

Documento de Trabajo
Working Document
No. 194

Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR - CIAT

071 de 1998

*Resultados, Adopción e Impacto
en los Llanos Orientales de Colombia*



República de Colombia
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural



1999 - 2003

ISBN 958-694-066-7

Convenio de Cooperación Técnica y Científica
MADR – CIAT 071 de 1998

Resultados, Adopción e Impacto
en los Llanos Orientales de Colombia

Libardo Rivas R.

Proyecto de Evaluación de Impacto
Centro Internacional de Agricultura Tropical
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
1999 - 2003

La información y las conclusiones contenidas en ésta publicación, no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las entidades patrocinadoras.

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

ISBN: 958-694-066-7
Documento de Trabajo No 194
Tirada: 150 ejemplares
Impreso en Colombia
Julio 2004

Rivas Rios, Libardo

Resultados, adopción e impacto en los Llanos Orientales de Colombia / Libardo Rivas R. -- Cali, CO :
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2004.
281 p. -- (Documento de trabajo = Working document no. 194)
ISBN 958-694-066-7

Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR-CIAT 071 de 1998

Descriptores AGROVOC:

1. Desarrollo rural. 2. Desarrollo económico. 3. Cambio tecnológico. 4. Entorno socioeconómico. 5. Tendencias. 6. Indicadores sociales. 7. Adopción de innovaciones. 8. Acuerdos internacionales. 9. Plantas forrajeras. 10. Oryza sativa. 11. Arroz. 12. Mejora de pastizales. 13. Frutas tropicales. 14. Recursos genéticos vegetales. 15. Fitomejoramiento. 16. Capacitación. 17. Amazonia. 18. Colombia.

Descriptores Locales

1. Impacto de la investigación. 2. Llanos Orientales. 3. Orinoquia. 4. Indicadores ambientales. 5. Forrajes

Categoría de Materia AGRIS: E14 Economía y Políticas de desarrollo.

AGROVOC Descriptors:

1. Rural development. 2. Economic development. 3. Technological changes. 4. Socioeconomic environment. 5. Trends. 6. Social indicators. 7. Innovation adoption. 8. International agreements. 9. Feed crops. 10. Oryza sativa. 11. Rice. 12. Pasture improvement. 13. Tropical fruits. 14. Plant genetic resources. 15. Plant breeding. 16. Training. 17. Amazonia. 18. Colombia.

Local Descriptors

1. Research impact. 2. Eastern plains. 3. Orinoquia. 4. Environmental indicators. 5. Forage.

AGRIS Subject Categories: E14 Development economics and policies

I. Tít. II. Centro Internacional de Agricultura Tropical. III. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. IV. Ser.

Clasificación LC.: HC 79 .R4 R5

Contenido

Contenido	2
Presentación	6
Agradecimientos	7
Resumen	8
Capítulo 1	12
<i>Desarrollo Tecnológico y Crecimiento Económico en la Orinoquia y Amazonia de Colombia: Pasado, Presente y Futuro</i>	12
<i>Tendencias Socioeconómicas y Evaluación Económica Ex-ante del Cambio Técnico</i>	12
1. Introducción	12
2. Tendencias Socioeconómicas	17
2.1 Población	17
2.3 Indicadores Sociales	19
2.3 Indicadores Ambientales	21
2.4 Producción agregada	22
2.5 Producción Agropecuaria	23
3. Evolución de la producción, el área y los rendimientos	32
4. Impacto económico potencial del uso de mejores tecnologías	35
4.1 El modelo económico de evaluación	42
4.2 Supuestos tecnológicos	44
4.3 Supuestos económicos	46
5. Beneficios potenciales del desarrollo de tecnologías mejoradas	49
6. Viabilidad del cambio técnico en el área objetivo	57
7. Conclusiones	59
8. Referencias	63
Capítulo 2	68
<i>Evaluación del Impacto Económico ex-post del Cambio Técnico</i>	68
<i>Forrajes y Arroz en la Orinoquia y Amazonia de Colombia</i>	68
1. Introducción	68
2. Forrajes en la Amazonia y la Orinoquia	69
3. Arroz en la Amazonia y la Orinoquia	71
4. La adopción de pasturas mejoradas	75
4.1 Llanos Orientales	75
4.2 Caquetá	83

5. Adopción de nuevas tecnologías de arroz _____	88
6. Impacto de la adopción de mejores forrajes sobre la productividad _____	91
7. Ahorro de tierra por el empleo de mejores pasturas _____	100
8. Impacto del cambio técnico en producción de arroz en Colombia y en A&O _____	103
8.1 Impacto económico del cambio técnico _____	104
9. Ahorro de tierra por el uso de mejores tecnologías de arroz _____	113
10. Conclusiones _____	115
10. Referencias _____	118
Capítulo 3 _____	122
<i>Monitoreo y Evaluación del Convenio MADR – CIAT</i> _____	<i>122</i>
<i>1999 – 2003</i> _____	<i>122</i>
1. Introducción _____	122
2. Rutas críticas para lograr impacto sobre el desarrollo _____	124
3. Estructura del Convenio MADR – CIAT: Metas y logros esperados _____	127
4. Marco general de la evaluación del impacto económico _____	130
4.1 Monitoreo, adopción e Impacto _____	130
4.2 Condiciones necesarias para asegurar la adopción y el impacto _____	134
5. Las Metas del Convenio MADR – CIAT: Objetivos, Actividades y Resultados esperados _____	137
5.1 Meta 1: Evaluación del Impacto _____	137
5.2 Meta 2: Biotecnología – Frutas _____	138
5.3 Meta 3: Arroz _____	141
5.4 Meta 4: Gramíneas y leguminosas tropicales _____	141
5.5 Meta 5: Sistemas de Información geográfica, suelos y aguas _____	142
5.6 Meta 6: Recursos Genéticos _____	146
5.7 Meta 7: Desarrollo de tecnologías para sistemas de producción sostenible con maíz en los Llanos Orientales de Colombia _____	146
5.8 Meta 8: Capacitación y divulgación de los resultados técnicos _____	149
5.9 Meta 9: Ensamble y ajuste de sistemas de producción en el CNI Carimagua _____	149
6. Productos/resultados científicos _____	151
7. Monitoreo resultados e instrumentos metodológicos _____	162
8. Conclusiones _____	166
9. Referencias _____	168
Capítulo 4 _____	170
<i>Impacto Económico y Resultados: 1994 – 2003</i> _____	<i>170</i>
1. Introducción _____	170

2. Impacto económico potencial y resultados de la investigación en frutas tropicales	172
2.1 Introducción	172
2.2 Impacto económico potencial de la investigación en frutales	174
2.3 Otros resultados y productos tecnológicos.....	179
2.4 Formación de capital humano	181
3. Impacto económico y resultados de la investigación en arroz en Colombia y los Llanos Orientales.....	182
3.1 Introducción	182
3.2 Desarrollo de variedades	183
3.3 Impacto económico del empleo de nuevas variedades de arroz en Colombia..	185
3.4 Nuevos materiales de arroz en fases avanzadas para su liberación.....	188
3.5 Otros productos tecnológicos	188
3.6 Formación de capital humano	189
3.7 Producción de materiales científicos y de divulgación	190
4. Impacto económico potencial y resultados de la investigación en forrajes para la Orinoquia	191
4.1 Introducción	191
4.2 Nuevos productos tecnológicos (1994 – 2003)	192
4.3 Otros productos tecnológicos desarrollados por el Convenio	194
4.4 Impacto económico potencial de la adopción de nuevas alternativas forrajeras en la Orinoquia de Colombia	196
4.5 Formación de capital humano	201
5. Impacto económico potencial y resultados de la investigación en suelos y en sistemas de información geográfica (SIG) en los Llanos colombianos.....	203
5.1 Introducción	203
5.2 Manejo y uso de los suelos.....	203
5.3 Impacto económico potencial de la aplicación del concepto de capa arable en la Altillanura Oriental de Colombia.....	204
5.4 Otros productos resultantes de la investigación en suelos en los Llanos de Colombia	208
5.5 Desarrollo de bases de datos y fuentes de información sobre los suelos de los Llanos	208
5.6 Herramientas y metodologías para la planificación del desarrollo y el uso eficiente y sostenible de los recursos naturales	208
5.7 Formación de capital humano	210
6. Resultados y avances de la investigación en recursos genéticos.....	212
6.1 Introducción	212
porque muchas especies se encuentran amenazadas y 3) Diseño de técnicas para el control de enfermedades del germoplasma de los pastos tropicales.	213
6.2 Distribución de germoplasma.....	213
6.3 Caracterización de germoplasma	213
6.4 Resultados sobresalientes de investigación.....	214
6.5 Formación de capital humano	216
6.6 Divulgación de los resultados	216

7. Actividades y logros en capacitación científica.....	217
7.1 Introducción	217
7.2 Actividades de capacitación en el período 1994 – 2003	217
8. Resultados y logros en el área de Evaluación del Impacto	219
8.1 Introducción	219
8.2 Resultados en Evaluación del Impacto.....	220
9. Conclusiones	223
10. Referencias	226
Anexo 1	227
Instituciones colaboradoras	227
Capítulo 5.....	231
<i>Monitoreo y resultados de la Investigación y difusión del germoplasma mejorado....</i>	<i>231</i>
<i>Sitio de referencia de Puerto López y Llanos Orientales de Colombia.....</i>	<i>231</i>
1. Introducción.....	231
2. El área de trabajo	233
3. El enfoque de investigación	235
4. Resultados y Productos técnicos	239
4.1 Planificación a escala municipal	241
4.2 Planeación a escala veredal y de finca	243
5. Difusión del germoplasma mejorado en la Orinoquia de Colombia y limitantes para su adopción.....	252
6. Externalidades hacia otras regiones de Colombia	269
7. Conclusiones	270
8. Referencias	273
Capítulo 6.....	275
<i>Conclusiones generales.....</i>	<i>275</i>

Presentación

El gobierno nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) han venido financiando e implementando desde hace 10 años un programa de investigación y desarrollo agropecuario integral, dirigido a la Orinoquia colombiana, también conocida como los Llanos Orientales.

Para tal fin se ha suscrito entre las partes un Convenio Especial de Cooperación Técnica y Científica el cual ha tenido varias fases, una de ellas es el Convenio MADR –CIAT 071 de 1998, para la vigencia 1999 – 2003. En Junio pasado se firmó un nuevo Convenio para el 2004.

Esta alianza estratégica busca aprovechar al máximo la capacidad científica del CIAT, uno de los 16 Centros del Sistema Internacional de Investigación Agropecuaria (CGIAR, por sus siglas en inglés), para impulsar, de manera competitiva y sostenible, las actividades productivas en los Llanos colombianos, mediante la generación de germoplasma adaptado de pastos, forrajes, arroz, maíz y frutas, el desarrollo de mejores técnicas de uso y manejo de los recursos naturales, en especial las relaciones suelo - agua, y el diseño de metodologías e instrumentos de planificación y de toma de decisiones, a nivel de finca y de municipalidad.

Una de las áreas de trabajo del Convenio ha sido el análisis del beneficio económico de los productos técnicos generados y la evaluación del impacto derivado de la adopción de los mismos, en la región objetivo. Este trabajo académico se materializó en la producción de varios estudios, metodológicos y técnicos relativos al tema. Como una contribución al debate y al análisis, se presentan estos aportes a la amplia audiencia de investigadores, políticos, planificadores, estudiantes y público en general, que esta interesada en la problemática del sector agropecuario y en el desarrollo rural.

El trabajo realizado se recopila en el presente documento, que esperamos se constituya en una fuente valiosa de información, que ayude a mejorar la toma de decisiones para acelerar los procesos de modernización y de cambio técnico, tanto en los Llanos Orientales como en el resto del país.



