3), 45-51.
- BURLEY, J., 1984. Problems of design and analysis of agroforestry experiments. Commonwealth Forestry Institute, UK, 9 p.
- CALVO D., G. , PLATEN, H. von, 1996. Cacao-Laurel-Plátano: costos y beneficios económicos. Serie Técnica. Informe técnico CATIE n° 264. Turrialba, Costa Rica, 55 p.
- CALVO, G., y SOMARRIBA, E., 1997 (en prensa). El cultivo del cacao bajo sombra de leguminosas en Talamanca, Costa Rica: análisis económico. Serie Técnica. Informe técnico CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- CAMARA COSTARRICENSE FORESTAL, 1995-1997. Lista de precios de madera en pie para la región de Talamanca, y puesta en aserradero en San José. Buletín informativo mensual de la Cámara Costarricense Forestal, n° 19, p. 23.
- CONIF, 1985. *Apeiba aspera* Aubl. y *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) en el asocio inicial con *Manihot esculenta* y *Musa sp.* en Bajo Calima, Colombia. Conif informa n° 3, Bogotá-Colombia, nov. 1985, 12p.
- CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION (CNP), 1997. Listado de precios semanales de productos agrícolas pagados al productor en diferentes regiones de Costa Rica. 1993-1997. Datos no publicados.
- COOPERATIVA DE CACAO BOCATOREÑA, 1997. Memoria: XXII Asamblea General Ordinaria. Precios promedio de cacao, Mercado Internacional. Almirante, Bocas del Toro, Panamá. 16 p.
- CHACON, J.L.M., 1993. Prácticas culturales y recomendaciones en el cultivo de plátano. In: Phillips-Mora, W., (ed.): Seminario regional: "Sombras y cultivos asociados con cacao", 9-12 de Octubre de 1991, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico Catie n°206, 11-17.
- CORVEN, J., 1993. Asociación de cultivos con cacao: aspectos económicos. In : Phillips-Mora, W., (ed.); Seminario Regional "Sombras e cultivos asociados con cacao". Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico CATIE n° 206, p.11-17.
- DUBON, A., y SANCHEZ, J., 1993. Algunos cultivos anuales asociados con cacao en un nuevo sistema de producción. In: Phillips-Mora, W., (ed.); Seminario Regional "Sombras e cultivos asociados con cacao". Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico CATIE n° 206, p.69-79.
- HOCKING, D., RAO, D.G., 1990. Canopy management possibilities for arboreal *Leucaena* in mixed sorghum and livestock small farm production systems in semi-arid India. *Agroforestry Systems*, 10:2, 135-152.
- HOLDRIGE, L.R. 1987. Ecología: basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- LACHENAUD, P., 1987. L'association cacaoyer-bananier plantain; Etude de dispositifs. *Café Cacao Thé*, 31(3), 195-202.

- LESCOT, T., 1993. La culture du bananier plantain en Colombie et dans les pays andins. *Fruit* (Paris) 48:2, 107-114.
- MONTERO, C., y MELLINK, W., 1987. Productividad inicial de algunas asociaciones agroforestales en San Jose del Guaviare, Colombia. *Conif Informa* n° 7, junio 1987, 5-18.
- MONTERO, W.R., 1993. Intercultivo de aráceas (*Xanthosoma sp.* y *Colocasia esculenta*) y ñames (*Dioscorea sp.*) con cacao (*Theobroma cacao*). In: Phillips-Mora, W., (ed.); Seminario Regional "Sombras e cultivos asociados con cacao". Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico CATIE n° 206, p.53-59.
- MORERA, J.A., 1993. Sostenibilidad de cacao basada en la diversidad genética de los frutales. In: Phillips-Mora, W., (ed.); Seminario Regional "Sombras e cultivos asociados con cacao". Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico CATIE n° 206, p.91-98.
- OLAKODUN, M.A., 1990. The cropped-based agroforestry in Nigeria: a checklist of crops intercropped with cocoa. *Agroforestry Systems* 11: 227-241. :
- OLAKODUN, M.A., y EGBE, N.E., 1990. Yields of cocoa/kola intercrops in Nigeria. *Agroforestry Systems* 10: 2, 153-160.
- PAREDES, A., 1993. Asociación de cacao con palmáceas. In: Phillips-Mora, W., (ed.); Seminario Regional "Sombras e cultivos asociados con cacao". Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico CATIE n° 206, p.81-90.
- PLATEN, H. von, 1996. Alternativas de reforestación: taungya y sistemas agrosilviculturales permanentes vs. plantaciones puras: la economía. Serie Técnica. Informe técnico CATIE n° 250. Turrialba, Costa Rica, 34 p.
- SAENZ, B., y SOLEIBE, F., 1987. Sustitución de café por cacao en la zona marginal baja cafetalera de Colombia. 10ª Conferencia Internacional de Investigación del Cacao. Santo Domingo, Rep. Dominicana, p. 21-25.
- SOMARRIBA, E. y BEER, J., 1986. Dimensiones, volúmenes y crecimiento de *Cordia alliodora* en sistemas agroforestales. Serie Técnica. Informe técnico CATIE n° 16, 23p.
- SOMARRIBA, E., 1993. Allocation of farm area to crops in an unstable costa rican agricultural community. PhD Thesis, University of Michigan. EUA, Michigan, 165 p.
- SOMARRIBA, E., 1994. Sistemas cacao-plátano-laurel. El concepto. Serie Técnica. Informe técnico CATIE n° 226. Serie Generación y Transferencia de Tecnología. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 34 p.
- SOMARRIBA, E., DOMINGUEZ, L., y LUCAS, C., 1994. Cacao-plátano-laurel. Manejo, producción agrícola y crecimiento maderable. Serie Técnica. Informe técnico CATIE n° 233. Turrialba, Costa Rica, 34 p.
- VEGA GONZALEZ, L.E., y BODEGOM, A., 1987. Resultados preliminares del crecimiento de *Cordia alliodora* (laurel) en la zona del río Bojayá, Chocó-Colombia. *Conif Informa* 9, octubre 1987, 24p.
- YUSOFF, N.C., LEONG, C.W. y LAMIN, J., 1986. Intercropping cocoa and oil palm-eleven years of trial results. In: Cocoa and Coconuts: progress and outlooks. Pushparajah E. y Chew Poh Soon, (eds). The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 205-220.

Figura 1 - Croquis del ensayo

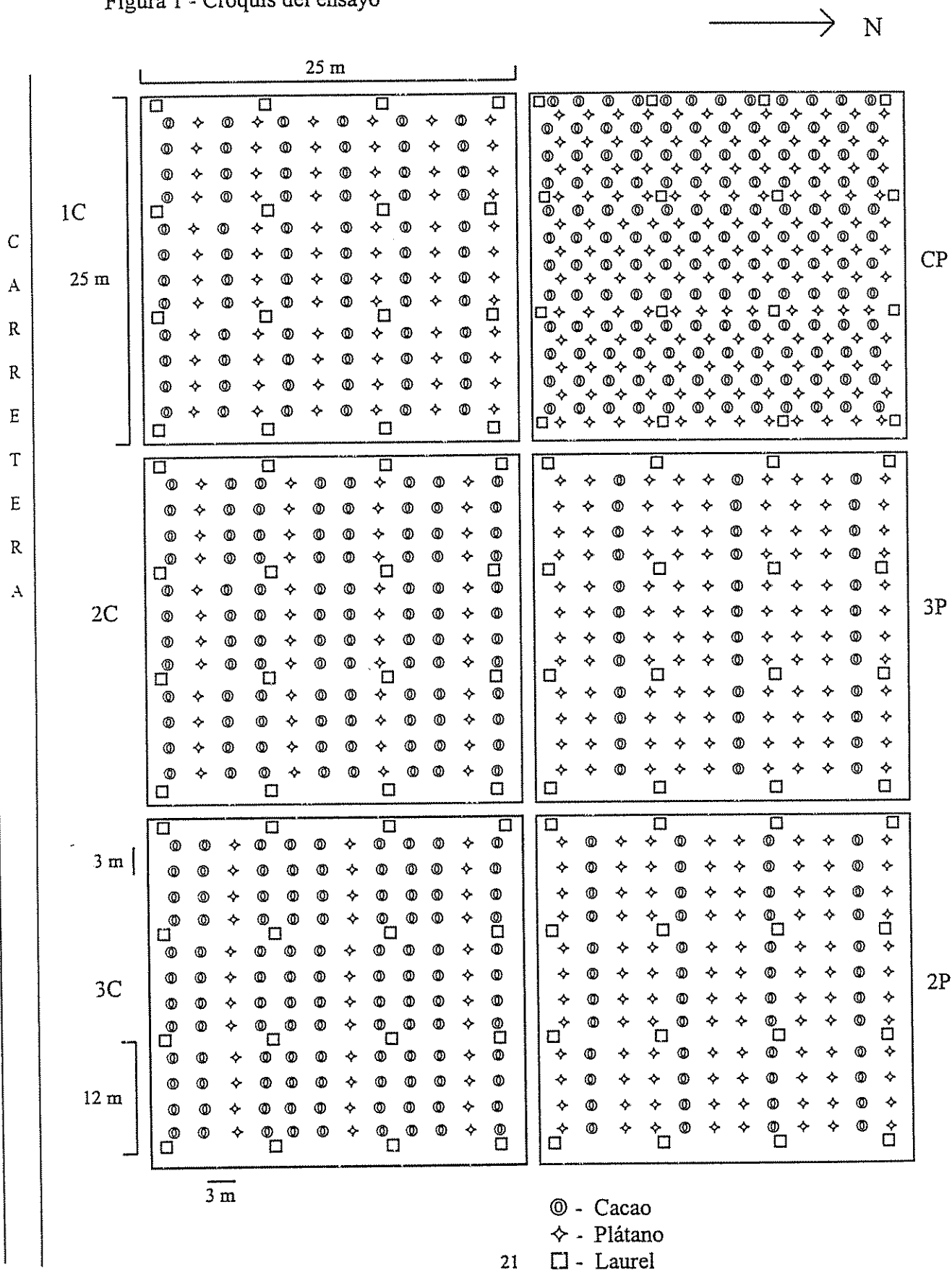
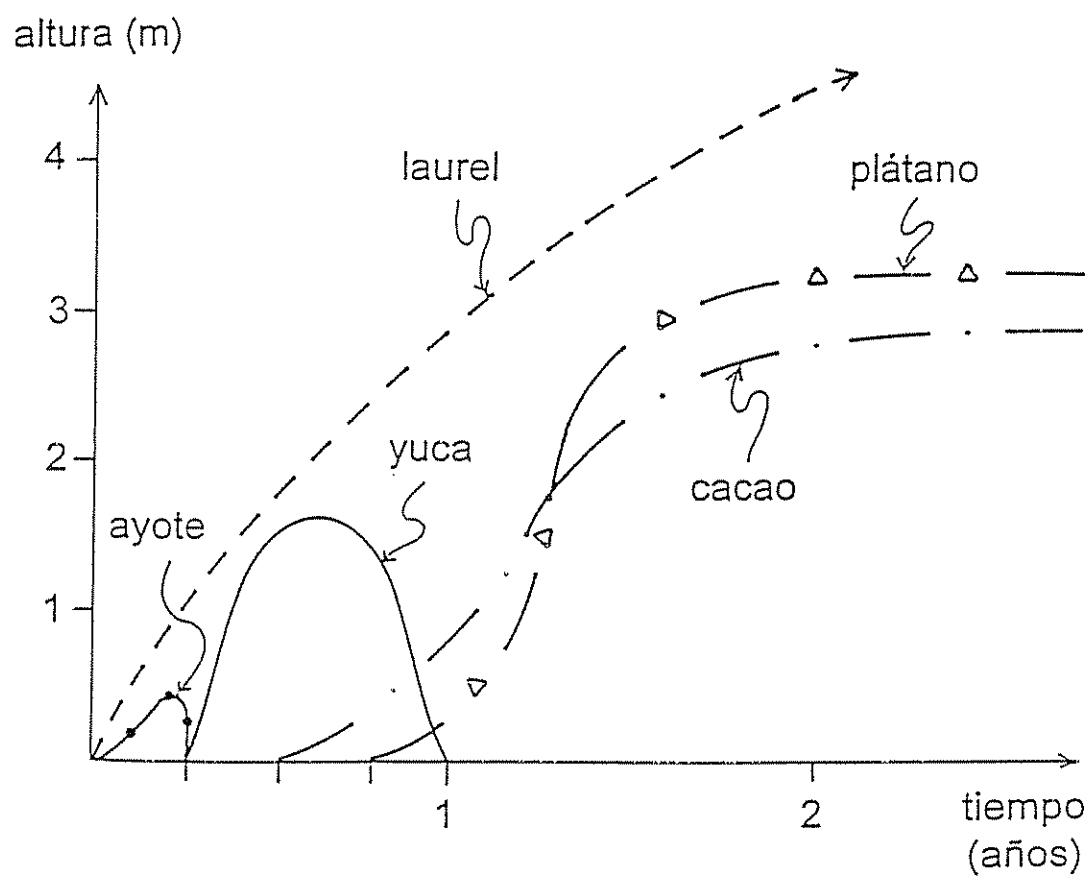


Figura 2 - Los arreglos temporales del ensayo CLP



Cuadro 1: Designaciones, proporciones y poblaciones para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	PROPORCION C:P	POBLACION (C:P:L / ha)
1C	1C : 1P	556 : 556 : 69
2C	2C : 1P	741 : 370 : 69
3C	3C : 1P	833 : 278 : 69
2P	1C : 2P	370 : 741 : 69
3P	1C : 3P	278 : 833 : 69
CP	1C : 1P	1111 : 1111 : 69 ¹

¹ : Raleado a 910 : 1111 : 69 en el quinto año del ensayo

Cuadro 2 - Costos de insumos, mano de obra (M.O) y total por tecnología y año (US\$/ha)

		Años								
		1	2	3	4	5	6	7	8 al 12	Promedio
Tecnología	Concepto									
1C	Insumos	643	260	474	534	390	473	439	434	448
	M.O.	1335	550	549	734	479	517	495	534	611
	Total	1978	810	1023	1269	869	990	934	967	1059
2C	Insumos	726	217	427	580	419	359	329	337	395
	M.O.	1342	537	688	738	481	566	544	577	648
	Total	2069	755	1115	1317	899	925	873	914	1044
3C	Insumos	757	184	423	542	417	303	275	289	362
	M.O.	1348	533	770	826	468	592	569	600	675
	Total	2105	717	1193	1368	885	894	844	889	1038
2P	Insumos	643	328	503	615	518	585	548	529	532
	M.O.	1309	564	587	658	460	466	444	488	577
	Total	1952	891	1091	1272	978	1051	992	1018	1109
3P	Insumos	528	336	533	785	465	641	603	578	565
	M.O.	1303	568	573	616	438	442	419	467	558
	Total	1831	903	1106	1400	902	1083	1022	1044	1122
CP	Insumos	872	428	761	776	676	737	737	737	723
	M.O.	1371	584	863	1117	603	861	861	861	881
	Total	2242	1012	1624	1893	1279	1599	1599	1599	1603

Fuente: adaptado de Calvo y Platen (1996)

Figura 3 - Evolución de la producción de cacao por tecnología (kg/ha/año)

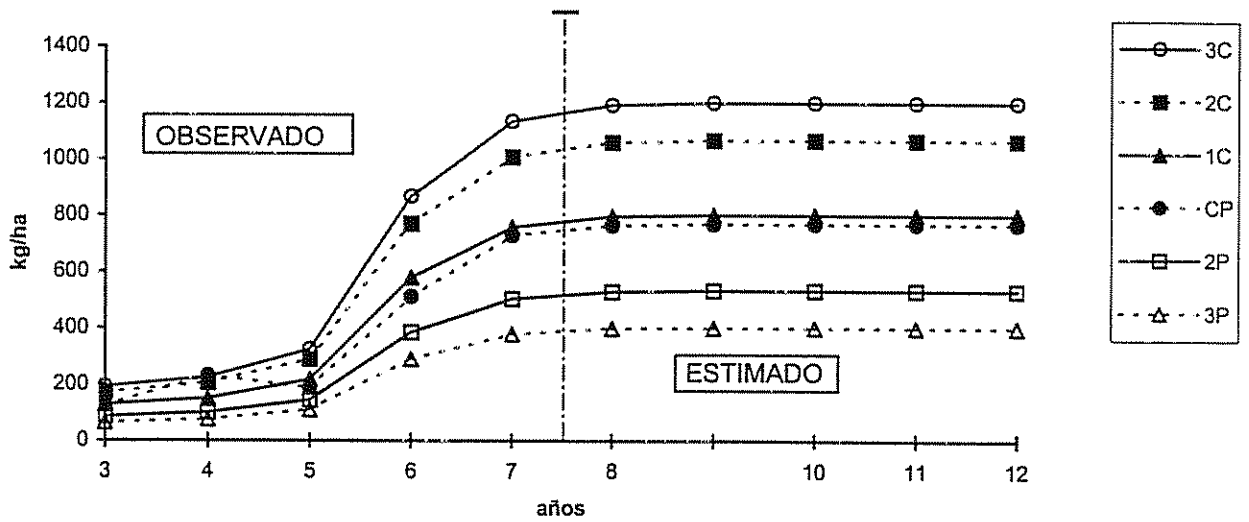


Figura 4 - Evolución de la producción de plátano por tecnología (racimos/ha/año)

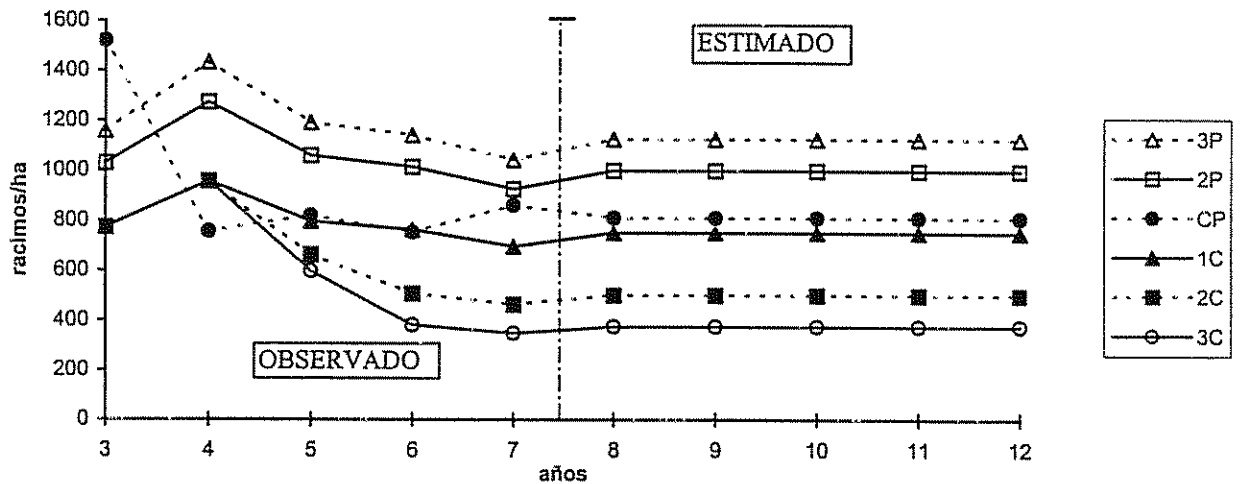


Figura 5 - DAP (cm) por clases y edad

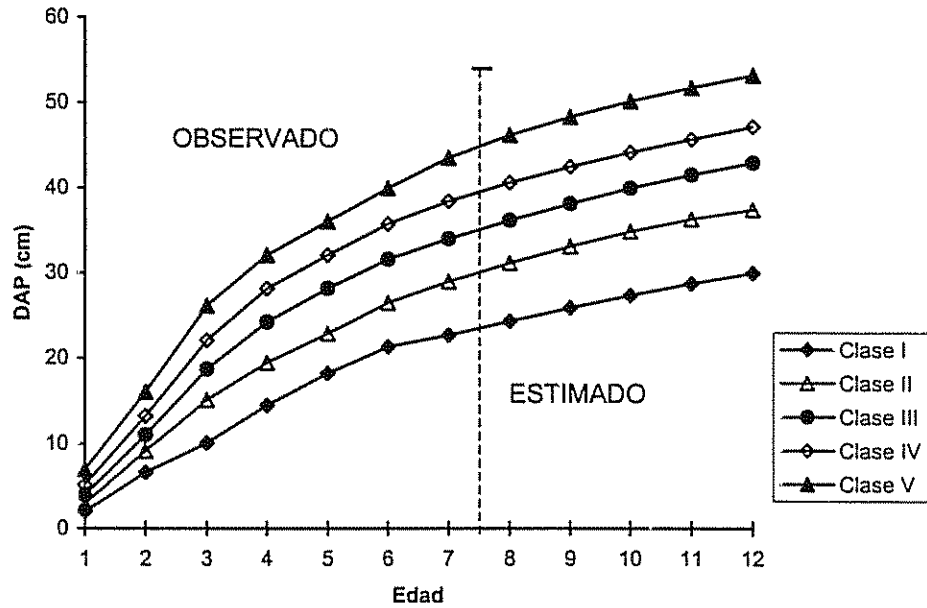


Figura 6 - Altura (m) por clases y edad

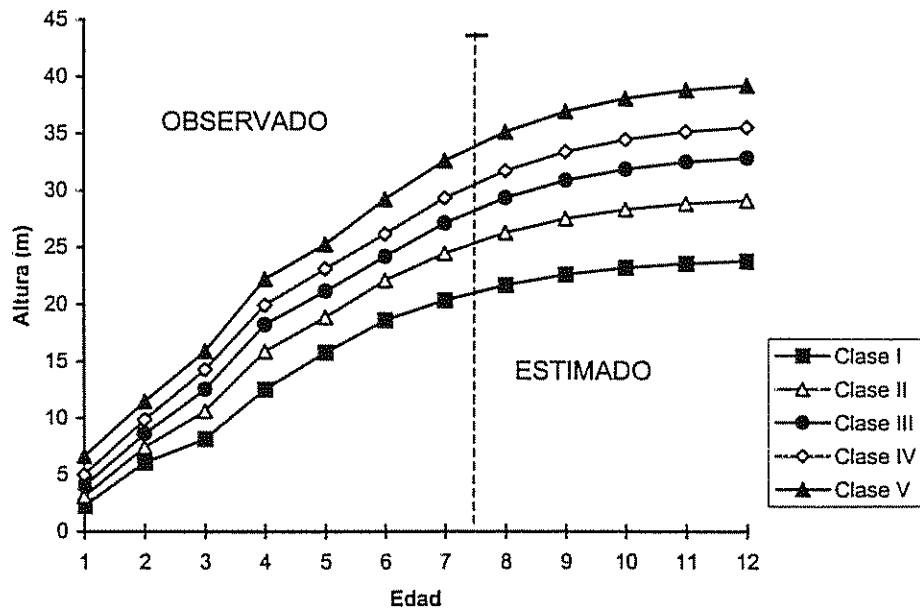


Figura 7 - Volumen promedio por clase (m³/árbol)

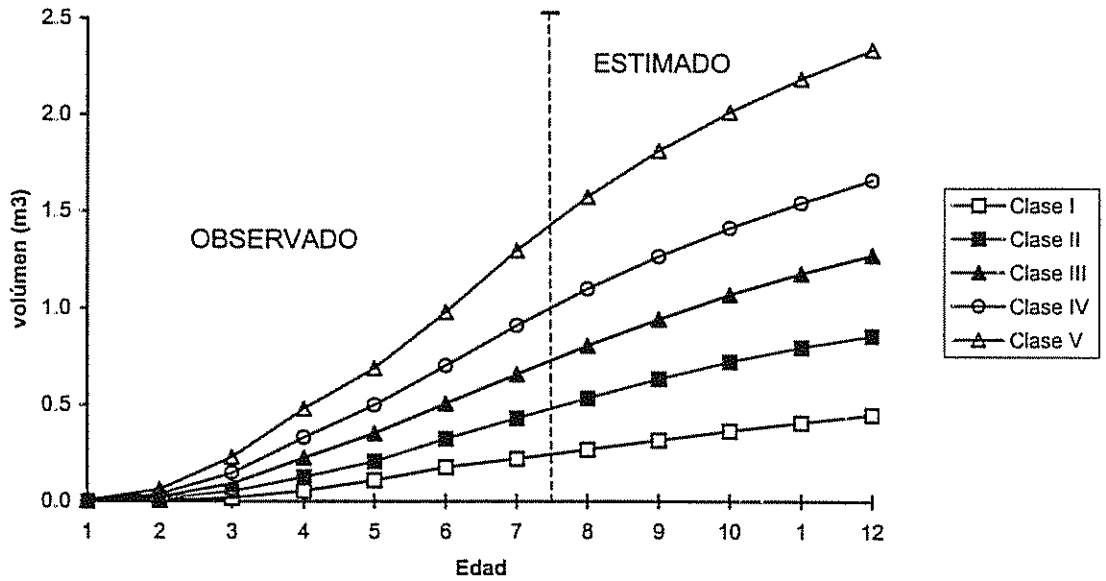
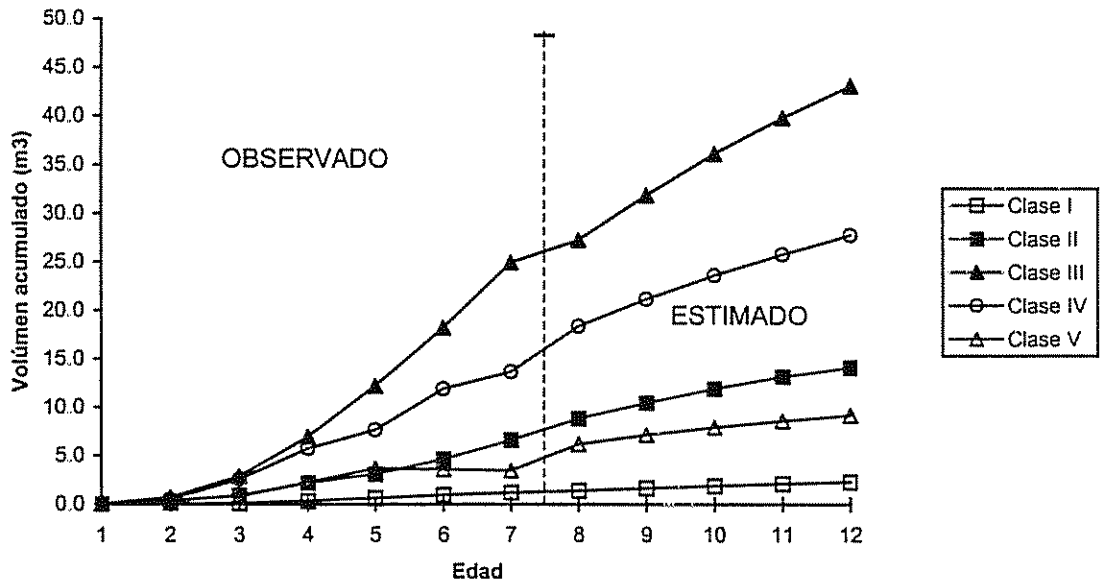


Figura 8 - Volumen acumulado por clase (m³/ha)



Cuadro 3 - Programa de cosechas de laurel por año (m³ comerciales/ha)

Cosechas	nº de arboles	Clase	Vol / clase	DAP(cm)	Vol (m ³ /ha)
Año 7	2	V	1.3	43	2.6
Año 8	8	V	1.1	41	8.8
Año 9	9	IV	1.3	42	11.7
Año 10	18	III	1.1	40	19.8
Año 11	19	III	1.2	41	22.8
Año 12	16	II	0.9	37	14.4
Año 12	4	I	0.4	30	1.6
Total	76				81.7

Cuadro 4 - Programa de cosechas de laurel en 1 ha; representa cuales arboles a cosechar y cuando

a) Número de arboles por clase de DAP y edad.

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Clase I	5	7	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
Clase II	19	16	17	17	14	15	18	16	16	16	16	16
Clase III	25	32	35	37	41	39	35	37	37	37	37	37
Clase IV	17	13	18	16	14	17	18	17	17	17	17	17
Clase V	6	7	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2

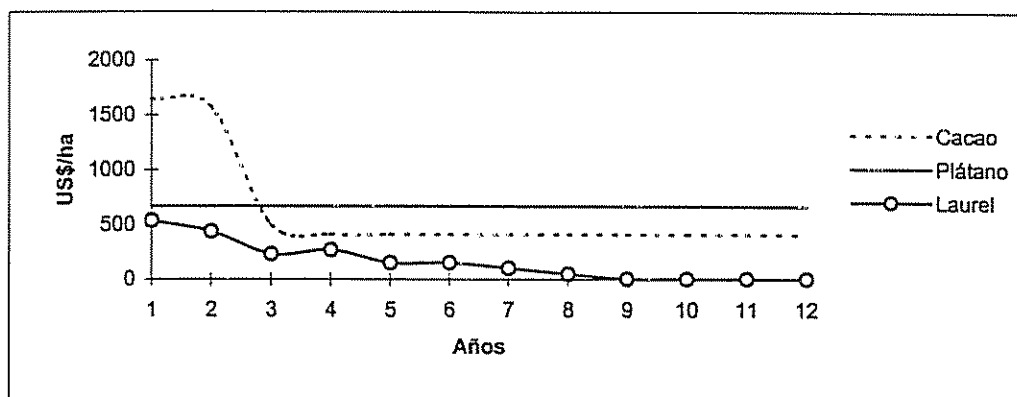
b) Promedios de DAP (cm) por clase.

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Clase I	2	7	10	14	18	21	23	24	26	27	29	30
Clase II	3	9	15	19	23	26	29	31	33	35	36	37
Clase III	4	11	19	24	28	32	34	36	38	40	41	43
Clase IV	5	13	22	28	32	36	38	41	42	44	46	47
Clase V	7	16	26	32	36	39	43	46	48	50	52	53

c) Promedios de volumen comercial (m³/árbol) por clase.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Clase I	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4
Clase II	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Clase III	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3
Clase IV	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7
Clase V	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.3

Figura 9 - Costos anuales asociados a los monocultivos de cacao, plátano y laurel



Cuadro 5 - Indices de Equivalencia de la Tierra (IET) para las tecnologías CLP

Tecnología	Producción promedio en los 12 años			I E T			Total
	Cacao kg/ha	Plátano Racimos/ha	Laurel m3/ha	Cacao	Plátano	Laurel	
1C	583	773	82	0.65	0.64	0.80	2.09
2C	776	514	82	0.86	0.42	0.80	2.09
3C	873	386	82	0.97	0.32	0.80	2.09
2P	388	1029	82	0.43	0.85	0.80	2.08
3P	291	1158	82	0.32	0.96	0.80	2.08
CP	561	876	82	0.62	0.72	0.80	2.15
Promedio	579	789	82	0.64	0.65	0.80	2.10

Cuadro 6 - Valor relativo Total (VRT) para tecnologías CLP, promedio para los 12 años

Tecnología	Ingresos anuales (US\$/ha)			V R T			Total
	Cacao	Plátano	Laurel	Cacao	Plátano	Laurel	
1C	275	721	360	0.48	0.54	1.08	2.10
2C	366	479	360	0.64	0.36	1.08	2.08
3C	412	360	360	0.72	0.27	1.08	2.07
2P	183	961	360	0.32	0.72	1.08	2.12
3P	137	1081	360	0.24	0.81	1.08	2.12
CP	191	632	360	0.33	0.47	1.08	1.88
Promedio	261	756	362	0.46	0.57	1.08	2.06

CAPITULO 3
ESTABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CACAO
PLATANO LAUREL: ANALISIS DE PRECIO

1. INTRODUCCION

Los precios determinan en gran parte los ingresos del sistema de producción. La expectativa que se genera en relación a precios futuros de los productos influencia la toma de decisiones en el momento del plantío y en la estrategia de comercialización a utilizar (Smidts, 1990). Los precios de insumos varían menos que los precios de los productos y son conocidos por el agricultor en el momento de tomar decisiones.

La principal fuente de riesgo en la agricultura es la variabilidad de los precios (Guerra, 1992). Otras fuentes de incertidumbre, como inestabilidades climáticas o biológicas, causan variabilidad en la producción física, y son importantes en escenarios o contextos específicos. La fluctuación de los precios de los productos, sin embargo, resulta en una problemática que afecta permanentemente a todos los agricultores vinculados al mercado, pequeño o grande, en países desarrollados y en vías de desarrollo. Los agricultores tienen algún control sobre el riesgo asociado a los rendimientos de los cultivos, pues pueden manejar riego, pesticidas y fertilizantes, pero no pueden manejar precios, excepto cuando se cuenta con el apoyo de algún tipo de cooperativa o acción del gobierno.

Medidas de protección de los gobiernos, como políticas de precios mínimos u otros subsidios a la comercialización, han dado muestras de baja eficacia en muchos casos, pues incluyen un número limitado de productos agrícolas y varían mucho de año en año. Otras alternativas potenciales para bajar el riesgo asociado a la incertidumbre de los precios incluyen las Bolsas de Mercados Futuros y la simulación con modelos econométricos.

Algunos países latinoamericanos como Brasil, Argentina y Chile disponen de Bolsas de Mercados Futuros, donde se estiman precios futuros de ciertos productos agrícolas en función de la compra de títulos de comercialización. Los compradores se orientan con base en estudios de mercado, que toman en cuenta datos de oferta y

demanda en años anteriores y tendencias de mercado actuales, proyectadas en función de políticas del gobierno, previsiones meteorológicas, estimaciones de áreas sembradas (nacional y internacionalmente), y curvas de elasticidad-precio para la demanda.

Otra alternativa para reducir la incertidumbre sobre los precios al productor consiste en estimar proyecciones futuras en función de su comportamiento histórico (Beenstock y Bhansali, 1994). Sin embargo, muy poco es conocido, a nivel de mercados latinoamericanos, sobre cómo los precios agrícolas se distribuyen en el tiempo. Pocos son los análisis que se han conducido con profundidad, probablemente porque el número de factores involucrados sea tan grande y de naturaleza tan estocástica (Smidts, 1990), que la canalización de esfuerzos como tentativa de comprenderlos sea vista como poco fructífera. Otra limitación reside en establecer modelos capaces de explicar la fluctuación de los precios de forma convincente, dado que la técnica de regresión más utilizada para tales fines, Cuadrados Mínimos Ordinarios, supone una distribución normal del término del error, lo que muchos contra-argumentan como condición que no se da en la realidad (Goldfeld y Quandt, 1981). La simulación se ha propuesto como alternativa para analizar decisiones de manejo bajo condiciones de incertidumbre (Ramirez et al, 1994, Kirby et al, 1993).

Este estudio tiene como objetivo la simulación de precios de cacao (*Theobroma cacao*), plátano (*Musa AAB*) y laurel (*Cordia alliodora*) pagados al productor durante el período 1998-2009, en Talamanca (Costa Rica) y Bocas del Toro (Panamá), usando modelos econométricos del comportamiento histórico de cada producto. Se utiliza una nueva técnica de estimación, en la cual se construye un modelo paramétrico multivariado a través de la concatenación de principios de Máxima Verosimilitud y de una modificación del método de Transformación Hiperbólica Inversa del Seno (THIS), que transforma la distribución del término del error de no-normal a normal (Ramírez, 1997). Se demuestra, a través de pruebas de hipótesis paramétricas, que el modelo es capaz de abordar simultáneamente autocorrelación y características de no-normalidad como asimetría y kurtosis en la distribución de los residuos. Las estimaciones de precios serán posteriormente usadas en el estudio de la estabilidad y riesgo de seis sistemas agroforestales cacao-plátano-laurel.