Joachim Voss
Director General
CIAT, Cali, Colombia
Julio, 2004

Agradecimientos

El presente estudio se efectuó dentro del marco de las actividades adelantadas por el Convenio MADR - CIAT, y contó con la colaboración de un amplio grupo de personas y entidades que aportaron información, críticas, comentarios y sugerencias. Resultó indispensable el excelente apoyo prestado por los científicos y técnicos de los proyectos del CIAT, responsables de las distintas áreas de trabajo del Convenio. Se destacan los aportes brindados por Douglas Pachico, Rafael Posada Carlos Lascano, César Martínez, Edgar Amézquita, Zaida Lentini, Alvaro Mejía, Fernando Correa, Jaime Jaramillo, Ovidio Muñoz, Marcela Quintero y Mariela Rivera.

Obviamente las fallas, errores y opiniones de este trabajo son de la exclusiva responsabilidad del autor y no comprometen para nada, ni a los colaboradores ni a las entidades patrocinadoras.

Resumen

El presente documento resume el trabajo de análisis y evaluación económica del período 1999 – 2003, efectuado en el marco del Convenio de Cooperación Técnica y científico 071 de 1998, impulsado y financiado conjuntamente por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Las actividades de análisis y evaluación económica, fueron adelantadas por el Proyecto de Evaluación de Impacto del CIAT, contando con la estrecha colaboración de los otros proyectos del CIAT involucrados en el Convenio, y con el de muchas instituciones nacionales, locales y regionales, vinculadas a los procesos de desarrollo de los Llanos Orientales del país.

Este documento incluye 6 capítulos, que recogen el trabajo económico elaborado en el período de referencia. El Capítulo 1 analiza los aspectos generales del desarrollo técnico y económico en la región objetivo, incluyendo una visión retrospectiva de las tendencias socioeconómicas y el diseño de varios escenarios alternativos de desarrollo tecnológico, para evaluar el impacto potencial del uso de mejores tecnologías de producción agropecuaria, en la Orinoquia y Amazonia colombianas.

El Capítulo 2 se centra en la evaluación de dos procesos de cambio técnico, que en el pasado representaron un punto de inflexión, que dinamizó la producción y la productividad agrícolas, en este amplio territorio de la geografía nacional. 1) La adopción en gran escala de nuevas tecnologías de producción en el sector arrocero y 2) La utilización de pasturas mejoradas en las ganaderías de la Amazonia y Orinoquia.

El Convenio para su funcionamiento y control, se articuló alrededor de 9 Metas o subproyectos, claramente definidos en términos de objetivos, actividades, recursos y resultados esperados. Estas metas son: 1) Evaluación del Impacto. 2) Biotecnología – Frutas. 3) Arroz de secano. 4) Gramíneas y leguminosas tropicales. 5) Sistemas de información geográfica, suelos y aguas. 6) Recursos genéticos. 7) Desarrollo y adaptación de nuevo germoplasma de maíz, bajo la responsabilidad del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (CIMMYT) 8) Capacitación y divulgación y 9) Diseño y ajuste de nuevos sistemas de producción en el CNI de Carimagua, de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA)

En el Capítulo 3 se efectúa un análisis de la estructura del Convenio, mostrando la articulación entre las diversas áreas de trabajo, las Metas y actividades, los objetivos y los resultados esperados. Se efectúa un inventario de productos/resultados científicos, agrupándolos por categoría y se incluyen temas metodológicos sobre el monitoreo y la evaluación del impacto.

La cuantificación de los beneficios económicos logrados y potenciales, se presenta en el Capítulo 4. Si bien este trabajo se concentra en los productos/resultados obtenidos por el Convenio en el período 1999 –2003, en algunos casos se presentan resultados anteriores a éste período, dado que el gobierno nacional ha cofinanciado algunas actividades de investigación desde 1994.

El impacto del uso de las nuevas variedades de arroz, obtenidas con apoyo del Convenio y utilizadas en gran escala en toda Colombia y en los Llanos Orientales, se cuantifica en términos de ganancias de producción, derivadas del alza de los rendimientos por hectárea.

Nuevos materiales de gramíneas y leguminosas forrajeras mejorados, producidos por el trabajo del Convenio, se liberaron durante el año pasado y ya se cuenta con materiales promisorios, en avanzado estado de evaluación, para su próxima entrega a los ganaderos del país. El estudio incluye una evaluación del impacto económico potencial del empleo de los nuevos materiales forrajeros, así como un inventario de los resultados de la investigación para Llanos Orientales, tales como nuevas metodologías, sistemas de información, bases de datos y capacitación de personal técnico nacional.

Las frutas tropicales surgen como alternativas con alto potencial para generar valor agregado, empleo, ingresos y divisas para la economía nacional. Se incluyen los resultados de un ejercicio de evaluación del impacto de desarrollos tecnológicos que mejoran la productividad del lulo (*Solanum quitoense*), la guanábana (*Annona muricata*) y el tomate de árbol. (*Cyphomandra betacea*) También se presentan los principales avances obtenidos en la investigación de frutales, empleando técnicas avanzadas de biología molecular.

La investigación en recursos genéticos se enfocó hacia la conservación integrada de los recursos genéticos vegetales, con el fin de que las instituciones y usuarios nacionales, se beneficien de un germoplasma debidamente caracterizado, que se ajuste a los estándares internacionales. Se enfatizó en la identificación de germoplasma elite, apropiado para sistemas agrícolas y ganaderos del país. Los resultados en ésta área de trabajo tienen que ver con: 1) Caracterización, documentación y distribución de germoplasma viable a usuarios nacionales. 2) Caracterización de germoplasma de interés para instituciones colombianas. 3) Establecimiento de protocolos para la conservación de especies frutales nativas y 4) Entrenamiento y capacitación de personal técnico nacional y 5) Comunicación y difusión de los resultados obtenidos.

El Convenio ha dado particular énfasis a la formación de personal técnico nacional, por lo cual el tema de capacitación, se definió explícitamente como una de las Metas del mismo. Se busca el fortalecimiento de la capacidad científica y de investigación del personal vinculado a las instituciones nacionales. La labor de capacitación se ha desarrollado contado con la colaboración de varias entidades tales como Corpoica, Fedearroz y Unillanos. En el período 1994 – 2003, un total de 1618 investigadores y técnicos nacionales, fueron capacitados en temas relacionados con las áreas de trabajo del Convenio.

La Meta 5, que incluye los temas de Información geográfica (SIG), suelos y agua, produjo resultados de muy diversa naturaleza. Entre ellos se destacan las nuevas metodologías de apoyo a la toma de decisiones sobre manejo y uso de los suelos en la región de referencia, el diseño de bases de datos y de fuentes de información, para mejorar los procesos de planificación y de toma de decisiones en la Orinoquia. Se diseñó y probó una metodología para la construcción de capa arable en éstos suelos frágiles, que permite adelantar actividades agropecuarias diversificadas y sostenibles a lo largo del tiempo. El objetivo es transformar suelos de muy baja productividad, en recursos de alta calidad, a través de prácticas planificadas de mejoramiento físico, químico y biológico del suelo. Para evaluar el potencial de ésta tecnología, se realizó un ejercicio de evaluación del impacto económico *ex – ante*, estimando las ganancias en producción y productividad derivadas de la construcción de capa arable y de la implementación de sistemas de rotación de cultivos altamente productivos.

Dentro del trabajo en los Llanos colombianos se definió como sitio de referencia al municipio de Puerto López, en el departamento del Meta. El sitio de referencia constituye un área específica, representativa de las condiciones biofísicas y socioeconómica de la región de interés. En ella se prueban y evalúan los productos técnicos, para posteriormente extrapolarlos a áreas geográficas con condiciones similares. El Capítulo 5 documenta el monitoreo y los resultados de la investigación efectuada en Puerto López.

Se diseñó y aplicó, un amplio grupo de metodologías de planificación participativa, de evaluación biofísica de potencialidades y usos de los recursos naturales y de análisis y evaluación económica a diferentes escalas. Gran parte del trabajo en el sitio de referencia se concentró en la planificación participativa en el ámbito municipal, veredal y de finca. Se trabajó estrechamente con la administración municipal para diseñar los Planes Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) y de Desarrollo Municipal. (PDM)

Una importante contribución del Convenio a la planificación municipal se dio en el tema de manejo de información a través de metodologías SIG (Map Maker), que permitió actualizar la información cartográfica disponible. El esfuerzo realizado tuvo un componente muy importante de capacitación de personal técnico local.

Las herramientas de planificación y de evaluación económica se ajustaron y validaron en cinco veredas del municipio de Puerto López: El Turpial, Puerto Guadalupe, Puerto Alicia, Umapo y la Victoria. Los fundamentos del trabajo a este nivel, están en la formación de capital social y en el fortalecimiento de la acción colectiva, para superar las restricciones que enfrentan los pequeños productores y puedan aprovechar mejor las oportunidades para elevar sus condiciones de vida. Como complemento a las acciones anteriores, se impulsaron proyectos productivos piloto de tipo comunitario, como el de Secado de Yuca en El Turpial o el Proyecto de Recuperación de Especies Arbóreas Nativas en Peligro de Extinción, con las comunidades indígenas asentadas en los resguardos de Umapo y La Victoria.

En resumen, el Convenio ha aportado durante su vigencia, un numeroso grupo de productos/resultados científicos, obtenidos en estrecha cooperación con diversas

instituciones nacionales: a) Conocimientos científicos básicos, de apoyo para la investigación actual y futura en Colombia y los Llanos Orientales. b) Germoplasma mejorado de pastos y de cultivos de alta productividad y adaptado a las condiciones edáficas y climáticas de la región objetivo. c) Metodologías para la planificación y para el uso y manejo eficiente de los recursos naturales, a diferentes escalas. d) Herramientas para mejorar la toma de decisiones de producción. e) Desarrollo de bases de datos y fuentes de información y f) Formación de capital humano. Se espera que éstos productos de la investigación contribuyan eficazmente a impulsar en la Orinoquia, un desarrollo productivo sostenible, eficiente y competitivo.

En 2003, en ceremonia especial con participación de funcionarios del Ministerio de Agricultura y de diversas instituciones públicas y privadas vinculadas a la región y de agricultores y ganaderos de los Llanos, se hizo entrega oficial al gobierno nacional de 8 herramientas desarrolladas por el Convenio, para apoyar la planificación y la toma de decisiones sobre uso y manejo de los recursos naturales en la región de interés. Esas herramientas son: Arboles de decisión, Geosoil, Cufrucol, Map Maker, Sprint, Uvap, Hepp y Seguimiento.

El trabajo del Convenio, complementa y refuerza las acciones del sistema nacional de investigación, para aprovechar el inmenso potencial productivo de la Orinoquia nacional y acelerar el desarrollo económico nacional en las próximas décadas.

Los indicadores de eficiencia económica (valor presente y relación beneficio – costo) muestran que la inversión cofinanciada, por partes iguales, por el Ministerio de Agricultura y el CIAT, genera un alto retorno social y económico para el país, ya que se trata de un esfuerzo que involucra a un amplio grupo de actores nacionales, dentro de un esquema con metas claramente definidas en torno a aspectos críticos tales como: a) Mejoramiento de la productividad y la competitividad de la producción, b) Conservación de la biodiversidad, c) Protección del medio ambiente, d) Fortalecimiento institucional y del Sistema Nacional de Investigación y e) Formación de capital humano de alta calidad, para apoyar los procesos de innovación y cambio en el sector agropecuario del país.

Palabras Clave: *Tendencias, Tecnología, Adopción, Impactos Sociales, Rentabilidad, Viabilidad, Amazonia y Orinoquia, Colombia.*

Capítulo 1

Desarrollo Tecnológico y Crecimiento Económico en la Orinoquia y Amazonia de Colombia: Pasado, Presente y Futuro

Tendencias Socioeconómicas y Evaluación Económica *ex-ante* del Cambio Técnico

1. Introducción

La Amazonia y Orinoquia de Colombia (A & O) en conjunto representan un espacio territorial que corresponde a casi el 60% de la superficie total del país. La primera ocupa un área de 403 mil kmts² y la segunda 254 mil kmts². (González, L.M., 1989)

La Amazonia comprende el 35% de la superficie nacional y en términos de divisiones político administrativas está conformada por los departamentos del Caquetá, Putumayo, Guaviare, Guainía, Amazonas y Vaupés.

La Orinoquia, conocida genéricamente como los Llanos Orientales, ocupa una extensión equivalente a casi una quinta parte del territorio colombiano e incluye a los departamentos del Meta, Casanare, Arauca y Vichada. (Figura 1)

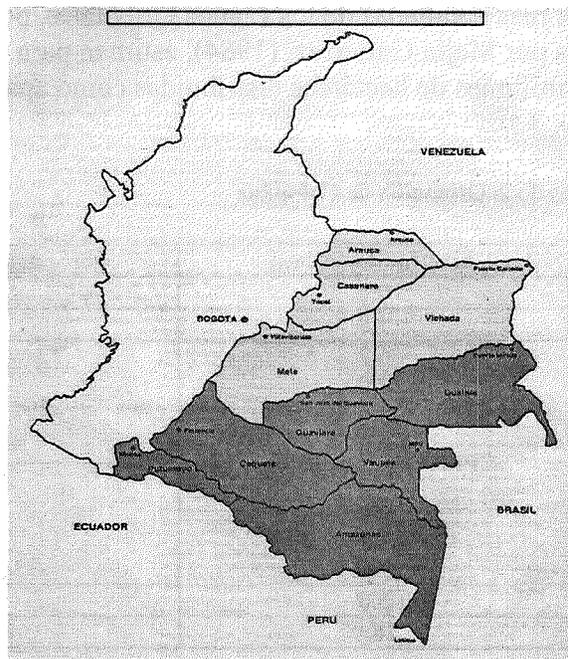


Figura 1. Amazonia y Orinoquia: Extensión y Ubicación Geográfica

En este vasto territorio el país posee sustanciales reservas de recursos productivos de diferente índole: Hídricos, energéticos, mineros, forestales, pesqueros, ganaderos y agrícolas y una enorme biodiversidad, que representan una gran posibilidad para incrementar el crecimiento, la productividad y la competitividad de la producción nacional a mediano y largo plazo, siempre y cuando se cuente con las tecnologías de producción apropiadas, el marco institucional adecuado y el desarrollo de la infraestructura física y social necesaria.

En términos de crecimiento relativo, la actividad económica se ha concentrado principalmente en los Llanos Orientales y en particular en el piedemonte del Meta, debido a razones tecnológicas y económicas tales como la mayor disponibilidad de alternativas de producción viables, mejor y más fácil acceso a mercados grandes como el de Bogotá, y condiciones de suelo y clima más favorables.

La Orinoquia en términos generales se puede subdividir en tres grandes subsistemas: a) Piedemonte Llanero, que es una zona de transición entre la región andina y la llanura orinocense con elevaciones de hasta 500 metros y ubicado en las proximidades de la cordillera oriental. Representa el 7.5% del área de la región; b) La Llanura anegadiza o abanicos aluviales, también conocida como Orinoquia mal drenada, con alturas por debajo de los 400 metros, ocupa el 20.1% y c) La altillanura, ubicada principalmente en los departamentos de Vichada y Meta, que no está sujeta a inundaciones estacionales y abarca mas de dos terceras partes de la Orinoquia, 72.4%.

Otros autores hacen divisiones más detalladas de los Llanos Orientales, por ejemplo FAO (1965) y Cortés (1978) citados por Mejía Gutiérrez (1984), estiman para Los Llanos Orientales un área total de 26 millones de hectáreas distribuidas como aparece en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Paisajes geomorfológicos de la Orinoquia de Colombia

Subregión	Área (millones has)	Porcentaje del total (%)
Piedemonte	0.7	2.5
Aluviones recientes	1.3	5.0
Orinoquia mal drenada	5.2	20.1
Llanura aluvial de desborde	3.0	11.3
Llanura eólica	2.0	8.0
Pantanos	0.2	0.8
Orinoquia bien drenada	13.8	53.2
Terrazas aluviales	0.6	2.6
Altillanuras planas	4.2	16.0
Altillanuras disectadas	9.0	34.6
Andén del río Orinoco	5.0	19.2
Total	26.0	100.0

Fuente Mejía Gutiérrez, 1984.

La subdivisión de los Llanos Orientales de acuerdo con la aptitud de los suelos, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), muestra que casi tres cuartas partes de ellos (19.4 millones de ha) tiene vocación para ganadería extensiva y bosques.

Aproximadamente 3.5 millones de ha (13.5%) deberían preservarse como reservas de vegetación natural, bosques y protección de la vida silvestre. Cerca de 2.1 millones de ha (8.2% del total) son apropiadas para agricultura y ganadería intensivas.

Aproximadamente un millón de has (3.8%), se consideran aptas para ganadería semi-intensiva, reforestación y cultivos permanentes, pero requerirían prácticas intensivas de conservación de los suelos.

El anterior estudio estima la extensión de la Amazonia colombiana en 37.8 millones de hectáreas. De ellas el 81% son suelos no aptos para la explotación agropecuaria bajo los sistemas tradicionales. El 18.5% presenta suelos con condiciones para la agricultura y ganadería, pero requieren adecuación y prácticas intensivas de conservación. Solo una pequeña fracción de los suelos (0.1%), presenta condiciones adecuadas para la explotación agropecuaria intensiva.

Es conveniente anotar que las cifras sobre la aptitud agrícola de los suelos deben tomarse como un indicativo muy general, ya que es bien conocido que ésta puede ser modificada por la generación de nuevas tecnologías y de germoplasma adaptado, que permitan superar los limitantes físicos, químicos y ambientales de una región determinada.

En un estudio de Sánchez y Cochrane (1985) empleando imágenes de satélite para caracterizar los sistemas de tierras de la región oriental del país, calculan que la Amazonia y Orinoquia colombianas comprenden una extensión de 62.9 millones de hectáreas de las cuales aproximadamente una cuarta parte corresponde a sabanas y tres cuartas partes a bosques. (Cuadro 2)

Cuadro 2. Principales unidades fisiográficas de la Amazonia y Orinoquia colombianas

Unidad fisiográfica	Sabanas (millones ha.)	
	Bien drenadas	Mal drenadas
Altillanura plana	3.4	
Altillanura ondulada y serranías	6.4	
Terrazas fluviales	1.3	
Piedemonte	0.9	
Total	12.0	
Aluviones viejos inundables		4.9
Total sabanas	16.9	
Unidad fisiográfica	Bosques (millones ha.)	
	Bien drenados	Mal drenados
Bosques sobre tierras bajas (planos y ondulaciones)	35.3	
Bosques sobre piedemonte	2.7	
Sabanas y bosques sobre colinas	1.6	
Bosques sobre aluviones recientes		6.4
Total bosques	46.0	
Total de bosques y sabanas en Amazonia y Orinoquia	62.9	

Fuente: Proyecto ETES, 1985.

Los suelos de la altillanura plana presentan las mejores condiciones para la mecanización agrícola, poseen una topografía adecuada, carecen de pedregosidad y presentan excelentes condiciones físicas para el laboreo. El desarrollo agropecuario de ésta región

se ha visto limitado por aspectos tecnológicos relacionados con la escasa oferta de germoplasma adaptado de pastos y de cultivos y de métodos y sistemas de producción ajustados a las condiciones económicas y ambientales de la región, que permitan desarrollar una producción agropecuaria rentable y viable desde la perspectiva económica y sustentable desde la óptica ambiental.

En las dos últimas décadas varios organismos nacionales e internacionales como CORPOICA, las Universidades, algunas entidades privadas y gremiales, el CIAT y el CIMYT, han efectuado importantes esfuerzos para desarrollar nuevas alternativas tecnológicas para la producción ganadera y de cultivos en la Amazonia y la Orinoquia. La mayor parte de los trabajos se ha concentrado en la Orinoquia, en tanto que las actividades de investigación agrícola para la Amazonia son más recientes y tienen un carácter marginal.

La anterior situación obedece a que actualmente es muy difícil obtener fondos para financiar investigación agropecuaria específica para la Amazonia, debido a que está muy arraigada la idea, entre muchos políticos y agencias de desarrollo, de que la expansión de la actividad agropecuaria en esa zona, representa una seria amenaza para el medio ambiente y especialmente para el clima global del planeta.

Las evaluaciones técnicas y la evidencia empírica, resultantes de las actividades de producción desarrolladas en este territorio, indican que en ésta región a pesar de existir un gran potencial para incrementar la producción y contribuir al crecimiento económico del país, es necesario hacerlo con cautela y utilizando las tecnologías apropiadas para evitar la degradación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Aunque su paisaje es muy variado en cuanto a geomorfología y características edáficas, y climáticas, en términos muy generales se puede afirmar que los suelos de la Amazonia y la Orinoquia presentan baja fertilidad, con pobre contenido de materia orgánica, y severos limitantes químicos relacionados con su alto contenido de aluminio de cambio y elevados niveles de acidez. Guerrero (1974), destaca que las características químicas y mineralógicas de los suelos de la Amazonia difieren en alto grado de las observadas en los Llanos Orientales.

En la Orinoquia el patrón de distribución de las lluvias genera prolongados periodos de sequía, intercalados con acentuadas épocas lluviosas, lo cual condiciona la producción agropecuaria de la región.

En la Amazonia los altos niveles de precipitación durante todo el año, dificultan la producción de cultivos comerciales por las inundaciones y los consiguientes problemas de comunicación por vía terrestre. En ésta área se ubica el mayor potencial forestal de Colombia, el 73% de los bosques y el 74% del volumen maderable comercial. (González, L., 1989)

La deficiente infraestructura de vías, que se inutiliza en gran parte durante los crudos inviernos, tanto en la Amazonia como en la Orinoquia, y la enorme extensión del territorio, implican que los costos de transporte de los productos y de los insumos

agropecuarios, representen una fracción muy significativa de los costos totales de producción, lo cual afecta negativamente la competitividad de la producción agropecuaria de la región.

Los procesos de colonización más importantes tanto de la Amazonia como de la Orinoquia comenzaron hacia mediados del presente siglo, en las áreas bajas del piedemonte (Caquetá, Meta y Putumayo) y siguiendo el curso de los ríos se abrieron diferentes frentes de penetración hacia el interior de la zona.

La población colombiana que actualmente la habita es reducida, solo representa el 5.4% del total, estimándose en aproximadamente 2.2 millones de personas. La densidad poblacional es muy baja, sustancialmente menor que el promedio del país.

En resumen se trata de un extenso territorio muy poco poblado, que contabiliza más de la mitad del territorio colombiano, en el que se concentran enormes reservas de recursos naturales y de biodiversidad, que de explotarse adecuadamente pueden contribuir significativamente al crecimiento económico de Colombia durante las primeras décadas del presente siglo.

La investigación agropecuaria adelantada conjuntamente por los Sistemas Nacional e Internacional de investigación, ha generado un importante acervo de germoplasma adaptado de pastos - gramíneas y leguminosas - de cultivos, de métodos de producción y de conocimientos científicos, que plantean la posibilidad real de desarrollar en esta región, particularmente en la Orinoquia, sistemas de producción rentables, competitivos y sostenibles en el largo plazo.

El objetivo de éste capítulo es presentar una visión general del desarrollo agropecuario en ésta zona, especialmente en la Orinoquia, por contar ella con un mayor volumen de información socioeconómica y porque en el desarrollo de las nuevas alternativas de producción, se ha dado particular énfasis a los Llanos Orientales. Esta visión general es útil como marco de referencia o línea de base, para la evaluación *ex-ante* de los beneficios sociales, que se pueden derivar de escenarios de adopción tecnológica factibles, que incluyen la utilización de sistemas de producción más sostenibles en el área objetivo.