2. METODOS

2.1. Registros históricos de precios

2.1.1. *Cacao*

Los precios de cacao recibidos por los productores locales varían directamente con los precios en el mercado internacional. El cacao es vendido seco a la Cooperativa de Cacaoteros de Bocas del Toro (Cooperativa de Cacao Bocatoreña, 1996), quien comercializa el producto a precios vigentes en la Bolsa de Nueva York, y deduce US\$ 0.05 / libra por el transporte y la comercialización. El precio pagado al productor es igual al recibido por la cooperativa menos una tasa de administración equivalente a US\$ 0.08 / libra. Esta tasa está superestimada, así que al final del período contable el productor recibe un retorno, que varía normalmente entre US\$ 0.01 y US\$ 0.02 / libra. El precio recibido por el productor de cacao en Bocas del Toro puede ser entonces estimado en:

Precio pagado al productor = precio en la Bolsa de NY - US\$ 0.12 / libra de cacao seco

Los precios históricos internacionales de cacao fueron obtenidos de las Estadísticas Financieras Internacionales del Fondo Monetario Internacional-FMI (EFIFMI, 1975 y 1997), y se presentan en el anexo 1. Se trabajó con una serie de 44 años, que corresponde al período 1954-1997. Los precios fueron corregidos por la devaluación del dólar americano en ese período. El Índice de Precios al Consumidor (IPC) utilizado para el dólar fue el del EFIFMI (1975 y 1995).

2.1.2. *Plátano*

Los precios de plátano pagados al productor de la región de Changuinola, Bocas del Toro, Panamá, son determinados por fuerzas de mercado locales. Intermediarios llegan a las fincas a comprar y llevan el producto a tres centros principales de consumo: Changuinola, Ciudad Panamá y a la frontera con Costa Rica, donde el plátano es nuevamente comercializado a terceros, que se encargan de la distribución en centros mayoristas en San José o a la exportación.

Este mercado no es reglamentado/ supervisado por ningún órgano del gobierno, y el único registro sobre la historia de los precios de plátano pagados al productor es el del Consejo Nacional de Producción (CNP, 1997) de San José, Costa Rica, para la región de Baja Talamanca de Costa Rica. Este registro se basa en encuestas semanales hechas a

productores locales sobre los precios de venta a los intermediarios. Se consideró que las regiones de Changuinola (Panamá) y Baja Talamanca (Costa Rica) se encuentran en un contexto similar de comercialización. El período de tiempo en el cual se dispone de estos datos es, sin embargo, muy corto: 1993-1997. Datos mensuales de precios de plátano en el mercado mayorista de Costa Rica entre 1982-1997 fueron obtenidos del Plan Integral de Manejo Agropecuario (PIMA, 1997).

Los precios de plátano utilizados en el modelaje se obtuvieron a partir de las observaciones "al por mayor" (PIMA, 1997), ajustados primero a Colones reales/racimo estándar y después a US\$/racimo estándar¹, y se listan en el anexo 1. El IPC utilizado para el Colón (₡) fue el publicado mensualmente por el Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica (1982-1997); la tasa de conversión del colón al dólar utilizada fue de 1US\$=227.5 ₡ (vigente en el mes de abril/1997). Para obtener los precios pagados al productor, se ajustó el precio "al por mayor" por un factor "precio en finca/precio al por mayor" calculado en 0.5975 para el período 1993-1997 (PIMA,1997), con un coeficiente de variación (CV) de 10.26%.

2.1.3. Laurel

La comercialización de laurel también está sujeta a fuerzas de mercado locales. La madera se comercializa normalmente "en pie" en la finca. Los costos de extracción y transporte son asumidos por el comprador y el precio se determina en función de una serie de factores (Lux y Platen, 1995):

- Precios promedio de laurel "en pie" para la región. En Costa Rica, los precios de distintas categorías de madera son atribuidos según el tipo, para fines de tributación (DGF, 1992); laurel es clasificado como madera suave y valiosa. En 1995 el precio de la madera de laurel oscilaba en torno de US\$ 60 /m³;
- ubicación de los árboles con relación a la carretera, lo que influye el costo de extracción y transporte;
- forma de los árboles;
- poder de negociación del dueño;

¹ Un racimo estándar de plátano corresponde a un racimo con 30 dedos

No fue posible obtener una serie histórica de precios de laurel pagados al productor de Changuinola. Sin embargo, se sabe que las condiciones de comercialización son bastante parecidas al Valle de Talamanca - Costa Rica, en donde se dispone de información de precios en pie y en patio de los principales aserraderos de San José, Costa Rica, para el período 1995-1997 (Cámara Costarricense Forestal, 1995-1997). Esto permite calcular la razón precio "en pie"/precio en patio de aserradero.

Los precios de la madera de laurel usados en la modelación provienen de tres series anuales, todas para laurel en troza puesto en patio de aserradero en San José: a) de 1976-1993 (Platen y Lujan, 1993); b) de 1994-1995 (Aserraderos Buen Precio y San Ignacio, 1997); y c) 1995-1997 (Cámara Costarricense Forestal, 1995-1997) (Anexo 1). El ajuste a precios "en pie" se hizo según los datos de la Cámara Costarricense Forestal (1995-1997). El factor de conversión calculado para precios "en pie" es de 0.4232, con un CV% de 5.21 %. El IPC utilizado para el Colón fue el publicado mensualmente por el Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica (1982-1997); la tasa de conversión del colón al dólar utilizada fue de 1US\$=₡227.5.

2.2. Modelo y simulaciones

Los precios de cacao, plátano y laurel 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.

La matriz de autocorrelación M es multiplicada por el vector de precios Y ($(n,n) \times (n,1)$), respectivamente, donde n es el número de observaciones), y por el vector de tiempo X ($(n,n) \times (n,2)$), que resulta en variables dependiente (y) y independiente (x) transformadas. La función de máxima verosimilitud (MV) (Judge et al, 1982, p. 285) incorpora, además, los parámetros de asimetría (μ) y kurtosis (θ), y se obtiene asumiendo que residuos no-normales pueden transformarse a normales, a través de una modificación de la Transformación Hiperbólica Inversa del Seno (THIS) (Ramírez, 1997, Ramírez et al, 1994, Johnson, 1949). La función de máxima verosimilitud para tal modelo es:

$f = \{ \ln (\text{abs} (r_5 / 1)) - 0.5 * ((r_4 / 1) ^ 2) + 0.5 * \ln (\text{abs} (1 - \rho^2)) \}$, donde:

$$r_5 = r_1 / \{ \theta * \sigma * \text{sqrt} (1 + (r_3^2)) \};$$

$$r_4 = \{ \ln (r_3 + \text{sqrt} (1 + (r_3^2))) / \theta - \mu \};$$

$$r_3 = ((r_1 / \sigma) * (y - r_2));$$

$$r_2 = - \sigma + (x [.,1] * b_0) + (b_1 * x [.,2]);$$

$$r_1 = \{ e^{.5\theta^2} (e^{\theta\mu} - e^{-\theta\mu}) \} / 2$$

ρ = Índice de autocorrelación de Durbin-Watson;

σ - Desviación estándar del error;

Se utilizó el modelo para simular la distribución de los precios anuales de cada producto para los próximos 12 años. Las distribuciones se obtuvieron con base en 20000 simulaciones de posibles precios.

3. RESULTADOS

3.1. Cacao

Se estima que los precios internacionales reales de cacao decrecieron a una razón promedio de US\$ 0.0128/lb/año en el período 1954-1997 (Figura 1 y Cuadro 1). Residuos con signos similares en varias observaciones consecutivas son un indicio de autocorrelación. Estadísticamente, la significancia del parámetro ρ confirma la existencia de autocorrelación de primer orden. Esto nos indica que los factores que influyen el precio en un determinado año tienen un fuerte efecto residual en el precio del año siguiente. Un ejemplo es el año de 1977, cuando los precios reales (base 1997) sobrepasaron a los US\$ 4.5/lb, probablemente debido a especulación en la Bolsa de NY. El efecto residual del año de 1977 se distribuyó por los años consecutivos, causando precios actuales por encima de los esperados.

Los precios esperados para los años 1998-2009 se obtienen de:

$$yc = b_0 + b_1 * t + \{ \rho^{x-1} * (k_1 - b_0 - (k_2 * b_1)) \}, \text{ donde:}$$

yc = precio de cacao esperado para el año t (t = 44 + x; x = 1 a 12);

b_0 = Intercepto;

b_1 = Pendiente;

$k_1 = 0.65$, que es el último precio observado de cacao;

$k_2 = 44$, que es el número de observaciones en el período analizado

Note que el año de 1997 es el punto de cambio de la curva, pues los precios empiezan a subir nuevamente después de un largo periodo descendente. La ascendencia es bastante más brusca que la bajada, así que se espera que los precios internacionales de cacao se acerquen a US\$ 1.1/lb en el próximo año (1998), y puedan llegar a los US\$ 1.3/lb en 2001. En este año se espera otro punto de cambio y que los precios empiecen a declinar nuevamente, a un ritmo más suave, hasta el año 2009, que es donde terminan las proyecciones. Note también que la trayectoria ajustada por autocorrelación contrarresta por algunos años el efecto descendente, que es la tendencia lineal permanente en el tiempo.

Todos los coeficientes del modelo son estadísticamente significativos (Cuadro 1), lo que indica, además de que los precios de cacao vienen declinando a lo largo del tiempo y siguiendo un proceso de autocorrelación, que las distribuciones estadísticas de estos precios para un dado año son no-normales (asimétricas y kurtóticas). Las simulaciones de dichas distribuciones demuestran que estas son leptokurticas y con asimetría hacia la derecha (Figura 2a).

3.2. Plátano

Se estima que los precios reales de plátano decrecieron a razón promedio de US\$ 0.00636 racimo/mes durante el período 1982-1997 (Figura 3 y Cuadro 2). Tal como para cacao, se nota indicios de autocorrelación en los precios por la dispersión de los residuos. Entre posibles factores que generan autocorrelación se encuentran choques climáticos y la estacionalidad de la producción.

Los precios esperados en el período 1998-2009 se obtienen de:

$$yp = b_0 + b_1 * t + \{ \rho^{12*x} * (k_1 - b_0 - (k_2 * b_1)) \}, \text{ donde:}$$

yp = precio de plátano esperado para el año t ($t = 12 * x$; $x = 1$ a 12);

$k_1 = 2.77$, que es el último precio observado del plátano;

$k_2 = 184$, que es el número de observaciones en el período analizado;

Note que la multiplicación de x por 12 en los parámetros t y ρ permite ajustar proyecciones mensuales a anuales. La curva de precios de plátano esperados para los

próximos 12 años presenta una trayectoria sigmoide parecida a la observada para cacao. Note que el modelo proyecta una continuación de la tendencia ascendente presentada en 1997 para el próximo año (1998), que es el punto de cambio. A partir de ese año los precios empiezan a bajar a una razón mayor que en el modelo lineal estándar (OLS), que es la proyección sin autocorrelación y asumiendo normalidad, de forma que las dos trayectorias se interceptan en el año 2002. Esta tendencia, que es permanente, sigue hasta 2009, cuando se estima que un racimo de plátano costará US\$2.15 en el mercado mayorista de Heredia - CR.

Todos los coeficientes del modelo son estadísticamente significativos (Cuadro 2), lo que implica que los precios de plátano, además de estar autocorrelacionados, también presentan una distribución no-normal, con curvas de frecuencia leptokurticas y asimétricas hacia la derecha (Figura 2b).

3.3. Laurel

Al contrario de cacao y plátano, precios de laurel subieron, en promedio, a una tasa real de US\$ 3.10 /m³/año durante el período 1976-1997 (Figura 4 y Cuadro 3). Se detectó autocorrelación en los precios, como se puede notar en la dispersión de los residuos, y confirmar mediante la significancia estadística del parámetro ρ .

Los precios esperados para los años 1998-2009 se obtienen de:

$$y_t = b_0 + b_1 * t + \{ \rho^{t-22} * (k_1 - b_0 - (k_2 * b_1)) \}, \text{ donde:}$$

y_t = precio de laurel esperado para el año t ($t=22 + x$; $x = 1$ a 12);

$k_1 = 131.4$, que es el último precio observado de laurel;

$k_2 = 22$, que es el número de observaciones en el período analizado;

Los coeficientes θ y μ no resultaron significativos, lo que significa que los precios de laurel en cualquier año dado presentan distribución normal (Figura 2c). El modelo proyecta una continuación de la trayectoria ascendente de los precios, a una razón ligeramente mayor que la de la regresión estándar.

4. DISCUSION

Un modelo econométrico para análisis de precios de cacao fue propuesto por Beenstock y Bhansali (1982), que se basan en técnicas de autoregresión para series de precios temporales. Estos últimos utilizan la técnica de predicción final del término del error (FPE, en inglés), para determinar el orden de la autoregresión que mejor se acomodó a las series de precio. El modelo incorpora ecuaciones separadas para oferta, demanda y "especulación en bienes inventariados", todas con operadores retardados en el tiempo y asumiendo la distribución de términos del error como aleatoria y mutuamente independiente. Una crítica a este tipo de estimación es que tal distribución difícilmente ocurre en la práctica, lo que compromete la credibilidad de los parámetros (Goldfeld y Quandt, 1981). Los autores apuntan como debilidades la incapacidad del modelo de prever puntos de cambio en la curva de precios, y la alta disparidad entre los estimados del cuadrado medio del error de la serie de datos utilizada y de los predichos para el período.

La THIS modificada propuesta por Ramírez (1997) mostró ser una herramienta útil para la modelación y simulación de variables aleatorias que siguen procesos de autocorrelación a lo largo del tiempo y presentan distribuciones no-normales. El modelo fue aplicado para simular cosechas de maíz, soya y trigo del Sur de Estados Unidos, las cuales se creía que eran no-normales por condiciones adversas de clima y limitaciones biológicas y tecnológicas. Se comprobó, en este estudio, que las cosechas de maíz y soya presentan distribuciones asimétricas y con diferentes varianzas en el tiempo, además de fuertemente correlacionadas entre sí. Las cosechas de trigo exhibieron distribución normal, aunque también heteroscedástica. La formulación original de Ramírez (1997) fue modificada para propósitos del presente estudio, de tal forma que modele autocorrelación en vez de heteroscedasticidad.

Debido a que el mercado internacional del cacao se caracteriza por bajas elasticidades-precio de la demanda y de la oferta en el corto plazo, los precios del cacao tienden a fluctuar ampliamente, como consecuencia de variaciones en el volumen de producción debido a cambios climáticos (Robinson, 1989). La fuerte asimetría para la derecha presente en la distribución de precios de cacao incorpora la posibilidad de

fluctuaciones como las de la década de 70. La variabilidad ocurrida en los años pasados es mayor hacia la alza de la curva. Eso se debe al largo espectro de posibilidades de precios que se sitúan en la cola derecha de la curva de distribución. Así, la probabilidad de precios arriba de los esperados es, para cualquier año, igual a la de precios abajo de los esperados, pero con efectos más pronunciados cuando los precios observados son mayores que los esperados. Lo mismo pasa para plátano, pero con menor intensidad, debido a la asimetría ser menos pronunciada.

No se proyectan grandes cambios en el consumo mundial de cacao para los próximos años, mientras que se pronostica un crecimiento promedio del 1.7% anual en la producción hasta alcanzar los 2.5 millones de toneladas para el año 2000 (The World Bank, 1986). Este panorama tiende a generar sobreoferta, que a su vez afecta las proyecciones futuras hechas con base en series históricas de precios.

Recientes avances tecnológicos en el cultivo de cacao, como variedades más productivas y resistentes a enfermedades², mejoran la expectativa del productor con relación a ingresos futuros. Los precios llevan el efecto residual del período 1984-1993, cuando bajaron 71%, pero la tendencia ascendente que se presenta a partir de 1994, contribuye para disminuir los riesgos asociados a este cultivo.

El cacao orgánico ha recibido últimamente bastante impulso en la región. Los precios pagados a los productores orgánicos son de US\$ 0.90/ libra, casi 50% a más que los US\$ 0.64/ libra pagados por el cacao no-orgánico. Más de la mitad de los abastecedores de cacao de la Cooperativa de Cacao Bocatoreña comercializan su producción bajo la categoría orgánico, lo que equivale a un 30 % del cacao recibido (Cooperativa de Cacao Bocatoreña, 1996).

La evolución de precios de plátano es difícil de ser analizada, por la diversidad de mercados existente. El plátano está firmemente incorporado en los hábitos alimenticios del panameño, de forma que constituye un bien de consumo poco sustituible y de elasticidad-precio de la demanda bastante pequeña. Variaciones en la cantidad ofertada en centros consumidores como Panamá, Changuinola y David provocan oscilación en los precios pagados al productor bocatoreño. La costa Pacífica presenta fuerte estacionalidad

² El control de monilia (*Moniliophthora roreri*) es caro, y reduce en hasta 50% las cosechas de cacao.

en la producción de plátano, por la distribución de las lluvias. Esto causa un aumento temporal en la demanda por el plátano de la región Atlántica, en donde la cantidad de lluvias no varía tanto durante el año, y provoca una mejora estacional en los precios pagados al productor bocatoreño. La excelente calidad del plátano bocatoreño, asegura la preferencia del consumidor, pero esta ventaja tiende a ser neutralizada por costos de transporte también superiores.