Los resultados de la investigación se han concretado principalmente en la generación y liberación para uso comercial, de nuevo germoplasma, adaptado a las condiciones de baja fertilidad, elevada acidez y toxicidad del aluminio, de cultivos como arroz, maíz, soya, sorgo, y de pastos y leguminosas como *B. Brizantha* CIAT 26110 (pasto Toledo), *Cratylia argentea* (Cultivar veranera), el híbrido de *Brachiaria* liberado con el nombre de pasto Mulato (cruce de *B.ruziziensis* clon 44 – 6 X *B. brizantha* CIAT 6297), *B. dictyoneura*, *B. humidicola*, *A. gayanus*, *Centrosema acutifolium*, *Stylosanthes capitata* y *Arachis pintoi*.

Se considera que existe en la región un alto potencial para el desarrollo de frutales tropicales, por lo cual la investigación más reciente, apunta con especial énfasis hacia la identificación, adaptación y mejoramiento de germoplasma de frutales con alto potencial

para la zona. Las actividades forestales también aparecen como muy promisorias, algunas estimaciones presentadas por Moreno y Balcázar (1997) indican que si un 10% de la altillanura no inundable, 1.7 millones de hectáreas, se destinara a bosques artificiales, el valor de su producción superaría en 200 veces, los ingresos recibidos por la región por concepto de regalías petroleras.

2. Tendencias Socioeconómicas

2.1 Población

La población colombiana que habita en la Amazonia y Orinoquia se estima en 2.2 millones de personas. De ese total casi 1.3 millones (56%) se ubican en la Orinoquia. (Cuadro 3) La densidad poblacional llega a 3.4 habitantes/km², fluctuando entre 13 en Putumayo y 0.5 en Guainía. Resulta muy baja si se la compara con el promedio nacional - 36 habitantes/km². (Cuadro 4)

Cuadro 3. Evolución y proyecciones de la población en la Amazonia y Orinoquia colombianas. 1951-2005 (miles de personas)

Región	1951	1973	1999	2005
Orinoquia	123.0	382.2	1276.5	1475.8
Meta	67.5	261.9	686.5	772.9
Casanare	30.0	89.2	277.5	325.4
Arauca	13.2	18.9	232.0	281.4
Vichada	12.3	12.2	80.5	96.1
Amazonia	87.9	293.2	983.1	1134.1
Amazonas	7.6	15.7	68.6	80.5
Caquetá	46.6	180.3	410.4	465.1
Putumayo	22.5	67.3	325.5	378.8
Guainía	2.0	6.6	35.9	43.2
Guaviare	-	-	114.1	133.4
Vaupés	9.2	23.3	28.6	33.1
Total Orinoquia y Amazonia	210.9	675.4	2259.6	2609.9
Colombia	11548	22862	41539	46045
% de población de Orinoquia y Amazonia con respecto a Colombia	1.8	3.0	5.4	5.7

En ciertos períodos se ha observado grandes desplazamientos de población hacia la región, que se constituyen en nuevos frentes colonización, los cuales en los años más recientes, han estado ligados a la apertura de campos petroleros, como en los casos de Arauca, Putumayo y Vichada, No obstante, la participación de su población en el total del país sigue siendo muy reducida. Esta ha evolucionado de 1.8% en 1951 a 5.4 % en 1999, estimándose que para el 2005 se aproxime a 5.7%.

Una primera conclusión en relación con la población y su dinámica, es que la disponibilidad actual de mano de obra agrícola en A&O es baja, por lo cual actividades intensivas en el uso de ella, tendrían dificultades para expandirse, tanto por el costo de la mano de obra como por su disponibilidad, por lo menos en el corto plazo. Actualmente, el costo del jornal en la zona es mayor que en otras regiones agrícolas del país, lo que en

parte se explica por la alta demanda de mano de obra y los elevados salarios que se pagan en los lucrativos cultivos ilícitos.

Los asentamientos urbanos se concentran especialmente en las áreas de piedemonte. Los departamentos del Meta y Caquetá contabilizan casi la mitad de la población de A&O en conjunto. Una elevada fracción de la población se cataloga como rural, 43% en la Orinoquia y 57% en la Amazonia. (DANE, Censo de población 1985)

Cuadro 4. Divisiones políticas, extensión y densidad de población en la Amazonia y Orinoquia colombianas: 1999

Unidad territorial	Área (000 kmt2)	% del total	Densidad de Población habitantes/km2
Orinoquia	254.4	100.0	8.0
Meta	85.8	33.7	8.0
Arauca	23.8	17.5	6.2
Casanare	44.6	9.4	9.7
Vichada	100.2	39.4	0.8
Amazonia	403.4	100.0	2.4
Amazonas	109.7	27.2	0.6
Caquetá	89.0	22.1	4.6
Putumayo	24.9	6.2	13.1
Guainía	72.2	17.9	0.5
Guaviare	53.5	13.3	2.1
Vaupés	54.1	13.4	0.5
Orinoquia y Amazonia	657.8	57.8 a/	3.4
Colombia	1138	100.0	36

Fuente: González, L.M. y DNP. a/ Corresponde al porcentaje con respecto al total del país.

Dado la magnitud del territorio y la baja densidad poblacional se concluye que su demanda interna es muy reducida y consecuentemente, los incrementos de producción, que se deriven de la generación y adopción de nuevas técnicas de producción, deberán estar orientados al abastecimiento de los mercados del resto del país y hacia los mercados internacionales.

Esta circunstancia, permite establecer que el avance futuro de la producción agropecuaria de la Amazonia y la Orinoquia en Colombia, dependerá no solamente de una adecuada oferta tecnológica, sino del desarrollo de una eficiente infraestructura de transporte y comunicaciones, de almacenamiento y de sistemas de comercialización en general. Si ello no ocurre, las posibles ganancias que se logren mediante la modernización de los sistemas productivos, pueden perderse por ineficiencias en otros eslabones de la cadena productiva.

Más aún, el proceso de adopción tecnológica podría limitarse severamente por factores externos a la finca y fuera de control de los productores, como los anteriormente señalados, así como por el pobre desarrollo de los mercados financieros, de productos, de insumos y de servicios.

2.3 Indicadores Sociales

2.2.1 Pobreza. Al analizar la situación de pobreza en A&O es importante tener presente que se trata de un área geográfica que combina núcleos de colonización antigua, con otros más recientes. Los colonos en los estadios iniciales del proceso, casi el único capital que poseen es su fuerza laboral, a partir del cual con el transcurso del tiempo incrementan sus precarios activos iniciales: áreas de cultivo, pastizales y ganado.

En éstas circunstancias y considerando que una alta proporción de los colonos está conformada por campesinos pobres, inmigrantes de otras regiones de Colombia, que buscan aliviar su situación de pobreza, es de esperar que en las áreas de colonización más nuevas – las más remotas - los niveles de pobreza sean mayores. En contraste, en las zonas más antiguas, en donde el proceso se ha consolidado, se espera que la incidencia de la pobreza sea menor, dado el proceso de capitalización ocurrido con el transcurso del tiempo.

La proporción de población pobre en A&O es alta, aunque en algunos departamentos resulta inferior al promedio del país, como es el caso del Meta. En contraposición, en el Caquetá resulta ligeramente superior a dicho promedio.

La información disponible revela que en A&O la proporción de población indigente fluctúa entre 12 y 14% y resulta consistentemente inferior al promedio de Colombia. (Cuadro 5)

Cuadro 5. Incidencia de la Pobreza y la Indigencia. Colombia y A&O. 1999

País/Región	Población bajo la línea de pobreza %	Población bajo la línea de indigencia %
Colombia	53.8	18.7
Amazonia & Orinoquia 1/	47.9	12.9
Caquetá	54.8	14.1
Meta	43.8	12.2

1/ Promedio ponderado por población

Fuente: DNP –UDS – DIOGS, con base a encuestas de hogares del DANE

2.2.2 Equidad. En la Amazonia y Orinoquia, la equidad analizada a través de la distribución del ingreso entre los grupos sociales, resulta menos concentrada que la del país en conjunto, como lo indican los índices de Gini del Cuadro 6.

Este indicador mide el grado de concentración del ingreso de un país o región y teóricamente toma valores entre cero y uno.

En la medida en que se aproxime a cero, más equitativa resulta la distribución del ingreso. En trabajos empíricos efectuados en 100 países, de diferente grado de desarrollo y con información estadística comparable, se ha encontrado que tal coeficiente fluctúa entre 0.25 y 0.60. Se considera que valores superiores a 0.30, se pueden catalogar como de alta concentración del ingreso. (Cálculos de IDB y Deininger & Squire, 1996)

Cuadro 6. Distribución del ingreso: Índice de Gini. Colombia y A&O, 1997 - 1999

País/Región	Índice de Gini		
	1997	1998	1999
Colombia	0.56	0.56	0.56
Amazonia & Orinoquia 1/	0.44	0.44	0.49
Caquetá	0.47	0.45	0.45
Meta	0.43	0.44	0.49

1/ Promedio ponderado por población

Fuente: Cálculos de DNP-UDS-DIOGS, con base en cifras de DANE

La distribución del ingreso en Colombia está altamente concentrada, con un índice de Gini que supera al promedio latinoamericano. (0.52) Las observaciones que se tienen para algunos departamentos de A&O, sugieren que la concentración del ingreso en ésta región del país resulta menor que el promedio nacional. (Cuadro 6)

2.2.3 Necesidades Básicas Insatisfechas. La información sobre las necesidades básicas insatisfechas (NBI), muestra A&O se encuentra en una situación más crítica que el resto de Colombia. En efecto, el 55% de la población y el 49% de los hogares en la región bajo estudio, no pueden satisfacer todas sus necesidades básicas. (Cuadro 7)

Cuadro 7. Porcentajes de población y de hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) 1993

País / Región	Porcentaje de población y de hogares con NBI	
	Población	Hogares
Colombia	37.2	30.5
Amazonia 1/	69.9	64.3
Caquetá	58.2	51.6
Amazonas	69.5	61.6
Putumayo	78.8	74.5
Guaviare	79.8	73.8
Vaupés	100.0	100.0
Orinoquia 1/	40.9	34.2
Meta	41.3	34.8
Casanare	40.1	32.7
Amazonia & Orinoquia 1/	55.3	49.1

1/ Promedio ponderado por población

Fuente: Dane, Censo Nacional de Población 1993

Los indicadores disponibles permiten constatar la brecha que existe, en cuanto a desarrollo económico y social, entre A&O y el resto del país y entre los Llanos Orientales y la Región Amazónica

En promedio en Colombia el porcentaje de hogares que no pueden satisfacer sus necesidades básicas se estima en 31%, lo cual representa el 37% de la población total.

Como ya se señaló, los anteriores porcentajes son más altos en la Orinoquia y significativamente mayores en la Amazonia. En casos extremos como el del departamento del Vaupés llegan al 100%. (Cuadro 7)

Las condiciones selváticas imperantes en la Amazonia colombiana, su relativo aislamiento dada su condición de frontera agrícola y la pobre infraestructura vial, hace que las condiciones de vida de gran parte de sus habitantes sean muy precarias, con altos índices de pobreza y con gran parte de sus necesidades básicas insatisfechas.

Los actuales conflictos y tensiones sociales que se viven actualmente en la región y en el país, frenan de manera importante la inversión pública y privada necesaria para mejorar las condiciones de vida en este extenso territorio, dificultan seriamente el manejo y la explotación de las fincas y desalientan los esfuerzos de inversión y de adopción tecnológica en el sector rural. De la pronta solución de tales conflictos, dependerá en gran medida el desarrollo futuro de esta región y de Colombia en general.

2.3 Indicadores Ambientales

Existe abundante literatura sobre la fragilidad ambiental de los ecosistemas de sabanas y de bosques tropicales, al ser sometidos a las presiones que implica el desarrollo de sistemas productivos que deterioran sus recursos naturales.

Diversos trabajos en fincas de los Llanos colombianos y de la Amazonia, han demostrado que la fertilidad y la estructura del suelo se degradan rápidamente al establecer sistemas productivos basados en cultivos y pasturas bajo el manejo tradicional, lo cual a la larga resulta en pérdidas de productividad y en mayor presión para ocupar nuevas áreas.

La poca profundidad de los suelos característica de la Orinoquia, se constituye en una considerable limitación cuando en ellos se desarrollan actividades de producción agropecuaria. Es necesario aumentar el volumen de suelo potencialmente explotable por las raíces de los cultivos y las pasturas. Consistente con lo anterior se han desarrollado técnicas y estrategias para construir y mantener una "capa arable" en los suelos de la Altiplano, donde la degradación física tiene tanta importancia como la degradación química. (CIAT, Informe de Actividades 1997)

El Proyecto PE-2 de CIAT, que recibe apoyo financiero parcial del Convenio MADR-CIAT y que está orientado al desarrollo de estrategias para aumentar la productividad y la conservación de los recursos naturales, ha identificado una serie de indicadores de calidad de los suelos, a partir de experimentos de larga duración en Carimagua (Llanos Orientales), los cuales serán evaluados y validados en fincas de los agroecosistemas de sabana y de laderas. Se espera que ellos, permitan a los agricultores diagnosticar la calidad del suelo en sus fincas y por lo tanto tomar medidas preventivas antes de que aparezcan las señales visibles de la degradación en el suelo.

En general, se reconoce que los mayores problemas ambientales de la Altiplano colombiana se relacionan con: 1) La erosión, 2) La deforestación de los bosques de galería, 3) La degradación de los suelos que se manifiesta en compactación de los mismos y pérdida de fertilidad. En la Amazonia, el reemplazo de los bosques naturales por vegetación de bajo porte y la rápida caída de la fertilidad al cabo de unas pocas cosechas, figuran entre los principales problemas de orden ambiental detectados en ese ecosistema.

En este estudio se hizo una búsqueda bibliográfica para conocer la información disponible sobre indicadores ambientales para A&O. Se concluyó que en el momento no existen indicadores ambientales de amplia cobertura. Existen observaciones muy puntuales y muy dispersas sobre este amplio tema. Tampoco se cuenta con sistemas de monitoreo que permitan evaluar la magnitud y evolución de los problemas relacionados con los recursos naturales.

El convenio MADR - CIAT entre sus actividades en los Llanos Orientales, en el sitio de referencia de Puerto López, adelanta un proceso de diseño de indicadores ambientales, para posteriormente implementar un sistema de monitoreo que permita evaluar, analizar y diseñar estrategias y políticas apropiadas para la conservación de los recursos naturales.

En la medida con se cuente con herramientas de medición y predicción y con sistemas de monitoreo apropiados, se facilitará la planificación global del uso de la tierra y el diseño de políticas eficaces que armonicen los objetivos de mayor productividad y mayor sostenibilidad.

2.4 Producción agregada

La participación de la Orinoquia y la Amazonia en el Producto Interno Bruto (PIB) total es reducida, pero presenta una tendencia creciente. Estimaciones basadas en cifras del Departamento Nacional de Planeación, indican que al comenzar la década del 80 se situaba en 3.7%. y que en 1995 llegaba a 5.5%. (Cuadro 8)

Cuadro 8 Producto Interno Bruto total y per cápita en la Amazonia y Orinoquia Colombia. 1980-1995. (\$ constantes de 1985)

Departamento/Región	PIB total (millones de \$)			PIB por habitante (miles de \$)		
	1980	1985	1995	1980	1985	1995
Meta	8106	8925	16058	23.9	21.9	27.1
Caquetá	3032	3155	4801	13.5	12.0	13.3
Resto de Amazonia y Orinoquia	8282	11506	29331	22.3	22.7	31.8
Total Amazonia y Orinoquia	19240	23590	50190	20.6	20.0	26.7
Resto de Colombia	375525	564171	869344			
Colombia	525765	587761	919534	19.6	19.5	24.3
% con respecto al total del país	3.7	4.0	5.5	105.1	102.5	110.2
Tasa anual de crecimiento: 1980-1995	PIB Total			PIB por habitante		
(%)	3.1			0.9		
Meta	4.7			-0.01		
Caquetá	8.8			2.4		
Resto de Amazonia y Orinoquia	6.6			1.8		
Total Amazonia y Orinoquia	3.8			1.4		
Colombia						

Fuente: Cálculos basados en cifras de DNP.

La actividad económica de la región bajo estudio se concentra principalmente en los departamentos de Meta y Caquetá, los cuales en 1995 aportaban el 42% del PIB total de la región.

La dinámica de la actividad productiva y de la población no es homogénea a través de la extensa región evaluada. Durante los tres últimos lustros (1980-1995), el mayor dinamismo de la producción y de la población se observa en regiones diferentes al Caquetá y Meta. (resto de A & O) La actividad petrolera en departamentos como Arauca, Casanare y Putumayo explica en gran parte la rápida expansión productiva y poblacional que se aprecia en esos departamentos.

La base de la economía de la región tradicionalmente fue la ganadería extensiva y los cultivos de pan coger, hasta que sobrevino el auge petrolero en los primeros años de la década del ochenta. En la actualidad, los yacimientos de Arauca, Casanare y Meta aportan aproximadamente el 60% de la producción de petróleo crudo del país.

En términos de tasas de crecimiento se observa que el avance productivo en el período anotado fue 1.7 veces más rápido en A & O que en Colombia en conjunto. A pesar de ello, no se aprecian significativos aumentos del producto por habitante, debido a que el crecimiento de la producción durante 1980-1995, estuvo acompañado por un rápido incremento poblacional: Arauca 10.1%, Vichada 7.5%, Putumayo 6.2% y Casanare 4.4% anual.

2.5 Producción Agropecuaria

Revisando la información de los Anuarios Estadísticos del Ministerio de Agricultura de Colombia para el período 1981-1998, se encuentra que en A & O durante ese lapso se cultivaron 14 cultivos considerados de alguna importancia económica. (Cuadro 9) Varios de ellos, arroz, plátano, yuca y maíz, se pueden considerar como básicos, ya que se cultivaron durante todo el período de observación y en la totalidad de departamentos de la región.

Algunos están circunscritos a zonas determinadas como el sorgo y la soya cuya producción se concentra en el Meta y en el Casanare. Durante 1998, el 99% del área cultivada de sorgo y el 100% de la soya se ubicaban en los departamentos mencionados.

Los dos cultivos anteriores son de aparición relativamente reciente y en los últimos años se han visto favorecidos con la liberación de germoplasma mejorado, con mayor adaptación a altos niveles de acidez y de saturación de aluminio.

La ubicación geográfica del Meta, como puerta de salida hacia el centro del país, le otorga una ventaja estratégica, que explica en parte su mayor desarrollo productivo. La oferta agrícola de la región ha variado con el transcurso del tiempo, no solo en cuanto volumen sino en estructura. La importancia relativa de los cultivos ha cambiado a través del tiempo. El ajonjolí por ejemplo, en algunos años alcanzó cierta relevancia y en la actualidad casi ha desaparecido. A comienzos de los 90 el cultivo de soya tuvo gran dinamismo y se vislumbraba su rápida expansión, pero la caída de su rentabilidad en los últimos años, ha frenado la expansión de las áreas cultivadas.

Cuadro 9. Cultivos semestrales y permanentes en la Amazonia y Orinoquia de Colombia: 1987-1998

Cultivo	Orinoquia					Amazonia				
	Meta	Casanare	Arauca	Vichada	Amazonas	Caquetá	Putumayo	Guainía	Guaviare	Vaupés
Ajonjolí	***	***		***		***			***	
Algodón	***	***		***			***		***	
Airroz	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Frijol	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Maíz	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Sorgo	***	***	***			***	***	***	***	
Soya	***	***					***		***	
Arracacha		***								
Cacao	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
Caña miel		***								
Caña panela	***	***	***		***	***	***		***	
Palma africana	***	***			***	***	***	***	***	***
Plátano	***	***	***	***	***	***	***			
Yuca	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

*** El producto se ha cultivado durante algunos años o durante todo el período 1987-1996

Se destacan palma africana y arroz por su alta participación en la producción nacional. En el periodo 1981-1998, más de una cuarta parte de la producción nacional de estos cultivos provino de A&O. Se debe anotar que en 1997 ocurrió una reducción sustancial de la producción y del área cultivada de arroz en la región, ocasionada por la acentuada crisis de rentabilidad que atronó el cultivo, pero actualmente se observa una importante recuperación.

El Cuadro 10 muestra la importancia relativa en el contexto nacional de los diferentes cultivos producidos en A&O, en términos de su participación en la producción y en el área total del país, destinada a cada cultivo específico.

Cuadro 10. Importancia de la agricultura de la Amazonia y Orinóquia en el ámbito nacional: Promedios 1981-1998 y 1998

Cultivo	Participación porcentual en :	
	La producción total	El área cultivada total
	1981-1998	1998
Palma africana	26.4	32.7
Soya a/	14.5	30.9
Arroz	27.0	25.4
Caña miel b/	13.0	13.2
Yuca	11.2	14.5
Platano	16.7	19.6
Maíz	12.1	11.1
Cacao	13.2	8.0
Sorgo	4.8	3.1
Algodón	3.0	2.7
Caña panela	2.3	1.3
Frijol	1.2	3.0
Ajonjolí c/	2.9	0.0
		2.6
		0.0

a/ 1987-1998 b/ 1993-1998 c/ 1986-1998
Fuente: Cálculos basados en cifras del Ministerio de Agricultura.

Aproximadamente un 15% de la producción nacional de soya es producida en A&O. Hacia fines de los 90 se observó un importante incremento de esta participación, debido a la drástica caída del cultivo en otras regiones del país, como por ejemplo el Valle del Cauca.

La producción de cacao, yuca y maíz procedente de A&O, representa entre el 11 y el 13% de la producción nacional.

Se destacan el algodón, caña para panela, sorgo, frijol y ajonjolí por su carácter marginal, tanto en el contexto regional como en el nacional. (Cuadros 10, 11 y 12)

En términos de volumen de producción y área ocupada, arroz, maíz, plátano, yuca y en los últimos años palma de aceite son los productos agrícolas más importantes. (Cuadros 10 y 11) Los rendimientos de los diferentes cultivos se muestran en el Cuadro 14.

Otro indicador de la importancia relativa de los cultivos es su participación en el valor, en pesos constantes, de la producción agrícola total. En el Cuadro 11 se incluye el volumen y el valor de la producción agrícola agregada en A&O y la contribución de los diferentes rubros agrícolas al valor total.

En términos de valor de la producción, el arroz es el cultivo más destacado, en 1998 aportaba un poco más de la mitad del valor de la producción agrícola regional. En segundo término aparece el plátano con cerca de un tercio, seguido de lejos por yuca, 18% y palma 10%. (Cuadro 11)

Cuadro 11. Evolución y Valor de la Producción Agrícola en A&O. 1981-1998

Cultivo	Volumen (000 tm)			Valor de la Producción 1/			Porcentaje de Valor Total		
	1981	1990	1998	1980	1990	1998	1980	1990	1998
Arroz	298.1	609.0	728.9	33969	69396	83058	42.4	32.2	52.8
Plátano	159.9	541.6	476.1	18221	61715	54252	22.7	28.7	34.5
Yuca	84.0	159.2	252.4	9572	18141	28761	11.9	8.4	18.3
Palma	9.2	82.5	143.1	1048	9401	16306	1.3	4.4	10.4
Maíz	64.6	164.8	83.7	7361	18779	9538	9.2	8.7	6.1
Soya	-	44.9	72.0	-	5116	8204	-	2.4	5.2
Caña panela	9.1	20.0	17.3	1037	2279	1971	1.3	1.1	1.3
Caña miel	-	-	8.1	-	-	-	-	-	0.6
Sorgo	71.0	28,5	5.9	8090	3248	672	10.1	1.5	0.4
Cacao	2.5	9.7	4.1	285	1105	467	0.4	0.5	0.3
Algodón	5.3	12.6	2.6	604	1436	296	0.8	0.7	0.2
Fríjol	-	1.3	1.8	-	148.1	205.1	-	0.0	0.1
Ajonjolí	-	0.1	-	-	11.4	-	-	0.0	-

1/ Millones de \$ de 1990

Fuente: Cálculos basados en cifras de MADR y Hertford y García (1999)

El mayor suceso en cuanto a crecimiento de la producción y del valor de la misma, lo constituye la palma de aceite. En el transcurso de casi dos décadas, incrementó en 8 veces su participación en el valor de la producción agrícola total.