Precios de plátano para exportación han presentado una cierta estabilidad a partir de 1990, cuando una compañía exportadora empezó a comprar la producción local (Porras, com. pers.). Antes de eso, todo el plátano producido en los valles de Talamanca y Sixaola era destinado a atender la demanda regional, lo que hacía los precios fluctuaren en función de escenarios específicos del mercado. Los años de 1985 y 1988-1989, por ejemplo, fueron marcados por precios bajos debido a problemas con sobreoferta. La apertura de canales a la exportación hicieron que la canalización de esfuerzos hacia este fin se tornara altamente ventajosa, cuando comparada a la comercialización a nivel regional. Productores orientados a la exportación pasaron a recibir US\$ 2.05/racimo libres de fluctuación, mientras que, cuando el destino es el mercado interno, el precio pagado al productor era, en abril/1997, de US\$ 1.25/racimo.

Los costos asociados al plátano para exportación son, sin embargo, superiores, pues hay una serie de cuidados que deben ser tomados durante la maduración y procesamiento del producto. La participación de organizaciones como la Asociación de los Productores de Plátano de Marguerita en el preparo y comercialización del producto para este fin puede aumentar la eficiencia y operatividad del proceso.

Existe muy poco conocimiento de los mercados de madera en cuanto a su demanda y oferta, tamaños, funcionamientos y agentes (Lux y Platen, 1995). La mayor fuente de los productos lo constituyen todavía los bosques primarios, donde no hay costo de producción. Se estima que solamente 45 % del volumen comercial cortado es procesado (Solorzano *et al*, 1991). Además, una alta tasa (hasta 50%) de comercialización es ilegal.

El laurel proveniente de las regiones de Bocas del Toro y Talamanca también es de

calidad superior y ha presentado demanda creciente. La disponibilidad de laurel para extracción ha, sin embargo, disminuido, lo que ayuda a explicar el aumento real observado en los precios. Inversiones en plantaciones de laurel parecen asociadas a un riesgo cada vez menor, y a una mayor estabilidad en los ingresos, por la distribución normal de los precios. La elasticidad-precio de la demanda de laurel no es pequeña como para cacao y plátano, pues hay maderas que sustituyen la de laurel, pero tiende a decrecer, porque estas maderas también presentan disponibilidad para extracción cada vez menor.

5. CONCLUSIONES

Precios anuales internacionales de cacao, ajustados a la inflación del dólar americano, han mostrado en el periodo 1954-1997 y en promedio, una tendencia descendente de US\$ 0.0128/libra/año. Lo mismo se concluye para plátano, cuyos precios decrecen a US\$ 0.00636 reales/racimo/mes entre 1982-1997. Precios anuales de laurel han ascendido US\$ 3,10 /m³/ año en el período analizado (1976-1997).

Ambas las trayectorias de las curvas de precios futuros estimadas para cacao y plátano son sigmoides, con una recuperación bastante brusca de los precios a partir de 1997 que sigue hasta 2001 para cacao y hasta 1998 para plátano, que son los respectivos puntos de cambio. El decrecimiento en los precios que se espera en seguida es mayor para plátano y menor para cacao. El trayecto de la curva de precios futuros estimados para laurel es lineal, y sigue una pendiente bastante similar a la de la regresión estándar.

La distribución de frecuencias de los precios simulados para cacao y plátano presenta fuerte asimetría para la derecha. Esto significa que la variación que ocurre cuando los precios son arriba de los esperados es, en promedio, mayor que cuando son abajo de los esperados. Las distribuciones de precios de cacao y plátano son leptokurticas, mientras que la distribución de precios de laurel es normal. La varianza presente en la distribución de precios de cacao es más fuerte que la del plátano.

Todas las series de precios utilizadas en este estudio (cacao, plátano y laurel) presentan fuerte autocorrelación en los residuos, indicando la existencia de un efecto residual de los factores que hacen que el precio actual sea diferente del esperado en un determinado año, sobre el año siguiente.

La THIS modificada permitió reproducir el comportamiento histórico de precios de productos agrícolas con base en un modelo paramétrico multivariado que simula simultáneamente autocorrelación, asimetría y kurtosis de las desviaciones del término del error.

La comercialización de plátano en la región del Valle del Sixaola es, así como la del laurel, difícil de analizar, pues el producto recibe diferentes precios en función de su calidad, procedencia y mercado consumidor de destino. La serie de datos utilizada, cuando se transforma a precios pagados al productor, puede representar el promedio de las negociaciones entre comerciantes y productores, pero no abarca a todas ellas. Un ejemplo es el plátano orientado a la exportación, que recibe precios bastante mejores.

6. BIBLIOGRAFIA

- ASERRADEROS BUEN PRECIO y SAN INACIO, 1997. Datos no publicados. San José, Costa Rica, 1997.
- BEENSTOCK, M., BHANSALI, R.J., 1994. Analysis of cocoa price series by autoregressive model fitting techniques. *Journal of Agricultural Econometrics*, 31(2), 237-242.
- BURGOIS, P., 1989. Banano, etnia y lucha social en Centroamerica. San Jose, C. R., DEI, 1994, 332 p.
- CALVO, G.D. y PLATEN, H. von, 1996. Cacao-laurel-plátano: costos y beneficios financieros. Serie Técnica. Informe Técnico n° 264. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1996. 54 p.
- CAMARA COSTARRICENSE FORESTAL, 1995-1997. Lista de precios de madera en pie para la región de Talamanca, y puesta en aserradero en San José. Buletín informativo mensual de la Cámara Costarricense Forestal, n° 1-19, p. 23.
- CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION (CNP), 1997. Listado de precios semanales de productos agrícolas pagados al productor en diferentes regiones de Costa Rica. 1993-1997. Datos no publicados.
- COOPERATIVA DE CACAO BOCATOREÑA, 1996. Memoria 1995 : XXII Asamblea General Ordinaria. Precios promedio de cacao, Mercado Internacional. Almirante, Bocas del Toro, Panamá. 16 p.
- DIRECCION GENERAL FORESTAL (DGF), 1992. Lista de árboles forestales de Costa Rica. San José, Costa Rica. 45 p.
- ESTADISTICAS FINANCIERAS INTERNACIONALES DEL FONDO MONETARIO INTERNACIONAL (FMI), 1975. Precios internacionales de cacao (1954-1975), Estadísticas de precios de productos agrícolas. FMI, Washington D.C., p.45-46.
- ESTADISTICAS FINANCIERAS INTERNACIONALES DEL FONDO MONETARIO INTERNACIONAL (FMI), 1997. Precios internacionales de cacao (1976-1997), Estadísticas de precios de productos agrícolas; y Índice de precios al consumidor (US americano 1954-1997), Indicadores monetarios, FMI, Washington D.C., p.43-44, 91-94.
- GOLDFELD, S.M., y QUANDT, R.E., 1981. Econometric modeling with nonnormal disturbances. *Journal of Econometrics*, 17, 141-155.
- GUERRA, G., 1992. Manual de Administración de Empresas Agropecuarias. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San Jose, Costa Rica. p. 39-77.
- JOHNSON Jr., A.C., JOHNSON, M.B. y BUSE, R.C., 1990. *Econometrics: Basic and Applied*. J. Willey & Sons, Inc., New York, 1990. p. 292-320.
- JOHNSON, N.L., 1949. Systems of frequency curves generated by methods of translation. *Biometrika*, 36, 149-176.
- JUDGE, C., HILL, R.C., GRIFFITHS, W., LUTKEPONI, H. y LEE, T., 1982. Introduction to the Theory and Practice of Econometrics. J. Willey & Sons, Inc., New York, 1982. p. 289.

- KIRBY, M., SINDEN, J.A., y KAINÉ, G.W., 1993. Appraisal of agroforestry investment under uncertainty: a South Australian case study. *Australian Forestry*, 56(2), 109-119.
- LUX, M., PLATEN, H. von, 1995. Consumo y comercialización de la madera en Baja Talamanca, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico n° 258. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1996. 97 p.
- MINISTERIO DE ECONOMIA, INDUSTRIA Y COMERCIO (1982-1997). Índice de Precios al Consumidor - Boletín Mensual. Dirección General de Estadística y Censos., San Jose, Costa Rica. Años 5 - 19.
- PROGRAMA INTEGRAL DE MERCADEO AGROPECUARIO (PIMA), 1997. Lista de precios de plátano en el mercado mayorista del PIMA, 1982-1997. Datos no publicados.
- PLATEN, H. von y LUJAN, R., 1993. Precios de madera en Costa Rica. Datos no pub
- PORRAS, R., 1997. Comunicación personal.
- RAMIREZ, O., MOSS, C. B. y BOGESS, W.G., 1994. Estimation and use of the inverse hyperbolic sine transformation to model non-normal correlates random variables. *Journal of Applied Statistics*, vol. 21, n°4, 289-304.
- RAMIREZ, O., 1997. Estimation and use of a multivariate parametric model for simulating heteroscedastic, correlated, non-normal random variables: the case of corn-belt corn, soybeans and wheat yields. *American Journal of Agricultural Economics*,
- ROBINSON, H., 1989. Un modelo econométrico del mercado internacional del cacao desde la perspectiva de los países centroamericanos. Turrialba, 39(4), p. 511-518.
- SMIDTS, A., 1990. Decision making under risk: a study of models and measurement procedures with special reference to farmer's marketing behaviour. Wageningen: Agricultural University. 329 p.
- SOLORZANO, R., 1991. Accounts overdue: Natural Resource Depreciation in Costa Rica. Tropical Science Center, San Jose, and World Resources Institute, Washington.
- THE WORLD BANK, 1986. Price prospects for major primary commodities. Washington, D.C.. 322 p.

- KIRBY, M., SINDEN, J.A., y KAINÉ, G.W., 1993. Appraisal of agroforestry investment under uncertainty: a South Australian case study. *Australian Forestry*, 56(2), 109-119.
- LUX, M., PLATEN, H. von, 1995. Consumo y comercialización de la madera en Baja Talamanca, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico n° 258. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1996. 97 p.
- MINISTERIO DE ECONOMIA, INDUSTRIA Y COMERCIO (1982-1997). Índice de Precios al Consumidor - Boletín Mensual. Dirección General de Estadística y Censos., San Jose, Costa Rica. Años 5 - 19.
- PROGRAMA INTEGRAL DE MERCADEO AGROPECUARIO (PIMA), 1997. Lista de precios de plátano en el mercado mayorista del PIMA, 1982-1997. Datos no publicados.
- PLATEN, H. von y LUJAN, R., 1993. Precios de madera en Costa Rica. Datos no pub
- PORRAS, R., 1997. Comunicación personal.
- RAMIREZ, O., MOSS, C. B. y BOGESS, W.G., 1994. Estimation and use of the inverse hyperbolic sine transformation to model non-normal correlates random variables. *Journal of Applied Statistics*, vol. 21, n°4, 289-304.
- RAMIREZ, O., 1997. Estimation and use of a multivariate parametric model for simulating heteroscedastic, correlated, non-normal random variables: the case of corn-belt corn, soybeans and wheat yields. *American Journal of Agricultural Economics*,
- ROBINSON, H., 1989. Un modelo econométrico del mercado internacional del cacao desde la perspectiva de los países centroamericanos. *Turrialba*, 39(4), p. 511-518.
- SMIDTS, A., 1990. Decision making under risk: a study of models and measurement procedures with special reference to farmer's marketing behaviour. Wageningen: Agricultural University. 329 p.
- SOLORZANO, R., 1991. Accounts overdue: Natural Resource Depreciation in Costa Rica. Tropical Science Center, San Jose, and World Resources Institute, Washington.
- THE WORLD BANK, 1986. Price prospects for major primary commodities. Washington, D.C.. 322 p.

Cuadro 1- Modelaje de precios para cacao

Parámetros	ρ	b_0	b_1	σ	θ	μ
Valores	0.37630	1.92833	-0.01280	0.57176	1.16959	1.61603
Desv. Estándar	0.07222	0.31032	0.00582	0.14641	0.34875	0.58223
Valores T	5.21035	6.21396	2.20006	3.90510	3.35362	2.77560
Valores P	1.00000	1.00000	0.98311	0.99982	0.99911	0.99579

Cuadro 2 - Modelaje de precios para plátano

Parámetros	ρ	b_0	b_1	σ	θ	μ
Valores	0.39793	3.07034	-0.00636	1.05891	0.30706	21.09681
Desv. Estándar	0.07711	0.12007	0.00324	0.34471	0.11463	3.16228
Valores T	5.16039	25.57136	1.96518	3.07185	2.67865	6.67140
Valores P	1.00000	1.00000	0.97278	0.99835	0.99514	1.00000

Cuadro 3 - Modelaje de precios para laurel

Parámetros	ρ	b_0	b_1	σ	θ
Valores	0.39657	64.79763	3.10354	16.38008	-0.00002
Desv. Estándar	0.13476	11.34906	0.84813	2.67920	0.03387
Valores T	2.94282	5.70951	3.65929	6.11379	0.00045
Valores P	0.99546	0.99999	0.99903	0.99999	0.50018

Donde:

ρ - Índice de autocorrelación de Durbin-Watson

b_0 - Intercepto

b_1 - Pendiente

σ - Desviación estándar del error

θ - Cortosis

μ - Asimetría

Figura 1 - Precios reales de cacao (base=1997) : observados (1954-1997) y esperados (1998-2009);
tendencia lineal y dispersión de los residuos en el tiempo

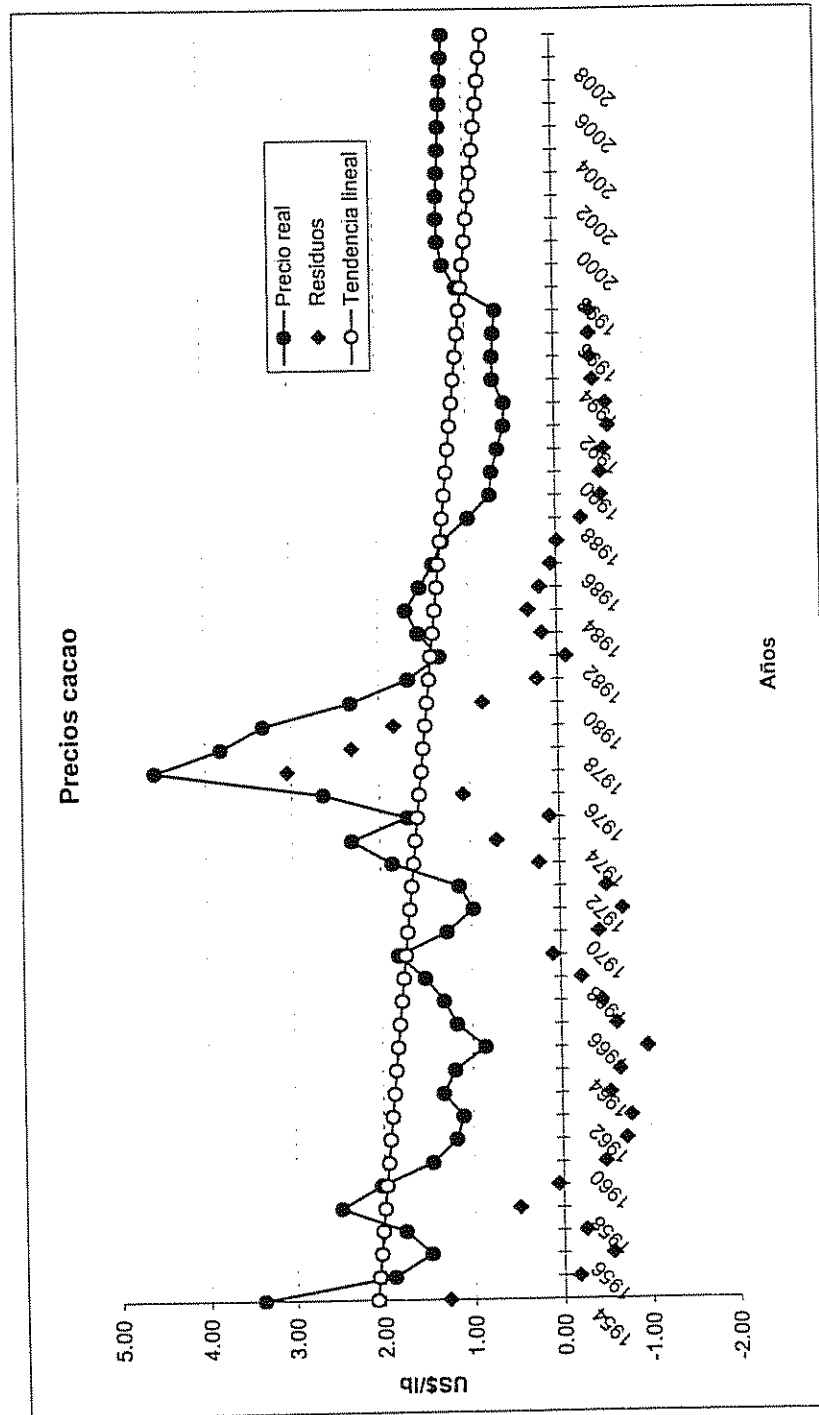


Figura 2a,b, y c - Distribución de frecuencias de precios de: a) Cacao (Bolsa de NY); b) Plátano (PIMA - Heredia - CR); y c) Laurel (patio de aserradero - SJ - CR) para los años 1998, 2003 y 2008