En 1998, el maíz presentó un marcado retroceso, al disminuir considerablemente su participación en el producto agrícola total, fenómeno que parece ser coyuntural, ya que se trata de un cultivo tradicional en la región bajo análisis y ha comenzado a recuperarse.

Sintetizando la importancia de los cultivos en A&O mediante los tres indicadores analizados: Área cultivada, volumen de producción y valor de la misma, se puede establecer el siguiente ordenamiento:

Orden	Criterio		
	Magnitud del área cultivada	Volumen de producción	Valor de la producción
1	Arroz	Arroz	Arroz
2	Maíz	Plátano	Plátano
3	Plátano	Yuca	Yuca
4	Palma	Maíz	Palma
5	Yuca	Palma	Maíz
6	Soya	Sorgo	Soya
7	Sorgo	Caña panela	Caña panela
8	Cacao	Soya	Caña miel
9	Caña panela	Caña miel	Sorgo
10	Algodón	Algodón	Cacao
11	Caña miel	Cacao	Algodón
12	Fríjol	Fríjol	Fríjol
13	Ajonjolí	Ajonjolí	Ajonjolí

La información existente sobre las actividades pecuarias en A&O es extremadamente precaria. Hacia 1994, se estimaba que la población vacuna era de 6.6 millones de cabezas, que equivalían a casi una cuarta parte del hato nacional en ese año.

La gran masa de la población vacuna de la Orinoquia se concentra en Casanare 2.8 millones de cabezas y Meta 1.8 millones. El grueso de la población bovina de la Amazonia se encuentra en el Caquetá 1.1 millones. (Figura 2 y Cuadro 15)

Asumiendo diferentes capacidades de carga animal para la región estudiada, según el grado de desarrollo alcanzado por la ganadería en sus distintos departamentos, se estima que el área total en pasturas se aproxima a 9.5 millones de hectáreas. Considerando que el área total de pasturas de Colombia es de aproximadamente 40 millones de hectáreas, se calcula que la superficie en pastizales de A&O equivale a casi una cuarta del total del país.

Suponiendo que la producción ganadera se distribuye de acuerdo al área en pasturas, se estima que la producción de carne en canal de A&O llegaría a 157 mil toneladas y la de leche fresca se aproximaría un millón de toneladas métricas. (Cuadro 15)

La ganadería vacuna es la actividad productiva que otorga mayor identidad a la región bajo estudio. Algunas estimaciones gruesas, señalan que ella aporta aproximadamente un 80% del producto agropecuario de la región. Una alta fracción del consumo de carne vacuna de Bogotá procede de los Llanos Orientales y adicionalmente, la carne producida en los Llanos alcanza a llegar a otros grandes centros urbanos como Medellín y Cali.

La zona del piedemonte del Caquetá es un importante proveedor de leche y carne del suroccidente del país, especialmente para Cali su principal centro consumidor. Un estudio elaborado por CIAT (Rivas & Seré, 1985) sobre la estacionalidad de la producción bovina nacional, demostró que la producción ganadera proveniente del Caquetá desempeña un importante papel para suavizar la estacionalidad de la oferta y de los precios de la carne vacuna en el mercado de Cali. En efecto, durante el primer semestre del año, dada la sequía estacional de la Costa Norte del país, el Caquetá se convierte en el principal proveedor de carne del mercado de Cali.

Cuadro 12. Evolución de la producción de cultivos en la Amazonia y Orinoquia colombianas. 1981-1998 1/ (miles de toneladas)

Año	Arroz	Maíz	Yuca	Soya	Sorgo	Palma	Ajonjolí	Algodón	Frijol	Cacao	Caña Miel	Caña panela	Plátano
1981	298.1	64.6	84.0		71.0	9.2		5.3		2.5			160.0
1982	439.0	103.6	189.9		33.4	9.7		0.8		5.0		9.1	194.4
1983	287.7	116.0	164.3		34.9	21.6		3.7	0.1	5.4		29.5	216.5
1984	331.8	100.7	143.0	1.8	37.8	20.6		8.7	0.3	6.0		33.7	167.9
1985	407.8	95.5	129.4	1.5	18.2	20.6		9.6	0.4	7.0		50.9	217.3
1986	327.4	88.4	143.2	2.2	38.1	21.9	0.0	6.1	1.7	6.9		54.3	167.1
1987	490.7	73.2	121.1	3.6	41.6	28.5	0.0	3.8	1.3	6.2		51.9	304.0
1988	522.2	88.0	86.4	12.1	54.6	50.4	0.0	6.7	1.5	6.7		47.5	299.8
1989	664.0	128.8	140.1	23.6	32.2	60.8	0.0	9.1	1.3	10.2		38.1	399.4
1990	609.0	164.8	159.4	44.9	28.5	82.5	0.1	12.6	1.3	9.7		20.0	541.6
1991	542.1	210.6	234.5	59.2	23.4	109.0	0.2	18.0	1.2	10.4		14.4	511.2
1992	579.1	141.6	239.9	21.2	21.1	102.7	0.6	18.9	1.3	8.6		3.6	612.8
1993	577.0	138.1	327.0	27.4	29.9	112.8	1.2	4.8	2.4	7.3	7.8	14.8	644.5
1994	584.6	167.7	323.8	27.5	30.8	128.8	0.1	2.4	1.4	5.7	6.3	13.3	558.0
1995	601.9	134.8	282.5	31.3	7.9	152.4		3.2	1.5	5.9	8.7	13.0	634.5
1996	513.7	123.3	412.2	11.6	7.4	148.3		13.9	1.7	6.5	8.7	18.0	614.4
1997	464.9	112.7	383.5	22.8	4.4	139.1		3.8	1.6	4.9	6.2	22.6	610.4
1998	728.9	83.7	252.4	22.3	5.9	143.1		2.6	3.4	4.1	8.1	17.3	476.1
Promedio	498.3	118.7	212.0	20.9	29.0	75.7	0.3	7.4	1.3	6.6	7.6	26.6	407.2
D S	128.5	37.2	100.2	16.5	17.3	54.0	0.4	5.3	0.9	2.1	1.1	16.5	188.9
CV (%)	25.8	31.3	47.2	79.0	59.6	71.4	164.6	71.8	69.3	31.5	14.8	61.9	46.4
TAC (%)	3.9	2.5	7.1	18.9	-11.7	17.6	54.1	1.5	14.6	1.2	0.4	-5.6	9.0

1/ La Orinoquia incluye los departamentos de Meta, Casanare, Arauca y Vichada. La Amazonia incluye a Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés.

DS: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación. TAC: Tasa anual de crecimiento

Fuente: Cálculos basados en cifras de Ministerio de Agricultura. Anuario Estadístico Agropecuario, varios años.

Cuadro 13. Evolución de las áreas en cultivos en la Amazonia y Orinoquia colombianas. 1981-1998 1/ (hectáreas)

Año	Arroz	Maíz	Yuca	Soya	Sorgo	Palma	Plátano	Ajonjolí	Algodón	Frijol	Cacao	Caña Miel	Caña Panela	Área Total	Colombia	A y O/ Colombia (%)
1981	69300	46500	8010		35500	4600	21000		4700		4200			193810	4071000	4.8
1982	102200	93400	18509		23030	5200	34100		700		9400		2900	289435	4131000	7.0
1983	66500	102550	25909		16600	8230	38760		3400	100	9800		10100	281949	3862000	7.3
1984	68540	108840	23509		19180	7446	34500		7250	630	12017		10860	293972	3826000	7.7
1985	85200	81200	21809		15800	7960	41900		9600	630	12797		12750	290646	3906000	7.4
1986	72900	76900	21989		17500	11385	41350	53	4235	2855	13710		13460	277877	3977000	6.9
1987	103000	57900	19508	3030	17600	11555	48865	10	2990	2030	11309		13250	291047	4162000	7.0
1988	120500	71500	11209	7250	25800	17831	48980	30	4970	2500	13250		12300	336120	4268000	7.9
1989	172100	105300	19909	15710	13000	25838	56800	20	6400	2050	19029		10091	446247	4545000	9.8
1990	152600	123300	31915	29890	11600	32644	66203	90	8900	2106	18864		5603	483715	4746000	10.2
1991	132600	140200	23347	37280	9600	37228	66398	190	11650	1473	18146		4038	482150	4627000	10.4
1992	138385	110740	22123	14074	9015	43722	61236	900	15805	1332	14597		2767	434696	4474000	9.7
1993	139428	90755	25578	12488	9330	45693	66078	1725	2786	2192	13648	1448	5233	416382	4400000	9.5
1994	140247	115096	33357	15540	12579	47474	62046	164	1287	1315	10294	1480	4249	445128	4317000	10.3
1995	137164	107511	27430	18098	3054	51120	72637		1621	945	11300	1958	4738	437576	4189000	10.4
1996	124600	100502	39657	6820	3220	51449	67022		7933	1282	10956	1627	4865	419933	4128000	9.7
1997	108800	81651	40016	12907	1922	51446	65687		2602	987	10528	1421	5909	383876	4014000	10.2
1998	154674	58621	31772	10056	2076	51653	51348		1495	1778	7598	1708	4682	377461	4115000	9.6
Media	116041	92914	24753	15262	13689	28471	52495	354	5462	1345	12302	1607	7517	362318	4208778	9.2
DS	33023	24591	8469	9695	8886	19055	14650	585	4080	859.7	3805	205	3904	85235	264767	8.6
CV	28.5	26.5	34.2	63.5	64.9	66.9	27.9	165.4	74.7	63.9	30.9	12.7	51.9	23.3	6.3	1.7
TAC	4.2	1.2	5.2	16.3	-14.4	16.0	5.1	48.4	-1.6	6.1	1.3	1.5	-5.1	3.6	0.5	3.2

1/ La Orinoquia incluye los departamentos de Meta, Casanare, Arauca y Vichada. La Amazonia incluye a Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés.

DS: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación. TAC: Tasa anual de crecimiento

Fuente: Cálculos basados en cifras de Ministerio de Agricultura. Anuario Estadístico Agropecuario, varios

Cuadro 14. Evolución de los rendimientos agrícolas en la Amazonia y Orinoquia colombianas. 1981-1998 1/ (kg/ha)

Año	Arroz	Maíz	Yuca	Soya	Sorgo	Palma	Ajonjolí	Algodón	Frijol	Cacao	Caña Miel	Caña panela	Plátano
1981	4302	1389	10486		2000	2000		1128		595			7619
1982	4295	1109	10260		1450	1865		1143		532		3138	5701
1983	4326	1131	6341		2100	2625		1088	600	551		2921	5586
1984	4841	925	6083	1500	1971	2767		1200	511	499		3103	4867
1985	4786	1176	5933	1500	1152	2588		1000	627	547		3992	5186
1986	4491	1150	6512	1429	2177	1924	585	1440	585	503		4034	4041
1987	4764	1264	6208	1188	2364	2466	600	1271	634	548		3917	6221
1988	4334	1231	7708	1669	2116	2827	433	1348	600	506		3862	6121
1989	3858	1223	7037	1502	2477	2353	500	1422	654	536		3776	7032
1990	3991	1337	4995	1502	2457	2527	667	1416	636	514		3570	8181
1991	4088	1502	10044	1588	2438	2928	800	1545	840	573		3566	7699
1992	4185	1279	10844	1506	2341	2349	704	1196	998	589		1301	10007
1993	4138	1522	12794	2194	3205	2469	711	1723	1107	535	5387	2828	9754
1994	4168	1457	9707	1770	2449	2713	848	1885	1065	554	4257	3130	8993
1995	4338	1254	10299	1729	2587	2981		1974	1605	522	4443	2744	8735
1996	4123	1227	10394	1701	2298	2882		1752	1353	593	5347	3700	9167
1997	4273	1380	9584	1766	2289	2704		1460	1599	465	4363	3825	9293
1998	4712	1428	7944	2218	2842	2770		1739	1908	540	4742	3695	9272
Media	4337	1277	8509	1651	2262	2541	650	1428	956	539	4757	3359	7415
D S	282.9	153.5	2228.1	271.4	460.0	335.4	134.5	257.0	442.6	34.9	499.8	679.2	1871.6
CV (%)	6.5	12.0	26.2	16.4	20.3	13.2	20.7	20.1	46.2	6.5	10.5	20.2	25.2
TAC (%)	-0.3	1.3	1.9	2.6	2.7	1.6	5.7	3.1	8.5	-0.1	-1.1	-0.5	3.9

1/ La Orinoquia incluye los departamentos de Meta, Casanare, Arauca y Vichada. La Amazonia incluye a Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés.

DS: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación. TAC: Tasa anual de crecimiento

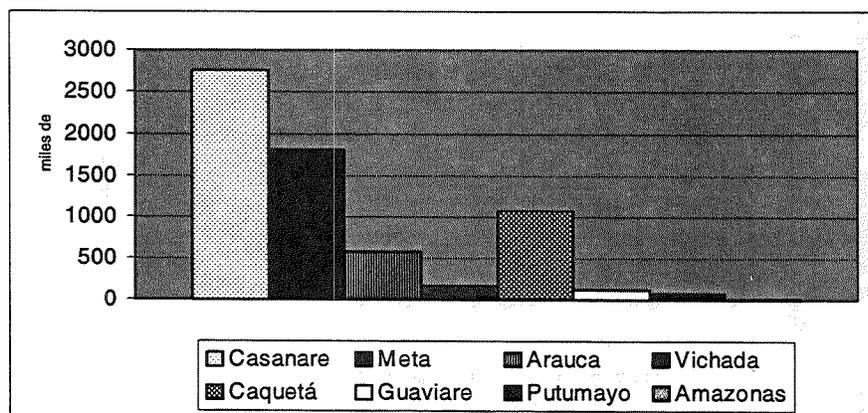
Fuente: Cálculos basados en cifras de Ministerio de Agricultura. Anuario Estadístico Agropecuario, varios años.

Cuadro 15. Inventario ganadero, carga animal, área en pasturas y producción estimada en Amazonia y Orinoquia de Colombia. 1994

Región/ Departamento	Inventario ganadero miles de cabezas 1/	Carga estimada cabezas/ha.	Área estimada en pastos Miles de ha.	Producción estimada miles de Tm	
				Carne	Leche
Orinoquia	5332.0	0.7	7616	126.3	857.7
Casanare	2752.5	0.7	3932	65.2	442.8
Meta	1818.2	0.8	2273	43.1	292.5
Arauca	590.3	0.6	984	14.0	95.0
Vichada	171.0	0.4	428	4.1	27.5
Amazonia	1301.6	0.7	1852	30.8	209.4
Caquetá	1076.6	0.8	1346	25.5	173.2
Guaviare	128.0	0.5	256	3.0	20.6
Putumayo	88.9	0.4	220	2.1	14.2
Amazonas	9.0	0.3	30	0.2	1.4
Total A & O	6633.6	0.7	9468	157.2	1067.0

1/ Fuentes: CIAT y González L.M (1989)

Figura 2. Inventario Ganadero en la Amazonia y Orinoquia Colombia 1994



Fuente: CIAT y González L.M.

En el segundo semestre, cuando mejoran las condiciones climáticas en la Costa Norte, ésta pasa a ser el primer abastecedor de la capital del Valle.

No obstante los innegables beneficios que aporta la ganadería, se cuestionan algunos de los métodos de producción tradicionalmente empleados, por su efecto nocivo sobre los recursos de tierras y el medio ambiente. La tala y quema de bosques en áreas de cordillera y de bosques de galería, para establecer cubierta vegetal de porte bajo, han contribuido significativamente a los procesos de desestabilización de las laderas del piedemonte. (ICA, 1993)

Los procedimientos tradicionales de quema de la sabana nativa, para proveer rebrotes verdes y suculentos a los bovinos, generan efectos negativos sobre la biodiversidad y contribuyen en alto grado al incremento de la polución y al efecto invernadero. Dada la magnitud de su producción y la reducida demanda interna, la región evaluada se constituye en una reserva agrícola de Colombia, siendo exportadora neta de alimentos y materias primas hacia el resto de la nación colombiana.

Debido a la fragilidad de este medio ambiente, se requiere un desarrollo tecnológico específico, que permita establecer en la región sistemas ganaderos, agrícolas y forestales, altamente productivos y sostenibles. Se precisa la ampliación de la oferta de germoplasma de pastos y de cultivos adaptados, ya que se ha comprobado que en el sistema de monocultivo continuo, tanto en las sabanas como en el trópico húmedo, la fertilidad natural de los suelos se pierde muy rápidamente.

No exista en la región una arraigada tradición de empleo de fertilizantes en cultivos o en pastos, por lo cual frecuentemente éstos se convierten en extractores netos de nutrimentos.

La utilización germoplasma de cultivos adaptados, de sistemas de pasturas mixtas de gramíneas y de leguminosas, las asociaciones y rotaciones de pastos y cultivos, se presentan como opciones con alto potencial, para mejorar la rentabilidad y viabilidad de la producción y para la conservación de los suelos y del medio ambiente.

3. Evolución de la producción, el área y los rendimientos

El área plantada en los cultivos de importancia económica en la Amazonia y Orinoquia contabilizaba en 1981 aproximadamente 194 mil hectáreas, que equivalían a cerca del 5% del área total cultivada de Colombia. Hacia 1998, la superficie sembrada casi se había duplicado aproximándose a las 400 mil hectáreas, 9.6% del total. (Cuadro 13) En el período 1981-1998, el área cultivada en esa región creció a una tasa anual promedio de 3.6%, frente a un crecimiento, durante el mismo lapso, del área total de cultivos del país de solo 0.5% por año.

A comienzos de los 80, casi el 60% de la superficie sembrada se destinaba a arroz (35.8%) y maíz. (24%) Seguían en importancia sorgo (18.3%) y plátano (10.8%). Los

cultivos restantes, individualmente considerados, representaban una fracción menor al 5% del área total destinada a la agricultura.

En los 90, los cultivos tradicionales como el maíz perdieron importancia relativa, en tanto que cultivos nuevos como palma africana incrementaron sustancialmente su participación en el área sembrada total. El área cultivada en palma subió de 2 a 14% entre 1981 y 1998 y la de plátano de 11 a 16%, durante el mismo período.

El cultivo de palma africana en la Amazonia y Orinoquia expandió su superficie a razón de 16% en promedio por año, mientras que el plátano lo hizo al 5% anual.

En general se puede plantear que durante el período de análisis, los incrementos en la producción agrícola agregada en A & O se explican principalmente por la expansión de las áreas cultivadas, más que por el alza de los rendimientos. En promedio, en el período bajo análisis, tres cuartas partes de los aumentos de la producción se explican por la expansión de las superficies sembradas y una cuarta parte por el avance de la productividad. (Cuadro 16)

Cuadro 16. Tasas anuales de crecimiento de la producción, el área y los rendimientos de los cultivos de mayor importancia económica Amazonia y Orinoquia, Colombia: 1981-1998

Cultivo	Tasa anual de crecimiento (%)		
	Producción	Área	Rendimiento
Arroz	3.9	4.2	-0.3
Arroz riego	0.6	0.6	0.0
Arroz seco manual a/	-13.5	-11.2	-2.3
Arroz seco mecanizado b/	5.7	5.9	-0.2
Maíz	2.5	1.2	1.3
Maíz tradicional c/	4.5	3.1	1.4
Maíz tecnificado	-2.0	-6.9	4.9
Soya d/	18.9	16.3	2.6
Sorgo	-11.7	-14.4	2.7
Palma africana	17.6	16.0	1.6
Plátano	9.0	5.1	3.9
Cacao	1.2	1.3	-0.1
Fríjol	14.6	6.1	8.5
Yuca	7.1	5.2	1.9
Algodón	1.5	-1.6	3.1
Ajonjolí e/	54.1	48.4	5.7
Caña miel f/	0.4	1.5	-1.1
Caña panela d/	-5.6	-5.1	-0.5
Promedio ponderado g/	5.2	3.9	1.3

a/ 1986-1998 b/1984-1998 c/1982-1998 d/ 1987-1998 e/ 1986-1994 f/ 1993-1998 g/ Promedio ponderado por el área cultivada en 1998.

Cálculos basados en cifras del Ministerio de Agricultura

La producción de palma creció 17.6% por año y el 91% de ese crecimiento, se debió a la expansión del área y el 9% a incrementos de su productividad. (rendimientos) En plátano, la producción aumentó 9% por año, de ese incremento el 57% se atribuye a aumentos del área y el resto, 43%, a ganancias en rendimientos.

El fríjol es un cultivo de poca relevancia en términos de área y producción - 1778 has y 3400 tm en 1998. No obstante, muestra altas tasas de crecimiento de su producción, 14.6% por año y el incremento de sus rendimientos explica casi el 60% de la expansión productiva. (Cuadro 16) Es pertinente señalar que los rendimientos de fríjol reportados para el Putumayo, durante el período 1993-1998, son consistentemente altos, más de 2.3 toneladas/ha, lo cual podría constituir una sobreestimación de los rendimientos en ese departamento. Si en la estimación del rendimiento promedio se excluye al Putumayo, este se sitúa en 708 kg/ha.

En el cultivo de soya también se observa un patrón extensivo de producción, en el cual el área cultivada constituye la principal fuerza que impulsa el avance de la producción. En el período de referencia, ésta creció al 18.9% por año y más del 80% de ese crecimiento es atribuible a incrementos de las superficies cultivadas.

El cultivo de maíz está ampliamente extendido a través de toda la región, encontrándose dos sistemas de producción: Tradicional y tecnificado. En el segundo, la superficie cultivada muestra una clara tendencia declinante, cayendo a una tasa anual de 6.9%. En contraste, sus rendimientos crecieron casi 5% por año, lo que atenuó en gran medida la caída de la producción bajo tal sistema. (-2%)

Las cifras sugieren que algunos factores económicos, tal vez relacionados con costos y precios, estarían limitando la producción del maíz tecnificado en ésta zona del país, a pesar de que sus rendimientos tienden a crecer.

En maíz tradicional se observa una tasa de crecimiento de su producción relativamente alta, 4.5% por año, a diferencia de lo que ocurre con el maíz tecnificado, la expansión de las áreas sembradas explica una elevada proporción del avance de la producción (69%).

La producción de arroz en A&O se genera a través de tres sistemas: Irrigado, secano mecanizado y secano manual. E 1998, el primero aportaba el 54.5% de la producción regional, el segundo el 45.1% y el último menos del 1%. Las áreas cultivadas según sistema se distribuyen de manera similar.

Considerando los sistemas de producción de arroz en su conjunto, en A&O se detecta que el crecimiento de la producción ha sido moderado (3.9% por año) y la fuente de crecimiento ha sido el área la cual se incrementó al 4.2% anual. Los rendimientos presentan una leve tendencia declinante, -0.3% en promedio por año, para todos los sistemas. (Cuadro 16)

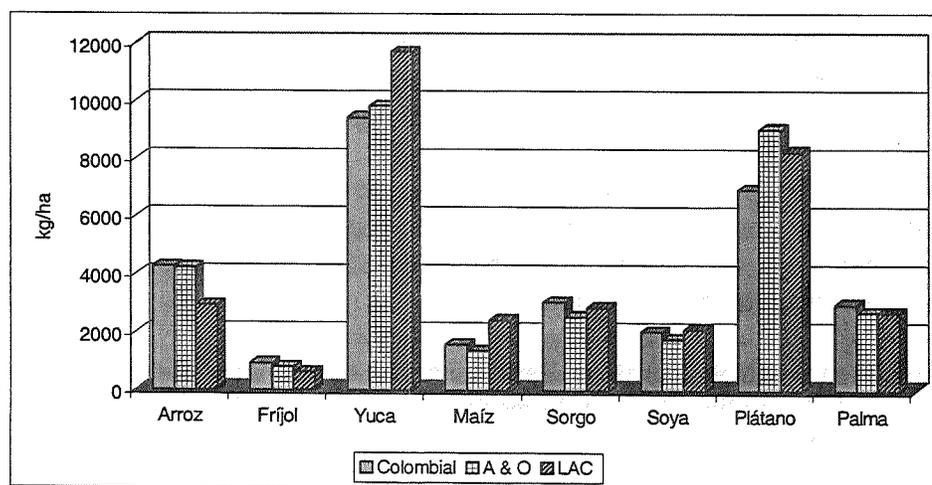
Dentro de los sistemas de producción de arroz, el irrigado presenta muy baja dinámica, sus rendimientos tienden a permanecer estables y el área cultivada creció muy lentamente, 0.6% por año.