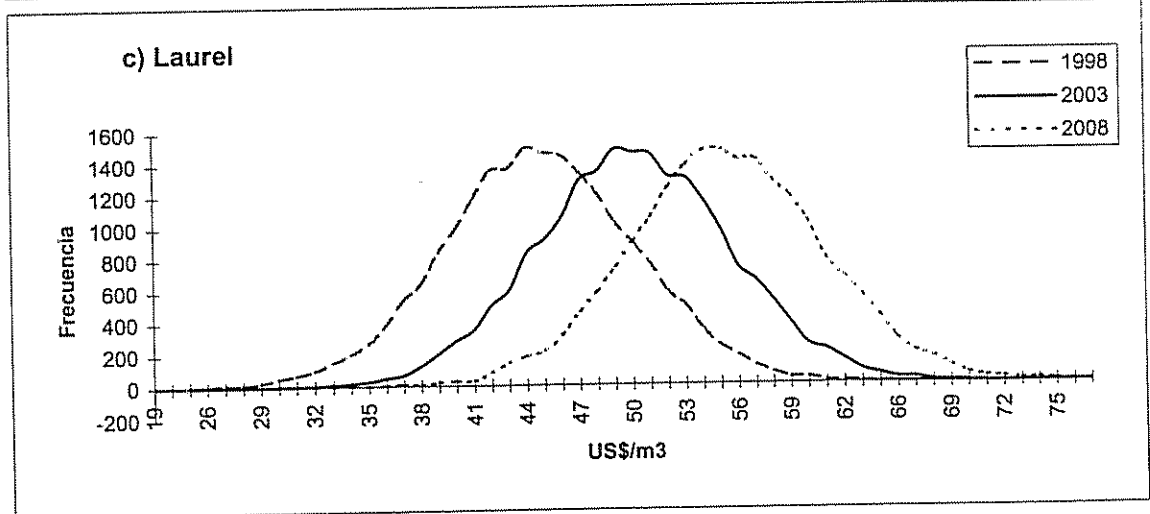
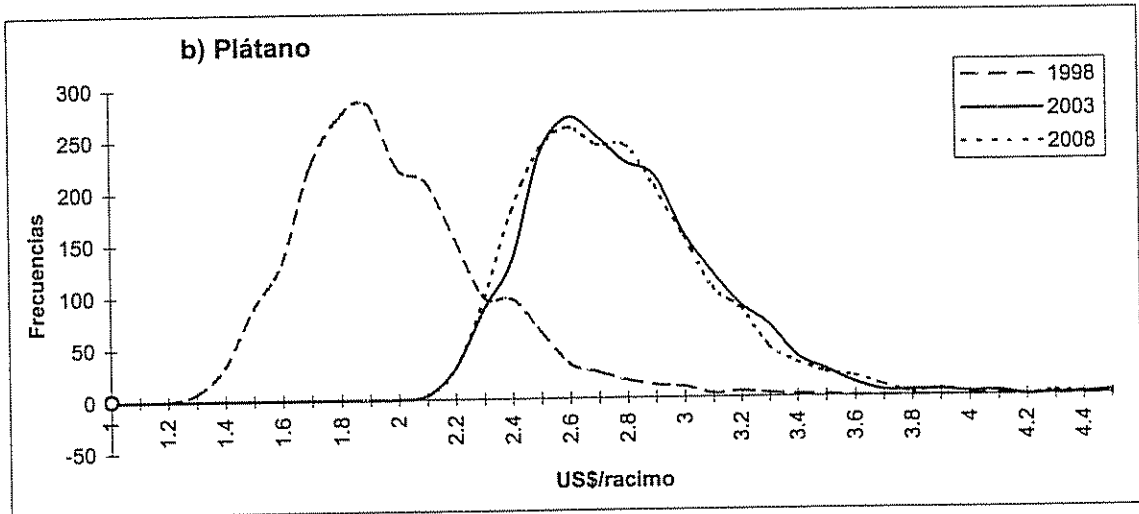
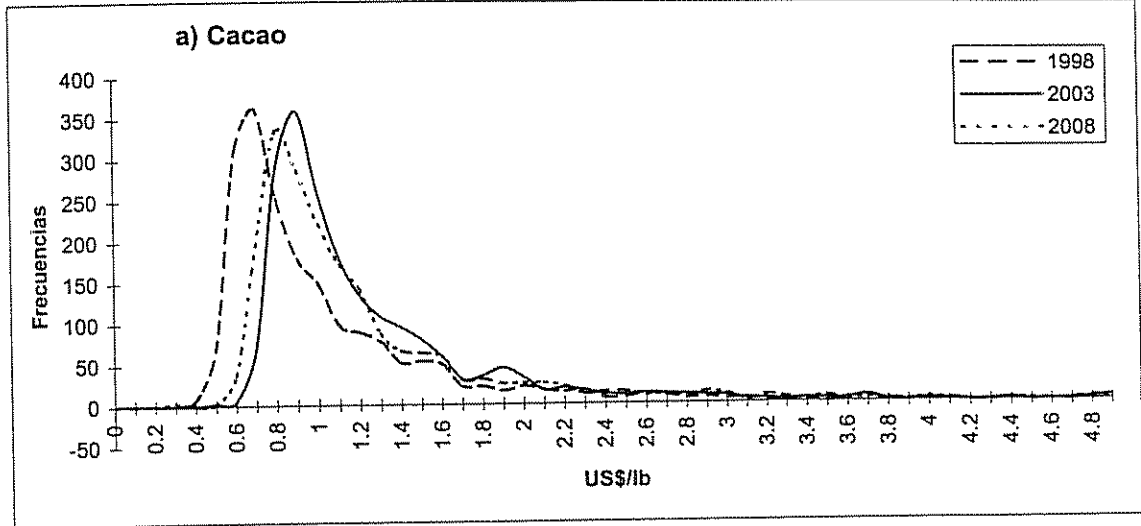
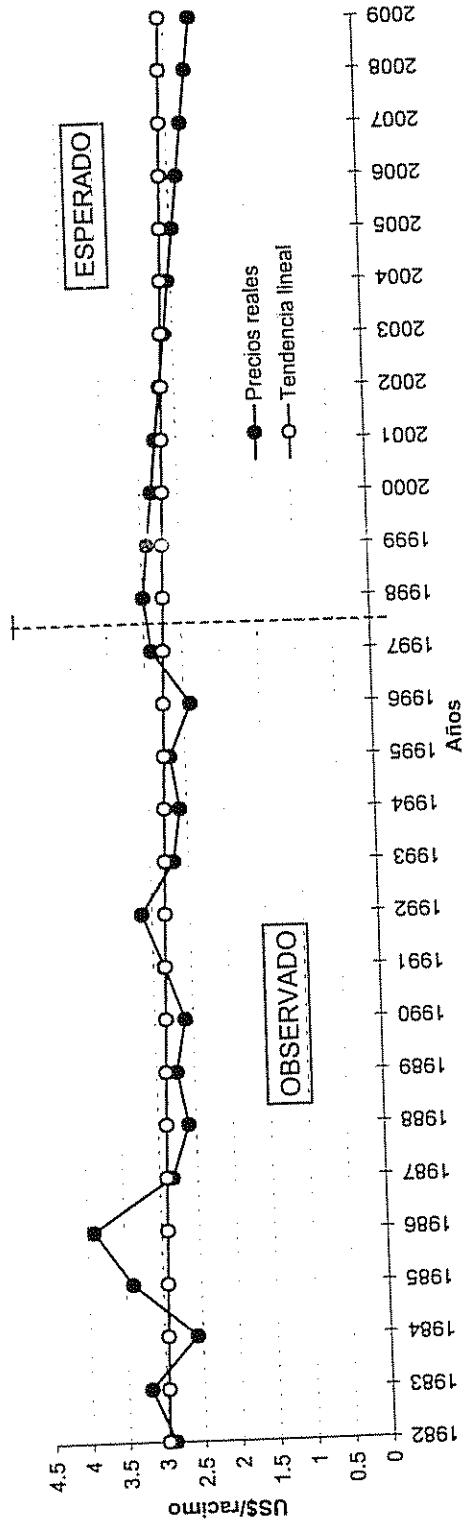


Figura 3 - Distribución de precios reales de plátano (base=1997) y residuos de la regresión en el tiempo

a) Precios de plátano: observados (1982-1997, promedio anual), esperados (1998-2009), y tendencia lineal



b) Precios de plátano: dispersión de los residuos de la regresión en el tiempo

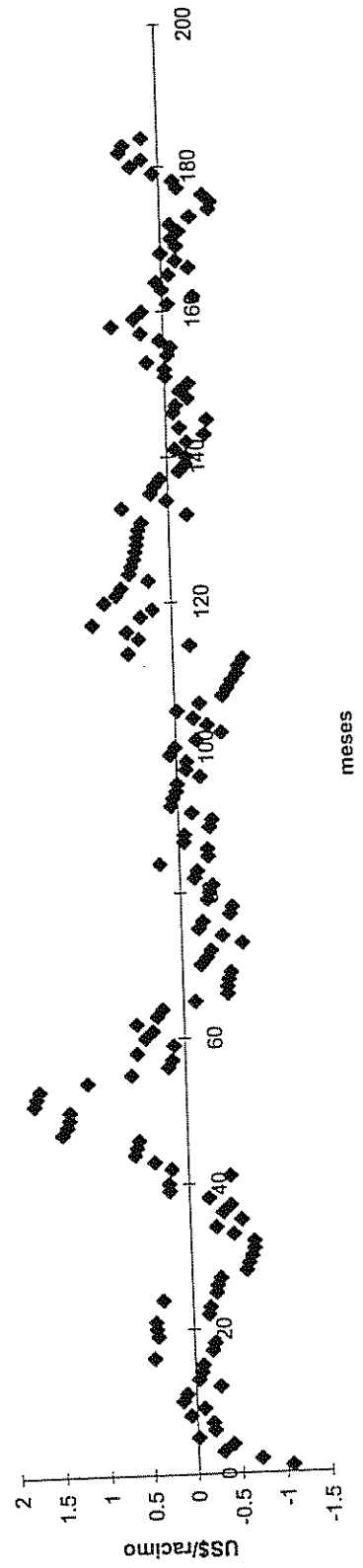
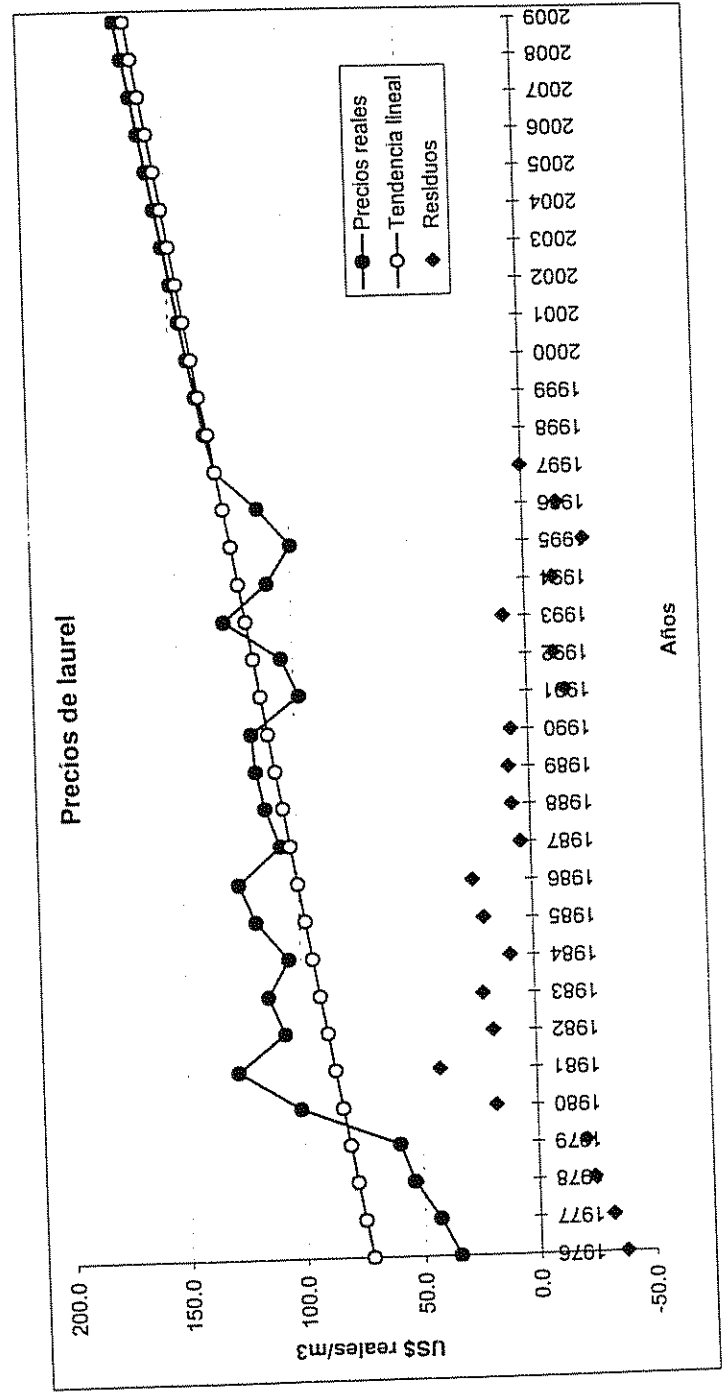


Figura 4 - Precios reales de laurel (base=1997) : observados (1976-1997) y esperados (1998-2009);
tendencia lineal y residuos de la regresión en el tiempo

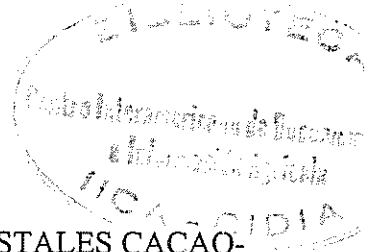


Anexo 1 - Precios reales (base 1997) de a)cacao (Bolsa NY), b) Plátano (al por mayor-PIMA) y c) Laurel (en troza puesto en aserradero en San José), utilizados en el modelaje

CACAO US\$/libra (1954-1997)	PLATANO US\$/racimo (enero/82 - abril/97)				LAUREL U\$/m3 (1976-1997)
3.37	2.09	4.38	2.86	2.49	34.8
1.89	2.43	4.35	2.60	2.29	43.0
1.48	2.85	4.34	2.75	2.56	53.6
1.76	2.74	4.73	2.74	2.25	59.5
2.48	3.13	4.70	2.92	2.62	101.1
2.02	2.94	4.66	2.86	2.59	128.0
1.46	2.95	4.12	2.61	2.45	107.2
1.19	3.20	3.61	2.33	2.53	114.1
1.11	3.04	3.18	2.48	2.43	104.8
1.32	3.28	3.13	2.63	2.68	118.7
1.19	3.23	3.53	2.81	2.68	125.8
0.85	2.84	3.10	2.55	2.88	107.3
1.17	3.08	3.42	2.29	2.64	113.6
1.31	3.04	3.33	2.23	2.60	117.2
1.52	3.02	3.51	2.18	2.72	118.7
1.81	3.57	3.27	2.11	2.93	97.4
1.27	2.90	3.20	2.09	3.26	104.8
0.97	2.87	2.82	2.03	3.00	129.3
1.13	3.51	2.45	3.32	2.90	110.2
1.86	3.52	2.45	2.61	2.60	99.6
2.31	3.52	2.43	3.19	2.31	113.5
1.69	2.91	2.40	3.32	2.65	131.4
2.63	2.89	2.73	3.71	2.71	
4.58	3.42	2.66	3.15	2.57	
3.82	2.81	2.61	3.01	2.34	
3.32	2.79	2.25	3.56	2.48	
2.31	2.75	2.47	3.42	2.64	
1.67	2.45	2.73	3.35	2.46	
1.32	2.42	2.68	3.03	2.51	
1.56	2.38	2.37	3.25	2.42	
1.69	2.35	2.34	3.22	2.51	
1.53	2.34	2.61	3.18	2.29	
1.38	2.57	2.58	3.16	2.07	
1.28	2.76	2.54	3.14	2.05	
0.98	2.47	2.74	3.13	2.13	
0.73	2.67	2.70	3.11	2.41	
0.71	2.58	3.12	3.07	2.45	
0.64	2.82	2.57	2.54	2.67	
0.57	3.26	2.57	3.28	2.92	
0.57	3.26	2.83	2.76	2.79	
0.69	2.56	2.82	2.94	3.04	
0.69	3.22	2.53	2.89	2.99	
0.68	3.41	2.50	2.82	2.77	
0.65	3.63	2.72	2.60		
	3.60	2.95	2.52		
	3.57	2.92	2.51		
	4.44	2.88	2.63		

Anexo 2 - Proyección de precios esperados para los próximos 12 años

C A C A O (U\$/lb) (Mercado internacional)		P L A T A N O (U\$/racimo) (Mercado mayorista -SJ-CR)		L A U R E L (US\$/m ³) (Puesta en aserradero - SJ - CR)	
1998	1.08		2.99		135.51
1999	1.24		2.92		139.02
2000	1.29		2.84		142.28
2001	1.30		2.77		145.45
2002	1.30		2.69		148.58
2003	1.29		2.61		151.69
2004	1.27		2.54		154.80
2005	1.26		2.46		157.90
2006	1.25		2.38		161.01
2007	1.24		2.31		164.11
2008	1.22		2.23		167.21
2009	1.21		2.15		170.32



CAPITULO 4
ESTABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CACAO-
PLATANO-LAUREL : ANALISIS COMPARATIVO

1. INTRODUCCION

La estabilidad de la producción y/o de ingresos en un sistema de intercultivos ha sido utilizada como criterio para comparar contra monocultivos, y justificar su adopción por el productor (Eberhart y Russell, 1966, Marten, 1988, Dubin y Wolfe, 1994). Se argumenta que la diversidad de un agroecosistema lleva a la estabilidad ecológica y financiera y que un sistema estable reduce la incertidumbre y los riesgos para el productor. "Estabilidad es el grado de constancia de la producción de cosecha a cosecha ante fuerzas disturbadoras provenientes de la fluctuación normal y otras variables del medio ambiente circundante" (Conway, 1985). Lo mismo se puede utilizar para ingresos.

El concepto de riesgo es de orden práctico (Mead *et al*, 1986). El agricultor busca reducir la probabilidad de una cosecha pobre en un año en particular. Sin embargo, la medida de "pobre" se queda indefinida. La alternativa es determinar un nivel mínimo dentro de un rango de valores de ingresos para el cual el riesgo representa la probabilidad de que para un determinado período este mínimo no sea alcanzado. Esta probabilidad puede ser estimada por el punto en que la curva de frecuencia acumulada de los ingresos intercepta la línea del nivel mínimo correspondiente al mismo período (Kirby *et al*, 1993).

Para reducir la inestabilidad de los ingresos causada por variaciones en los precios, cuando el productor opta por intercultivos, se hace necesario que la fluctuación de los precios individuales por componente sea independiente una de la otra ($-1 < r < 0$, r =correlación de los precios) (Somarriba, 1994). El asocio cacao-laurel-plátano (CLP) se propuso suponiendo que $r=0$. Cinco diferentes proporciones entre cacao y plátano (1C, 2C, 3C, 2P y 3P) espaciados a 1111 plantas/ha y un tratamiento aditivo con 50% de cada cultivo a 2222 plantas/ha (CP) constituyen las tecnologías CLP; el laurel tiene densidad fijada en 69 árboles/ha y funciona como una cuenta de ahorros al productor (Platen, 1992). El objetivo de este trabajo es evaluar la estabilidad y el riesgo de los ingresos de

diferentes tecnologías CLP (Somarriba, 1994) y de monocultivos de cada uno de los componentes para el período 1998-2009. Los datos de productividad y costos han sido recolectados en el período 1990-1997 (Somarriba *et al*, 1995) y los precios pagados al productor fueron simulados en función de su comportamiento histórico.

2) METODOS

2.1) Ingresos anuales netos

Los ingresos anuales netos para cada tecnología son definidos por dos variables de comportamiento bien conocido (producción y costos) y de una variable de comportamiento poco conocido, que es el precio, y que fue simulada 20000 veces para cada producto (cacao, laurel y plátano) y año entre 1998-2009. Los ingresos netos fueron obtenidos a través de la siguiente ecuación:

$$IN_{ij} = Yc_{ij} * Pc [j] - Cc_{ij} + Yp_{ij} * Pp [j] - Cp_{ij} + Yl_{ij} * Pl [j] - Cl_{ij}, \text{ donde:}$$

IN es el ingreso neto de la tecnología *i* en el año *j*;

Yc, Pc y Cc son producción, precio y costos de cacao;

Yp, Pp y Cp son producción, precio y costos de plátano;

Yl, Pl y Cl son producción, precio y costos de laurel;

Los precios de cacao, plátano y laurel fueron modelados según parámetros de autocorrelación, asimetría y kurtosis típicos de la distribución para cada producto, y simulados con base en estos parámetros (Capítulo 3).

2.2) Valor Presente Neto (VPN)

Se obtiene el VPN a partir de la sumatoria de los valores actualizados para cada año del flujo de ingresos netos (Guerra, 1995). La ecuación para encontrar el valor presente neto de una inversión es:

$$VPN = \sum_{t=0}^n [R_t - C_t] * 1 / (1 + i)^t, \text{ donde:}$$

R_t = es el retorno al año *t*; C_t = Costos al año *t*;

i = es la tasa de interés; t = año en consideración;

Para cada simulación de precio corresponde una estimación de ingreso neto y una estimación del VPN para los 12 años. Así, se pudo comparar las tecnologías en función de estabilidad y riesgo a través de la distribución probabilística de los VPN en el tiempo. Los VPNs simulados para cada tecnología fueron divididos en clases de US\$ 200 y se determinó la distribución de frecuencias corriente, acumulada y la varianza. En este estudio se utilizan tres tasas de descuento, que son de 4%, 6% y 8%, referidas al dólar americano. De esta forma, se hacen 20000 simulaciones de VPN para cada tecnología y para cada tasa de descuento en el período 1998-2009. La simulación de los VPNs fue escrita en SAS para PC y se puede obtener copia del autor.

2.3) Estabilidad

El parámetro de estabilidad utilizado para cada una de las nueve tecnologías fue la varianza de los 20000 VPNs simulados; distribuciones de VPN con menor varianza representan las tecnologías más estables.

2.4) Riesgo

El parámetro usado para riesgo fue la probabilidad de que no se alcance un VPN mínimo entre 1998-2009. El VPN mínimo se calcula a través de la sumatoria de los ingresos mensuales mínimos en los 12 años. Se construyeron curvas de frecuencia acumulada de los VPN para cada tecnología, y para cada una de las tres tasas de descuento utilizadas. El intercepto del Nivel Mínimo de Ingresos (NMI) con la curva de frecuencia acumulada representa el riesgo asociado a cada tecnología.

2.5) Nivel mínimo de ingresos (NMI)

El Nivel Mínimo de Ingresos (NMI) representa la cantidad de dinero mensual que una familia rural promedio de la región necesita para un nivel de vida estándar. Para determinar el NMI se buscó información sobre los costos de mantenimiento de una familia rural promedio de la región de Bocas del Toro, Panamá. La canasta básica de alimentos está estimada en US\$ 193 mensuales para la región de Changuinola (Dirección

de Estadística y Censo, 1990), pero es considerada un indicador que subestima las necesidades básicas de la familia rural promedio de la región (MIPPE, INRENARE, CATIE y UICN, 1992). Estos autores sugieren un valor de US\$ 386 mensuales, y es lo que adoptaremos en este estudio. Esto equivale a decir que el VPN mínimo de una inversión orientada hacia cumplir con los requerimientos estándar de dinero de una familia rural promedio de Bocas del Toro es, para un período de 12 años, de $US\$ 386 * 144 = US\$ 55.512,00$.

Los datos de producción y costos utilizados en el análisis de estabilidad y riesgo están expresados por hectárea, lo que resulta en VPNs igualmente expresados por hectárea. Las ganancias totales anuales de una familia rural dependen del área de tierra asignada a los distintos cultivos, así que el NMI utilizado en este estudio fue ajustado a NMI/ha. Se hizo una búsqueda de información sobre el área promedio asignada a cultivos como cacao y plátano por familia rural de la región de Bocas del Toro (Dirección de Estadística y Censo, 1991, Somarriba, 1993), y se encontró que este área puede ser estimada en 4 ha. El NMI ajustado por hectárea cultivado es, entonces, de US\$ 96 mensuales, y el NMI/ha para los 12 años es de US\$ 13.824,00/ha.

3. RESULTADOS

3.1) Estabilidad

Laurel en monocultivo (LL) fue la tecnología que presentó menor varianza en los valores presentes netos (VPN) simulados para los 12 años, con $\sigma^2 = 0.2 \times 10^6$ para la tasa de interés $i = 4\%$, lo que significa que es la más estable bajo el criterio de estabilidad utilizado en este estudio (Figura 1). Sin embargo, la misma tecnología LL es la que tiene la mayor variabilidad en los ingresos netos anuales una vez que se cosecha toda la madera en el año 12 (Figura 2). La tecnología 3C es la que presenta los más altos promedios de VPN, seguida por 2C, 1C, 2P, 3P, CP, CC, PP y LL (Cuadro 1).

Las tecnologías con mayor proporción de plátano son más estables que las con mayor proporción de cacao. Esto se debe a que la fluctuación en los precios de cacao es mayor que en los precios de plátano (Capítulo 3). La tecnología menos estable para $i =$

4% es 3C, con $\sigma^2 = 24.6 \times 10^6$, seguida de CC (monocultivo de cacao). Sin embargo, la tecnología CC se torna menos estable a mayores tasas de interés.

3.2) Riesgos

La tecnología menos riesgosa para la tasa de interés de 4% ($i = 0.04$) es la 3C (Figura 3), con un índice de riesgo de 3%. La tecnología 3C es también la menos riesgosa para las tasas de interés de 6% (Figura 4) y 8% (Figura 5). Las 2 tecnologías más riesgosas, para el criterio utilizado en este estudio, son LL y PP, que representan los monocultivos de laurel y plátano para la región de Bocas del Toro-Talamanca, ambas con 100% de riesgo para cualquier tasa de interés utilizada.

Note que el riesgo es menor en tecnologías con mayor proporción de cacao (Cuadro 1) y menor en tecnologías con mayor proporción de plátano. Esto se explica porque las proyecciones de los precios de cacao son superiores a las de plátano, para los años 1998-2009 (Capítulo 3), por costos mayores asociados a tecnologías con mayor proporción de plátano y por las altas producciones de cacao (Capítulo 2). Una excepción es CC, que presenta riesgos mayores que 2P y 3P para $i = 4\%$ y $i = 6\%$, pero menores que 2P y 3P para $i = 8\%$. Las tecnologías 2P y 3P cuentan con el beneficio adicional del laurel, lo que disminuye el riesgo. Cuando la tasa de interés alcanza 8% se favorecen inversiones con retornos a corto plazo (cacao), en comparación con inversiones a largo plazo (laurel), que es el caso para 2P y 3P. Otra probable causa para el mejor desempeño de CC cuando $i = 8\%$ es la elevada varianza en la curva de frecuencias de precios de cacao, que resulta en una distribución de frecuencias de VPNs acumulada para CC con un rango más amplio que para 2P y 3P, o sea, la curva de CC presenta una pendiente menor que la de 2P y 3P.

La tecnología CP presentó costos de manejo bastante elevados (Capítulo 2), lo cual resultó en riesgos elevados. Note que a medida que aumenta la tasa de interés se disminuyen las diferencias porcentuales de riesgo entre CP y las otras tecnologías debido a la trayectoria sigmoide de las distribuciones acumuladas del VPN para cualquier tecnología.

4. DISCUSIÓN

El cacao y el plátano son dos cultivos importantes para el litoral atlántico de Costa Rica y Panamá (Somarriba, 1993). Plátano es un cultivo relativamente nuevo, en fase de expansión y con mercado asegurado por una demanda creciente (exportaciones en alza). Cacao experimenta un período de decrecimiento en superficie cultivada, lo que se explica sobre todo por la caída de precio en los últimos 10 años, pero también a la baja en rendimiento de cacao causado por *Moniliophthora roreri* (monilia). El plátano, por el contrario, ha mostrado precios favorables y muchos finqueros han sustituido sus cacaotales por platanares (Calvo y Platen, 1996).

Sin embargo, este panorama puede cambiar por sobreofertas de plátano (aunque poco probables en el corto plazo) y por los precios de cacao que ya han dado muestras recientes de recuperación. Además, la rentabilidad del cacao puede mejorar mediante la utilización de cultivares más productivos. La tendencia histórica de la región es que los productores cambian constantemente de cultivo, de acuerdo con las rentabilidades relativas que cada uno ofrece (Burgois, 1990, Somarriba, 1993). Este cambio no puede ser frecuente en cultivos perennes como el cacao, pues esto conlleva altos costos financieros. El intercultivo cacao + plátano puede ser una forma de contrarrestar variaciones en los precios o rendimientos de un cultivo con las variaciones del otro (Somarriba, 1994). Aumentos reales en los precios de plátano en los períodos 1984-1986 y 1992-1993 han efectivamente contrarrestado precios descendentes de cacao en estos períodos, lo que corrobora la ventaja del policultivo cacao + plátano sobre el monocultivo de cacao. Para los años de 1987 y 1991, sin embargo, ambas las curvas de precio son descendentes.

Ingresos anuales de tecnologías CLP resultaron superiores a los de monocultivos de cada uno de los componentes, especialmente a partir del año 7, cuando se empieza a cosechar el laurel. Comparaciones entre diferentes diseños de cacao asociado a palma africana y entre los respectivos monocultivos hechas en Malasia (Yusoff *et al*, 1986), también evidencian la superioridad de los asociados sobre los monocultivos en ingresos netos totales, para cualquier de los 3 niveles de precios evaluados. El asocio presentó también mayor estabilidad frente a las fluctuaciones de precio en el mercado. En un

experimento similar conducido en Ghana (Amoah *et al*, 1995), se encontró que no hubo reducciones significativas en la producción de palma cuando se introdujo cacao bajo consorcio y que las rentabilidades totales fueron mayores cuando se incorporó cacao.

El laurel se benefició de la fertilización y control de malezas dedicadas al cacao y al plátano, y presentó crecimiento entre los mayores reportados para la especie (Capítulo 3). En Changuinola, Panamá, se comparó tres especies maderables (*Cordia alliodora*, *Terminalia ivorensis* y *Tabebuia rosea*) en socios con cacao, y una especie de servicio (*Inga edulis*-control) en cuanto a los retornos financieros bajo condiciones experimentales (Trejos y Platen, 1995). El laurel a 278 árboles/ha mostró ser la opción más rentable, en que 50% de los ingresos fueron aportados por el cacao, 48% por el laurel y 2% por el cultivo de maíz (solamente el 1º año). El análisis de sensibilidad mostró que es el laurel el componente más estable en cuanto a cambios en los precios de los insumos, pero es el más afectado cuando el análisis proyecta bajas (aunque poco probables) en los precios de la madera.

Muchos son los enfoques que han sido dados a los conceptos y a la forma como se mide estabilidad. La variación entre cosechas o ingresos es la forma de medir estabilidad que más ha sido utilizada (Mead *et al*, 1986). Revisiones recientes indican, sin embargo, que las diferentes metodologías usadas pueden fácilmente conducir a resultados contrastantes (Mead *et al*, 1986, Lin *et al*, 1986, Dubin y Wolfe, 1994).

Para caracterizar la estabilidad en un sistema de cultivo en callejones, Ferreira y Kass (1995) midieron las variaciones en torno a los promedios de cosechas en 5 años consecutivos, y las descompusieron entre los 3 componentes más relevantes: precipitación, tendencia lineal temporal por precipitación y tendencia no-lineal o inexplicable, lo que posibilitó cuantificar la participación de las fuentes de variación en la estabilidad del sistema.

La mayor parte de la literatura sobre estabilidad se concentra en los factores que afectan la producción física de un sistema agrícola y pocos son los estudios que analizan la estabilidad de los ingresos, para el cual se requiere mayor profundidad de análisis de las otras dos variables del flujo de caja, que son precios de los productos y costos de producción. Los índices de estabilidad obtenidos en este estudio sirven para comparar tecnologías CLP entre si y con monocultivos, pero no sirven para compararlos con otros

estudios, pues la variabilidad en las condiciones de mercado no lo permitiría. Además, las varianzas obtenidas fluctúan en función del nivel promedio de los ingresos, del número de años analizados y de las tasas de descuento utilizadas.

Una de las hipótesis de este estudio fue que la diversidad de cultivos de los sistemas CLP resulta en mayor estabilidad de los ingresos, cuando comparada a los monocultivos. La varianza de los VPNs cuando $i = 4\%$ es, sin embargo, mayor para las tecnologías CLP que para monocultivos de plátano y laurel, lo que contradice tal hipótesis. Una posible explicación es que el espectro de posibilidades de ingresos es mayor cuando el sistema agrícola es compuesto por más de uno componente. Ingresos adicionales proporcionados por el laurel a partir del séptimo año contribuyen para este espectro más amplio. Varianzas de los VPNs son mayores en CC que en 3C cuando $i = 6\%$ y $i = 8\%$. Esto es un indicativo de que es el laurel que causa menor estabilidad de los ingresos en 3C cuando $i = 4\%$, una vez que los aportes económicos a largo plazo (como laurel) se reducen a la medida que se aumenta i .

El análisis de riesgo a que se propuso en este trabajo se basa en simulación de precios de productos agrícolas. Igualmente se podría simular producción o costos. Aparte de esta técnica, otras herramientas de análisis de riesgo han sido propuestas, como la teoría "portafolio", que expresa el riesgo asociado a la inversión agroforestal en función de la covarianza o correlación entre los retornos de los distintos componentes del sistema (Blandon, 1985). La teoría de la toma de decisiones parte del principio de que la forma como los finqueros reaccionan a las distintas situaciones de riesgo es bastante subjetiva y variable (Smidts, 1990), y que deben, por lo tanto, ser incorporadas en el proceso de análisis de riesgo. La misma teoría se ha utilizado para dividir problemas de decisión entre dos categorías: problemas estructurados, que permiten establecer una relación entre el contexto de decisión y el grado de conocimiento de las preferencias de riesgo y de la naturaleza de los riesgos, y problemas no-estructurados, que son analizados con base en conceptos de resiliencia (Brumelle *et al*, 1990).

Tecnologías con mayor proporción de cacao están, en este estudio, asociadas a niveles más bajos de riesgo, lo que significa que la probabilidad de que no se alcanza un nivel mínimo de ingresos (NMI) en un determinado año es menor que en las tecnologías con mayor proporción de plátano. Se cree que el motivo principal que lleva a estos

resultados es que las proyecciones de precios de cacao para los próximos 12 años son mejores que las de plátano. Estos resultados contrastan con los obtenidos para los primeros 5 años del ensayo (Calvo y Platen, 1996), que apuntan las tecnologías con mayor proporción de plátano como las más prometedoras. Sin embargo, el potencial productivo del cacao en el ensayo CLP no se había todavía manifestado, mientras que el plátano se encontraba en pleno pico de producción. Además, los precios de plátano mostraban tendencia ascendente en 1995, mientras los de cacao decrecían.

Cacao y plátano son cultivos con producción continua en el año pero con estacionalidad en cuanto a las cantidades cosechadas. La fluctuación de los precios se da a nivel de mercados de los grandes centros de consumo (plátano) e internacionales (cacao) y es independiente de las cantidades ofertadas a nivel de finca. Esta oscilación se da a corto plazo y genera incertidumbre con relación a los ingresos mensuales, lo que parece ser más importante para el pequeño productor que la incertidumbre asociada a la variación anual de los ingresos, y no fue analizada en este estudio. El análisis de riesgo mensual es más indicado que el anual cuando la tecnología a evaluar se dirige a pequeños inversionistas, siempre cuando se dispone de datos de producción, precios y costos mensuales, y se recomienda para estudios futuros de factibilidad de sistemas CLP.

5. CONCLUSIONES

Este estudio no permite concluir que los valores presentes netos (VPNs) de sistemas agroforestales Cacao-Laurel-Plátano son más estables que los de monocultivos de cada cultivo en separado. Los resultados obtenidos indican que monocultivos de laurel y plátano resultaron, al contrario, los más estables en este estudio, aunque los ingresos aportados por estas tecnologías sean los más bajos, para todas las tasas de descuento utilizadas, y considerando un período útil de 12 años. Tecnologías CLP con mayor proporción de plátano son más estables que las con mayor proporción de cacao. Esto se explica por una mayor fluctuación en los precios de cacao que en los de plátano. Una limitación de este estudio es que el parámetro de estabilidad utilizado, que es la varianza de los VPNs, es influenciado por el nivel promedio de los VPNs, lo que dificulta la interpretación de los resultados.

Tecnologías CLP con mayor proporción de cacao son las menos riesgosas al productor para los próximos 12 años, pues presentaron menor probabilidad de que los ingresos de la familia rural no alcancen el nivel mínimo para su mantenimiento. Esto se explica principalmente en función de que los precios esperados de cacao para los próximos 12 años son mejores que los de plátano y las tecnologías con mayor proporción de plátano son las más caras. Las producciones de cacao y plátano en el ensayo CLP son relativamente mejores que su producción bajo monocultivo, lo que proporciona ingresos anuales más elevados y menor riesgo.

Las tecnologías más estables resultaron también en las más riesgosas, para los conceptos y métodos para medir estabilidad y riesgo utilizados en este estudio. Esto significa que no hay ventaja en optar por tecnologías con mayor proporción de plátano, aunque estas proporcionen ingresos más estables, una vez que están asociadas a mayores niveles de riesgo.

6. BIBLIOGRAFIA

- AMOAHA, F.M., HUERTEY, B.H., BAIDOO-ODDO, K., 1995. Underplanting oil palm with cocoa in Ghana. *Agroforestry Systems* 30: 289-299.
- BURGOIS, P., 1989. Banano, etnia y lucha social en Centroamerica. San Jose, C. R., DEI, 1994, 332 p.
- CALVO D., G. , PLATEN, H. von, 1996. Cacao-Laurel-Plátano: costos y beneficios económicos. Serie Técnica. Informe técnico CATIE nº 264. Turrialba, Costa Rica, 55 p.
- CONWAY, G.R., 1985. Agroecosystems analisis. *Agricultural Administration* 20: 31-55.
- DIRECCION DE ESTADISTICA Y CENSO, 1991. Censo de población y vivienda, Provincia de Bocas del Toro, Panamá - Año 1990. Contraloría General de la República de Panamá, C. Panamá, Panamá. p. 135.
- DIRECCION DE ESTADISTICA Y CENSO, 1991. Censo Agropecuario de la Provincia de Bocas del Toro, Panamá - Año 1991. Contraloría General de la República de Panamá, C. Panamá, Panamá. p. 211.
- MIPPE, INRENARE, CATIE y UICN, 1990. Estrategia para el desarrollo sostenible de la Provincia de Bocas del Toro, Panamá - Diagnóstico Provincial. MIPPE, Changuinola, Panamá. 54p.
- DUBIN, H.J., y WOLFE, M.S., 1994. Comparative behaviour of three wheat cultivars and their mixture in India, Nepal and Pakistan. *Field Crops Research*, 39, p 71-93.
- EBERHART S. A. y RUSSELL, W.A., 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6, 36-41.
- FERREIRA, P. y KASS, D., 1995. Measuring stability and degradability of agroforestry systems. Simposio Internacional de Estadística en Agricultura y Medio Ambiente,

- Palmira, Colombia, 7-9 de Junio de 1995. Memórias: conferencia satélite. Cali (Colombia). CIAT, p. 39-52.
- GUERRA, G., 1992. Manual de Administración de Empresas Agropecuarias. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San Jose, Costa Rica. p. 39-77.
- KIRBY, M.C., SINDEN, J.A., y KAINE, G.W., 1993. Appraisal of agroforestry investment under uncertainty: a South Australian case study. *Aust. For.* 56(2), 109-119.
- LIN, C.S., BINNS, M.R., y LEFKOVITCH, L.P., 1986. Stability analysis: where do we stand? *Crop Science* 26, 894-900.
- MEAD, R., RILEY, J., DEAR, K., y SINGH, S.P., 1986. Stability comparison of intercropping and monocropping systems. *Biometrics* 42, 253-266.
- SOMARRIBA, E., 1993. Allocation of farm area to crops in an unstable costa rican agricultural community. PhD Thesis, University of Michigan. EUA, Michigan, 165 p.
- SOMARRIBA, E., 1994. Sistemas cacao-plátano-laurel. El concepto. Serie Técnica. Informe técnico CATIE n° 226. Serie Generación y Transferencia de Tecnología. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 34 p.
- PLATEN, H. von, 1992. Economic evaluation of agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poró (*Erithryna poeppigiana*) in Costa Rica. In: Sullivan, G.M. and Huke, S.M. (eds.). Financial and economic analyses of agroforestry systems. Proceedings of workshop of the Nitrogen Fixing Trees Association, Honolulu, Hawaii, USA, July 1991. p 174-188.
- TREJOS, S., y PLATEN, H. von, 1995. Sombras maderables para cacaoteros: aspectos económicos. Serie Generación y Transferencia de Tecnología n° 16. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica- Informe técnico n° 266, 41.
- YUSOFF, N.C., LEONG, C.W. y LAMIN, J., 1986. Intercropping cocoa and oil palm- eleven years of trial results. In: Cocoa and Coconuts: progress and outlooks. Pushparajah E. y Chew Poh Soon, (eds). The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 205-220.

Figura 1- Distribución de frecuencias y varianzas (V) de VPNs para $i = 4\%$, en los 12 años:
 a) Tecnologías 3C, 3P y 1C; b) tecnologías CP, 2P y 2C; y c) tecnologías CC, LL y PP

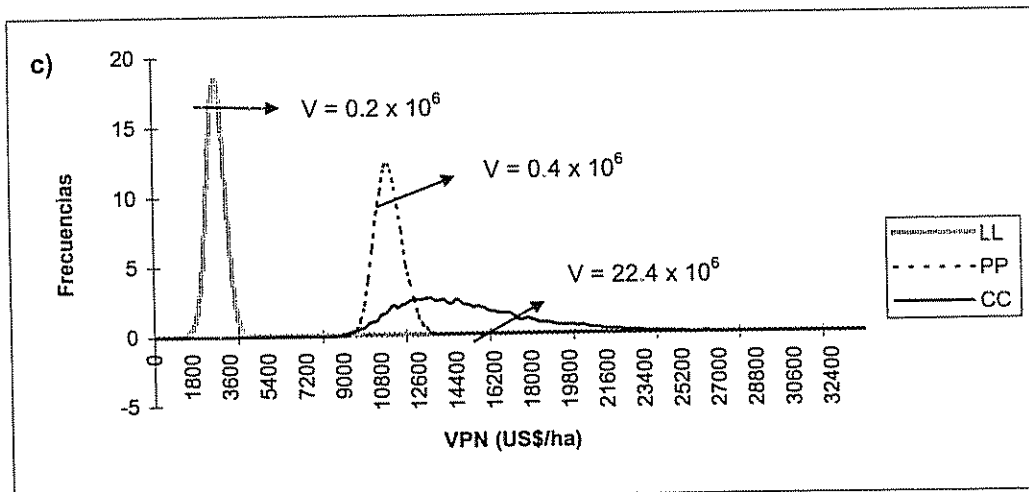
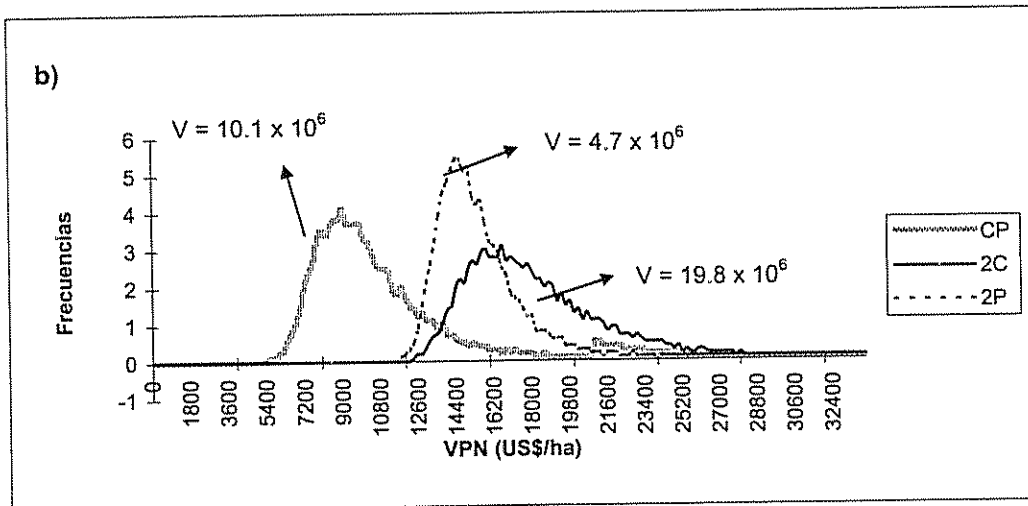
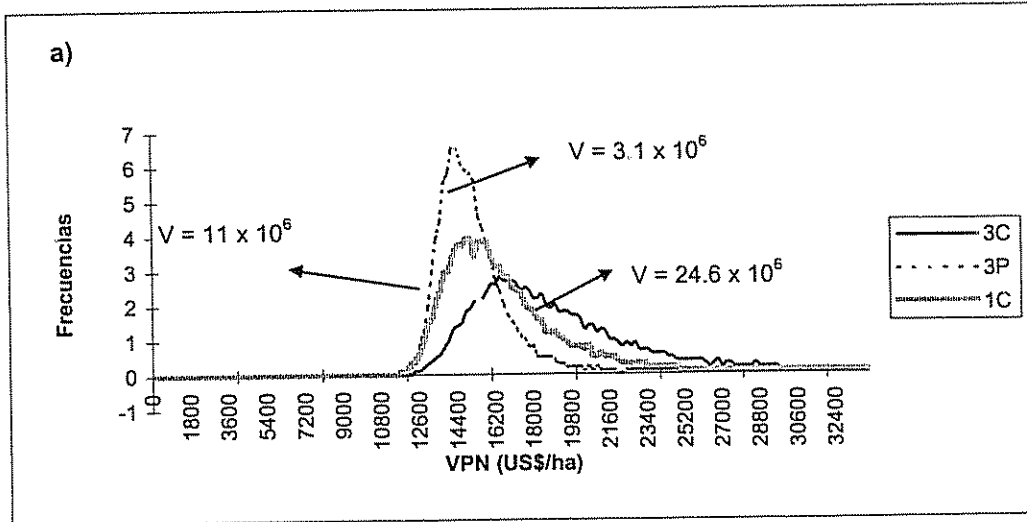
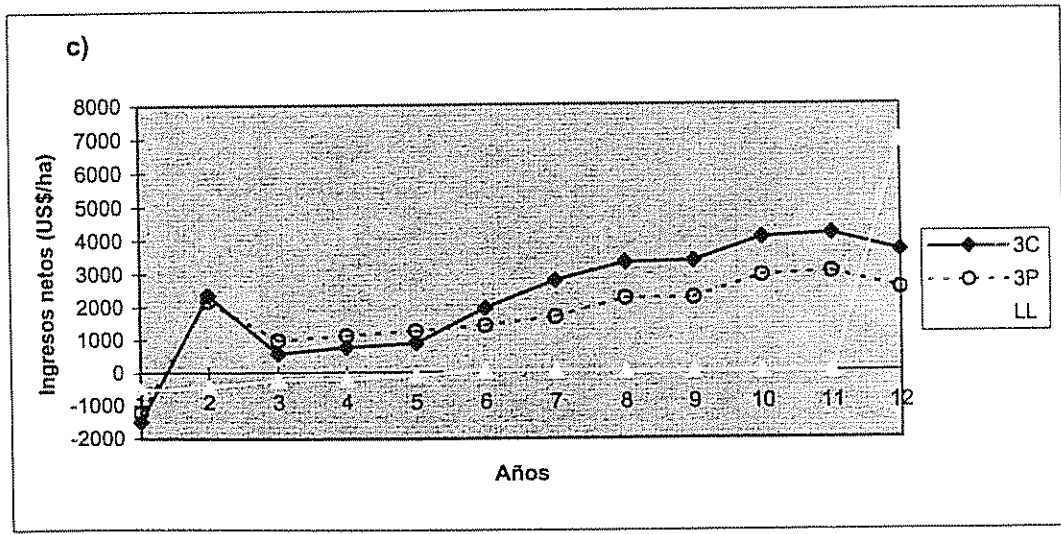
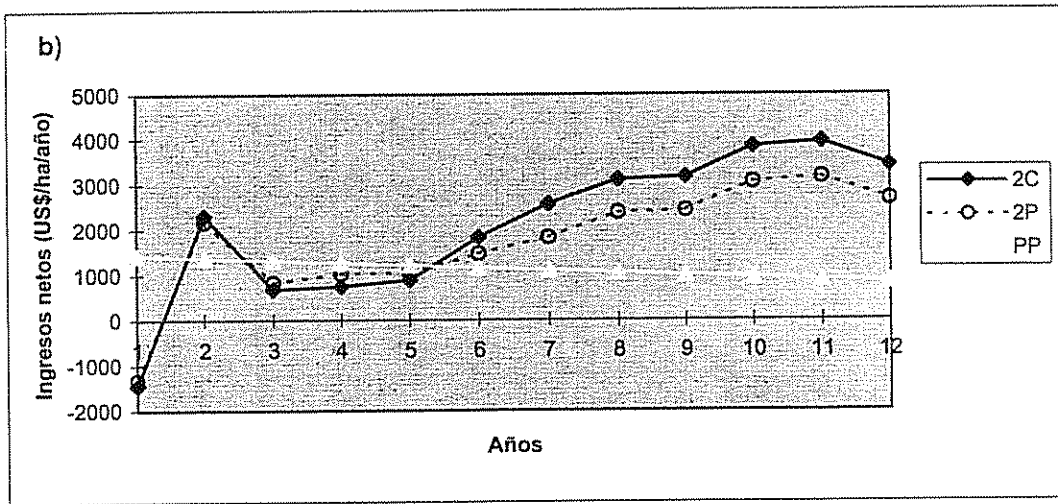
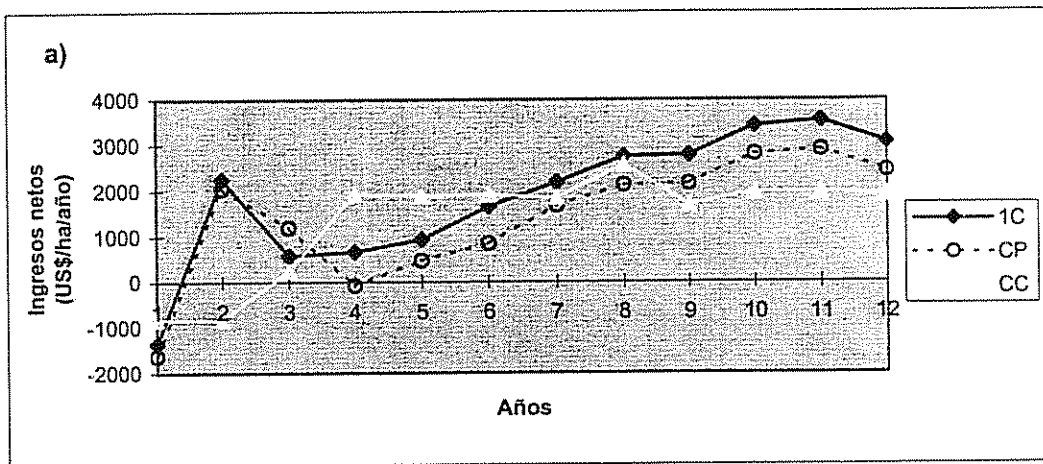


Figura 2 : Evolución de los ingresos netos anuales en ($i = 4\%$) : a) tecnologías 1C, CP y CC
 b) Tecnologías 2C, 2P y PP; y c) Tecnologías 3C, 3P y LL



Cuadro 1 - Promedios (US\$/ha) y varianzas de simulaciones de VPN y riesgos (%) asociados a tecnologías CLP y a monocultivos, a diferentes tasas de interés para el dólar americano

Tecnología	i = 4%			i = 6%			i = 8%		
	Promedio	Varianza	Riesgo	Promedio	Varianza	Riesgo	Promedio	Varianza	Riesgo
3C	19267	24.6x10 ⁶	3	16675	18x10 ⁶	24.2	14603	13.9x10 ⁶	53.6
2C	18455	19.7x10 ⁶	4.2	16083	14.7x10 ⁶	31	14034	11.5x10 ⁶	61.3
1C	16670	11x10 ⁶	12.7	14519	8.4x10 ⁶	52.4	12687	6.4x10 ⁶	79.8
2P	15480	4.7x10 ⁶	19.8	13540	3.7x10 ⁶	70.2	11928	2x10 ⁶	91.3
3P	15132	3x10 ⁶	21.2	13282	2.4x10 ⁶	77.3	11698	1.7x10 ⁶	95.1
CP	12450	10.1x10 ⁶	78.8	10796	7.6x10 ⁶	90.3	9372	5.7x10 ⁶	95.9
CC	12128	22.4x10 ⁶	75.5	10494	18.5x10 ⁶	85.9	9194	15.2x10 ⁶	91.2
PP	11301	0.4x10 ⁶	100	10391	0.4x10 ⁶	100	9620	0.3x10 ⁶	100
LL	3096	0.2x10 ⁶	100	2278	0.12x10 ⁶	100	1627	0.8x10 ⁵	100

Figura 3 - Distribución de frecuencia acumulada para VPN ($i = 0.04$) y riesgos asociados a las tecnologías CLP

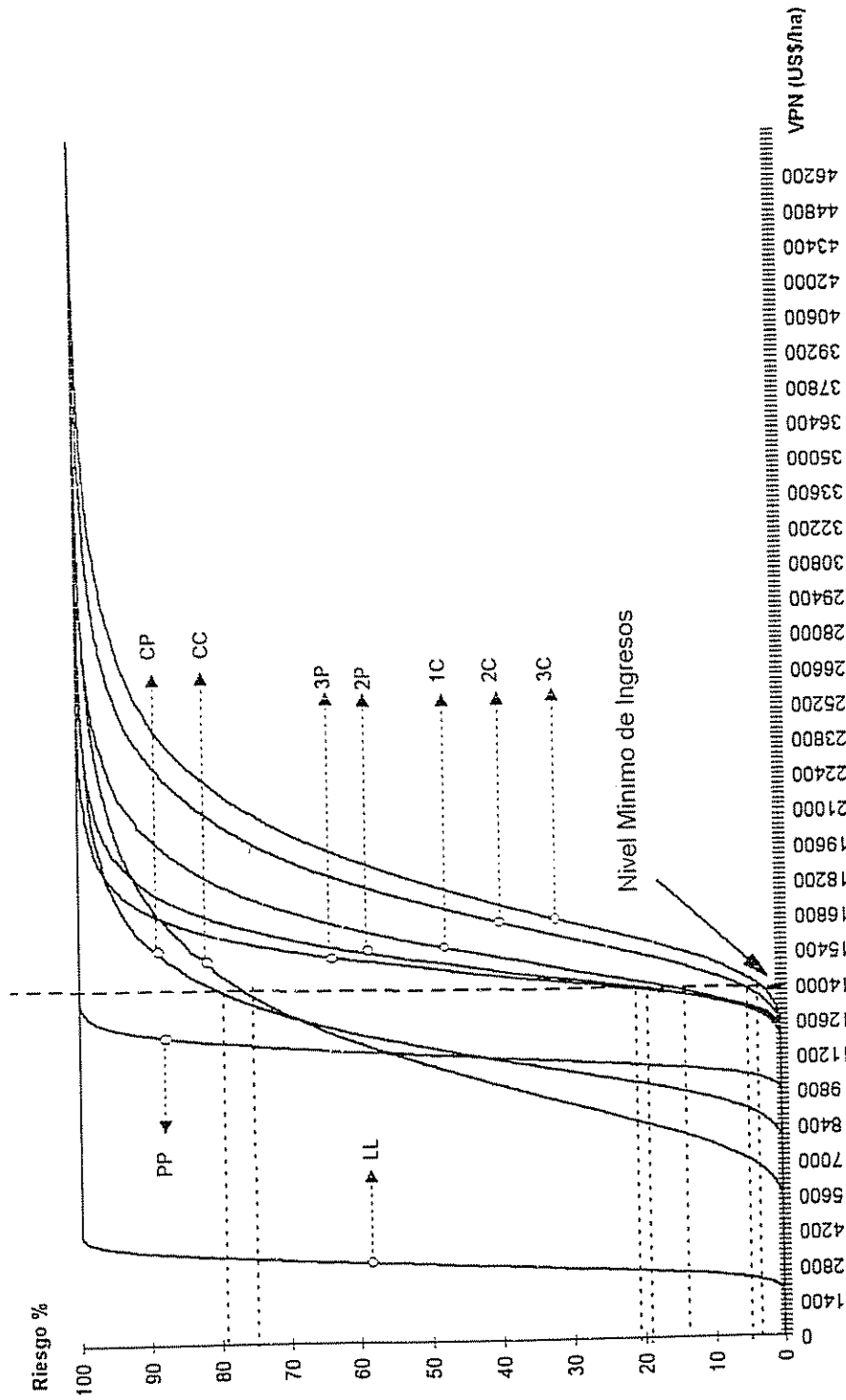


Figura 4 - Distribución de frecuencia acumulada para VPN ($i = 0.06$) y riesgos asociados a las tecnologías CLP

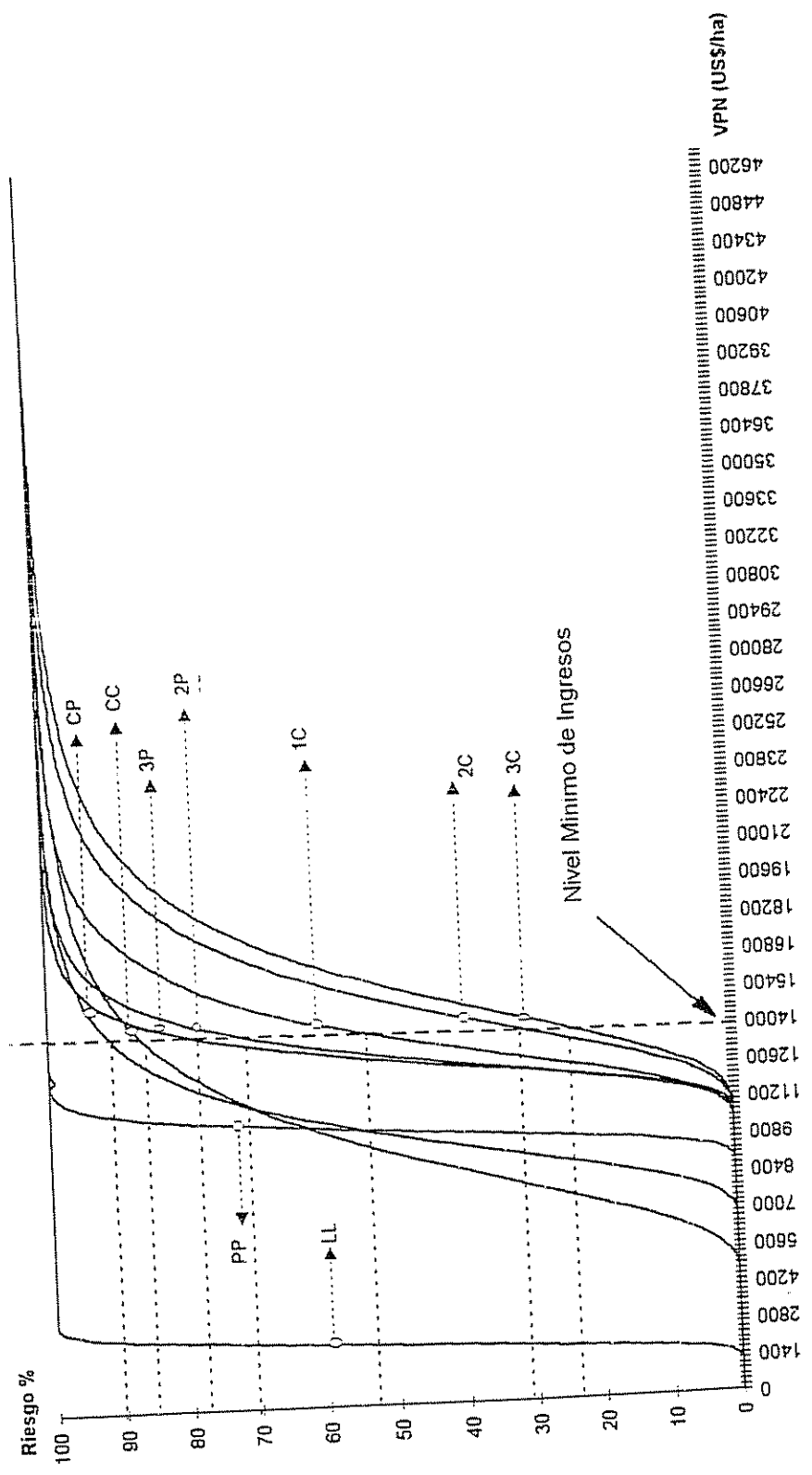
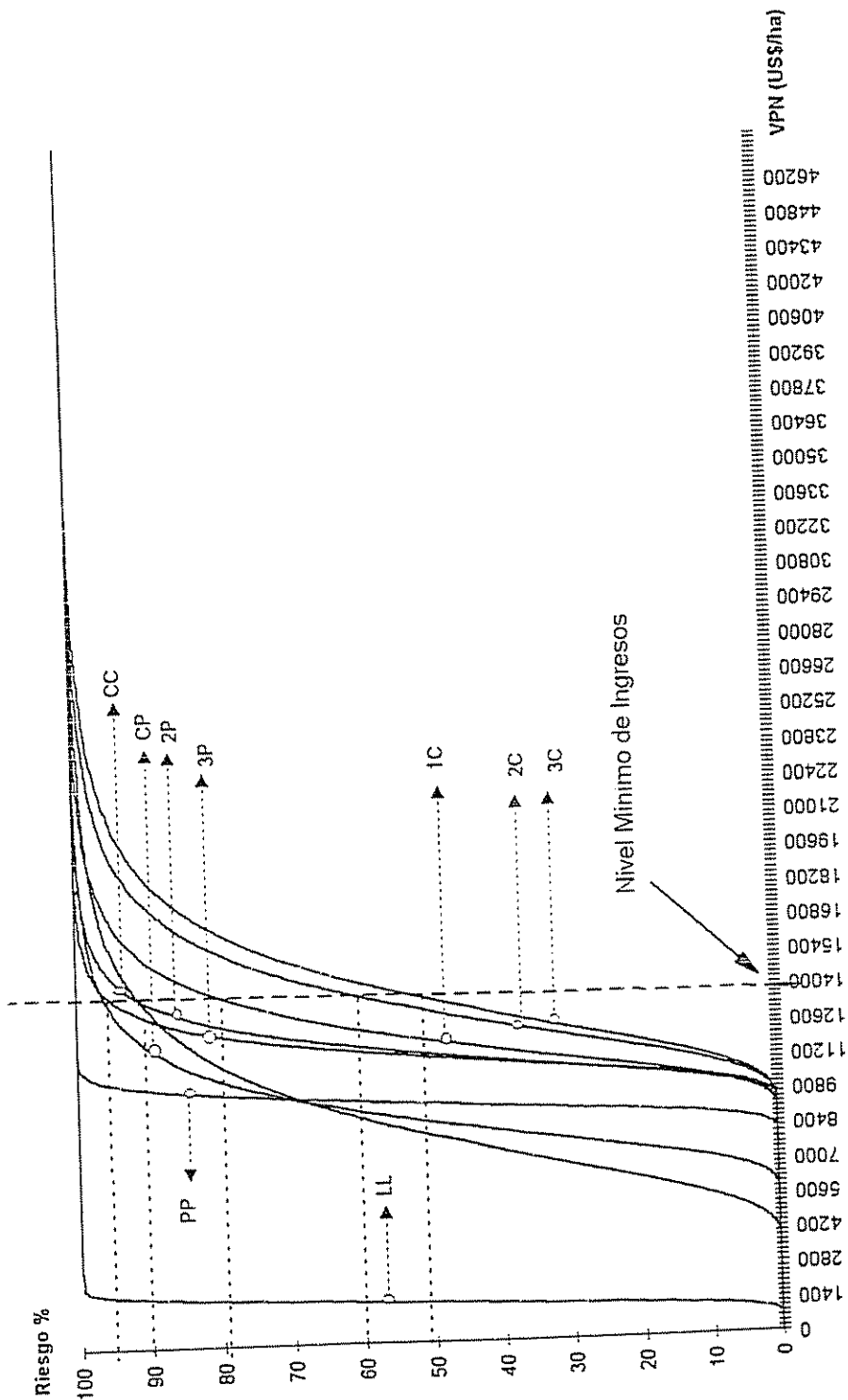


Figura 5 - Distribución de frecuencia acumulada para VPN ($t = 0.08$) y riesgos asociados a las tecnologías CLP



CAPITULO 5

ESTABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CACAO-LAUREL- PLATANO : CONCLUSIONES

Las producciones de cacao y plátano en tecnologías CLP son directamente proporcionales a las densidades poblacionales de cada cultivo en cada tecnología. El nivel de producción promedio de cacao (ajustado a 1111 plantas/ha) para los 12 años analizados es de 1155 kg/ha/año, lo que es superior a los generalmente reportados para cacao en asocio a otros cultivos, y comparable a los reportados para monocultivos altamente tecnificados en zonas ecológicamente óptimas para el cacao. Rendimientos promedio de plátano (ajustado a 1111 plantas/ha) para los años 1-12 fueron de 1544 racimos estándar/ha, lo que también es superior a los generalmente encontrados en literatura.

El crecimiento promedio de laurel del ensayo CLP presentado a la edad de siete años (27 m de altura y 35 cm de DAP), está entre los más altos reportados para la especie. El volumen de madera comercial de laurel en el ensayo CLP al final del año 12 (82 m³/ha) es casi igual al de una plantación pura de laurel de la región a espaciamientos de 3 x 3 m. Esto se debe a que la zona es ecológicamente óptima para el laurel, y a que el control de malezas, la fertilización de los cultivos y los amplios espaciamientos utilizados favorecen el desarrollo de los arboles.

Costos CLP son mayores que los de monocultivos analizados en este estudio. Las tecnologías con mayor proporción de plátano son las más caras por el uso intensivo de insumos, mientras que los costos de mano de obra son ligeramente mayores para el cacao.

Producciones de cacao, plátano y laurel de los asociados CLP resultaron en gran ventaja relativa a la de los monocultivos de cada componente. El Índice de Equivalencia de la Tierra (IET) alcanzó valores entre 2.08 para 3C y 2.15 para CP. Los índices siguieron favorables a las tecnologías CLP cuando se utilizó cifras de producción de monocultivos altamente productivos. Índices de Valor Relativo Total (VRT) fueron calculados a partir de ingresos netos relativos entre asociados CLP y monocultivos, a precios vigentes en Abril/95 en el mercado local. Se confirmó que a pesar de los costos más elevados de las tecnologías CLP, estas extienden la ventaja a parámetros económicos, con valores entre 1.88 para CP y 2.12 para 3P.

El análisis de precios de cacao, plátano y laurel mostró que precios anuales internacionales de cacao, ajustados a la inflación del dólar americano, han presentado en el periodo 1954-1997 y en promedio, una tendencia descendente de US\$ 0.0128/libra/año; lo mismo se concluye para plátano, cuyos precios decrecieron a US\$ 0.00636 reales/racimo/mes entre 1982-1997. Precios anuales de laurel han ascendido US\$ 3,10 /m³/año en el período analizado (1976-1997).

Las curvas de precios futuros estimadas para cacao y plátano son sigmoides, con una recuperación bastante brusca de los precios a partir de 1997, que sigue hasta 2001 para cacao y hasta 1998 para plátano, que son los respectivos puntos de cambio. El decrecimiento en los precios que se espera en seguida es mayor para plátano y menor para cacao. El trayecto de la curva de precios futuros estimados para laurel es lineal, y sigue una pendiente bastante similar a la de la regresión estándar.

La distribución de frecuencias de los precios simulados para cacao y plátano presenta fuerte asimetría para la derecha. Esto significa que la variación que ocurre cuando los precios son arriba de los esperados es, en promedio, mayor que cuando son abajo de los esperados. Las distribuciones de precios de cacao y plátano son leptokurticas, mientras que la distribución de precios de laurel es normal. La asimetría presente en la distribución de precios de cacao es más fuerte que la del plátano, indicando así mayor fluctuación en los precios de cacao que las de plátano.

Todas las series de precios utilizadas en este estudio (cacao, plátano y laurel) presentan fuerte autocorrelación en los residuos, indicando la existencia de un efecto residual de los factores que hacen que el precio actual sea diferente del esperado en un determinado año, sobre el año siguiente.

El análisis de estabilidad no permitió concluir que los valores presentes netos (VPNs) de sistemas agroforestales Cacao-Laurel-Plátano son más estables que los de monocultivos de cada cultivo en separado, tal como se suponía antes. Los resultados obtenidos indican que, al contrario, monocultivos de laurel y plátano resultaron los más estables en este estudio, para todas las tasas de descuento utilizadas, y considerando un período útil de 12 años.

Índices de estabilidad obtenidos en el presente estudio son determinados por la fluctuación de los precios. Las varianzas dependen del nivel promedio de los VPNs, del

número de años analizados y de las tasas de descuento utilizadas, lo que dificulta la interpretación de los resultados.

Tecnologías CLP con mayor proporción de plátano son más estables que las con mayor proporción de cacao debido a que precios de cacao fluctúan más que los de plátano. La alta estabilidad de los VPNs observada para el monocultivo de laurel también se puede explicar por la normalidad de la distribución de frecuencias de precios para laurel.

Tecnologías con mayor proporción de cacao son menos riesgosas al productor para los próximos 12 años debido a que los precios esperados de cacao para los próximos 12 años son mejores que los de plátano y porque las tecnologías con mayor proporción de plátano son más caras. Las producciones de cacao y plátano son buenas, así que las diferencias observadas en los riesgos no están, probablemente, asociadas a este factor.

Las tecnologías más estables son también las más riesgosas, según los criterios de estabilidad y riesgo utilizados en este estudio. Esto significa que no hay ventaja en optar por tecnologías con mayor proporción de plátano, pues aunque proporcionen ingresos más estables, están asociadas a mayores niveles de riesgo.

Los ingresos derivados de la venta de madera inician en el año 7 y contribuyen significativamente para bajar el riesgo asociado a las tecnologías CLP. Sin embargo, la contribución de laurel se ve reducida a tasas de descuento elevadas (e.j. 8%) pues los retornos son a largo plazo.