Resulta muy notorio el deterioro de la producción bajo el sistema de secano manual, tanto su área como los rendimientos se desplomaron, resultando en una significativa baja de la producción, -13.5% por año.

Dentro de los sistemas de producción de arroz en A&O el de mejor desempeño ha sido el seco mecanizado el cual amplió su área a una tasa anual del 5.9%, lo cual estuvo acompañado por una leve caída de los rendimientos, -0.2% por año.

Estableciendo comparaciones entre los rendimientos agrícolas observados en la Amazonia y Orinoquia con los promedios nacionales y con los de América Latina & El Caribe (LAC), se encuentra que en A&O los rendimientos promedios del período 1990 – 1998, en todos los productos considerados, con excepción de yuca y plátano, son inferiores a los promedios nacionales. Esa brecha de productividad presenta una magnitud que fluctúa entre 7% (arroz) y 20% (sorgo). En plátano los rendimientos observados en el área de estudio superan en un 30% al rendimiento promedio del país. Si los rendimientos de los cultivos de la región bajo análisis, se comparan con los promedios de LAC, se aprecia que en tres de éstos, arroz, fríjol y plátano, los rendimientos de A&O superan a los Latinoamericanos en una proporción que va del 9 al 44%. En yuca maíz, sorgo y soya los promedios de LAC superan a los observados en A&O. Se destaca el bajo rendimiento de maíz en A&O, cuyo promedio es equivalente al 57% del rendimiento promedio de LAC. (Figura 3)

Figura 3. Rendimientos de cultivos en Colombia, Amazonia & Orinoquia y en América Latina: Promedios 1990-1995



Fuente: Cifras del Ministerio de Agricultura y de FAO

4. Impacto económico potencial del uso de mejores tecnologías

Dada la extensión de su territorio, su heterogeneidad en términos de suelos, clima, infraestructura y la multiplicidad de alternativas tecnológicas para desarrollar la región, se hace necesario aportar algunos elementos de juicio que ayuden en la priorización de las diferentes alternativas de desarrollo productivo en el área bajo estudio.

En ésta región el país no solo tiene la oportunidad de intensificar la producción de una manera sostenible, sino también la posibilidad de incorporar a la producción nacional grandes extensiones de tierras aún no utilizadas con fines productivos.

Si en la Orinoquia no anegadiza que comprende 17 millones de hectáreas, se lograsen superar los actuales limitantes tecnológicos que frenan su desarrollo, existiría la posibilidad de incorporar a la producción un 20% de la superficie potencialmente utilizable del país. Esto significa que el área agrícola nacional se incrementaría en un 60%. (Moreno y Balcázar,1997) Los autores anteriormente citados anotan que, a pesar la baja calidad de los suelos y de las restricciones tecnológicas ya identificadas, la gran homogeneidad de los mismos, puede considerarse como una gran ventaja para el avance de la producción en la región, una vez estén disponibles las tecnologías ajustadas a sus condiciones edáficas y climáticas.

Es importante señalar, que los criterios para priorizar alternativas de desarrollo son múltiples e involucran diferentes facetas relacionadas con aspectos agronómicos, económicos, sociales y ambientales. Las simples ventajas en términos de eficiencia económica, que pueda tener una alternativa evaluada, por si solas no garantizan que tal alternativa conduzca a lograr la meta de un desarrollo sostenible. Es preciso indicar que durante el proceso de formulación y diseño de las nuevas tecnologías agropecuarias, es crucial incorporar en ellas, aquellos atributos que las hacen atractivas y competitivas social, económica y ambientalmente.

Por ejemplo tecnologías basadas en germoplasma adaptado a elevada acidez y saturación de aluminio, características de grandes extensiones del área de referencia, minimizan el uso de insumos, cal por ejemplo, y otorgan ventajas económicas a los productores. Las tecnologías forrajeras basadas en pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas, reducen la aplicación de insumos como nitrógeno e incrementan considerablemente la productividad en términos de carne y leche por hectárea, permitiendo intensificar la producción en áreas ganaderas ya degradadas. Esto a su vez, impide la ampliación de las áreas en pasturas y frena los procesos de tumba y quema en las zonas ecológicamente más frágiles.

En el presente estudio se hace una evaluación *ex – ante* de los beneficios económicos potenciales de nuevas alternativas tecnológicas de producción para los Llanos y la Amazonia de Colombia, cuantificando los posibles beneficios sociales que recibirían tanto productores como consumidores, como resultado de la adopción de nuevas tecnologías en la producción de algunos cultivos.

La visión de desarrollo agropecuario en la Amazonia y Orinoquia, debe incorporar múltiples alternativas de producción. Es necesario considerar actividades agropecuarias tradicionales de la región, como por ejemplo arroz, maíz, plátano, yuca, ganadería; los cultivos de reciente aparición como la soya y actividades forestales y finalmente actividades productivas nuevas o casi inexistentes en la región, como son los frutales tropicales, a los cuales varios analistas otorgan grandes posibilidades de éxito en el área objetivo.

Para evaluar las diferentes alternativas de producción, se parte de los rendimientos promedios actuales de los cultivos de la región. (Cuadro 14) Se asume que la nueva tecnología incrementará sus rendimientos en determinada proporción, lo que a su vez se traducirá en incrementos de la producción, tanto en las áreas actualmente cultivadas como en las nuevas que se incorporen a la producción. Las actividades agropecuarias evaluadas en el presente estudio son: arroz, frijón, yuca, maíz, sorgo, soya, plátano, palma de aceite, frutales y ganadería vacuna - producción de carne y de leche.

Los criterios para seleccionar éstas actividades son diversos. Con excepción de la producción de frutales, que como ya se indicó es prácticamente inexistente en la región, las restantes tienen actualmente cierta relevancia económica.

El arroz es una de las actividades agrícolas más sobresalientes en A&O, por la magnitud del área ocupada y el volumen de su producción. Es un cultivo muy dinámico en lo referente a generación y adopción de nuevas tecnologías, habiéndose liberado en los últimos años nuevos cultivares mejorados. Entre ellos se pueden citar Oryzica Llanos 4 y Oryzica Llanos 5 para el sistema bajo riego y Oryzica sabana 6 y Oryzica sabana 10 para el sistema de secano manual y Fedearroz 50 para el secano favorecido.

Según la encuesta nacional arrocera de Fedearroz en el primer semestre de 1997, la variedad más extendida en los Llanos Orientales era Selecta 3-20, la cual ocupaba un poco más de una cuarta del área total cultivada en los Llanos Orientales, seguida por la variedad Tailandia con casi el 20% y las variedades Caribe y Cica 8 cada una de ellas con el 16% del área arrocera. En el 2001 Fedearroz 50 había desplazado a otras variedades y ocupaba el 50% de la superficie arrocera de los Llanos. (Véase Capítulo 4)

Varios trabajos adelantados en los Llanos Orientales, han demostrado que la fertilidad y estructura del suelo, se degradan muy rápidamente bajo monocultivo continuo y en las condiciones del manejo tradicional, afectando considerablemente la productividad de las actividades agropecuarias. Dado lo anterior, se requieren nuevos sistemas de cultivos y mejores métodos de producción que permitan desarrollar una actividad económica altamente productiva, competitiva, rentable y sostenible.

Los nuevos cultivares adaptados a condiciones de sabana, eventualmente pueden ser utilizados en sistemas de producción mixtos de cultivos (arroz, soya, sorgo) y pasturas, los cuales posibilitan la rotación de los suelos, minimizando las pérdidas por erosión, la compactación de los mismos y las pérdidas de nutrientes. Adicionalmente, los ingresos derivados del cultivo ayudan a financiar una fracción considerable del costo de establecimiento de las pasturas, lo cual otorga gran viabilidad económica a la producción agropecuaria de la región. (Sanint, et al. 1990)

Actualmente, Colombia es deficitaria en producción de arroz y su consumo promedio por habitante en el período 1990-1998 se situó en 33.2 Kg por año, inferior al de países como Ecuador (63kg), Cuba (52 kg), Costa Rica (49 kg), Perú (46 kg) y Brasil. (45 kg) Según informaciones de Fedearroz, durante el año pasado las importaciones legales e ilegales ascendieron a 449 mil toneladas. (Agricultura de las Américas, 1999)

Se considera que es pertinente evaluar el impacto económico potencial de la adopción de nuevas tecnologías de producción de plátano en A&O, porque se trata de un alimento básico en Colombia. Su consumo promedio nacional es de 75 kg/habitante/año, pero en algunas regiones como en las costas Atlántica y Pacífica supera los 100 kg al año (Sanint et al. ,1985)

Se trata de un cultivo de relevancia económica en la zona por la magnitud de la superficie que ocupa, sul volumen de producción que representa una fracción muy alta de la oferta nacional, cerca del 20% en 1998, y por sus elevados niveles de productividad. (Figura 3 y Cuadro14) El país es autosuficiente en producción de plátano y no obstante que en la actualidad no se visualizan grandes esfuerzos para el desarrollo de nuevas variedades y sistemas de producción para la región de referencia, una eventual expansión del cultivo mediante mejoras tecnológicas, debería orientarse principalmente hacia el procesamiento industrial y hacia los mercados externos.

El maíz que es también un alimento básico en extensas zonas y núcleos de la población colombiana, presentó un alto déficit de producción, en el período 1990-1998 cuando se importó el 48% del consumo doméstico. (Cuadro 17) Es un cultivo que se encuentra diseminado a lo largo y ancho de la Amazonia y Orinoquia. Recientemente se han empezado a observar los frutos de la investigación para el desarrollo de germoplasma adaptado, con la liberación de la nueva variedad de maíz para condiciones de sabana Sikuaní V110. En años más recientes se liberaron materiales híbridos de alto rendimiento (Corpoica H108 y H111), que han impulsado el establecimiento de siembras a mayor escala.

El sorgo es un insumo crítico en la industria de alimentos balanceados para animales. Colombia presenta un déficit crónico en la producción de éste grano, registrando anualmente importaciones cercanas al 5% del consumo total. (Cuadro 17)

Como ya se anotó, presenta una fuerte tendencia a contraer su área cultivada, mientras que sus rendimientos crecen moderadamente. La reciente investigación adelantada por el antiguo ICA y el CORPOICA actual, ha sido exitosa en el desarrollo de germoplasma tolerante a altos niveles de saturación de aluminio. Los cultivares recientemente liberados, Sorghica real 40, Sorghica real 60 e Icaravan 1, constituyen opciones promisorias para los productores de A&O.

El fríjol como cultivo es muy marginal en A&O. Las áreas sembradas son poco significativas, en el período 1990-1998 solo llegaron a 1560 hectáreas. Por esta circunstancia, para lograr un impacto económico importante mediante el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías de producción, se requeriría una notable expansión de las áreas cultivadas en la región bajo análisis. Colombia hoy en día presenta un déficit en la producción de ésta leguminosa que se aproxima al 11% del consumo doméstico.

La soya se puede considerar como novedosa en el área objetivo. Hacia mediados de la década anterior, se empezaron observar las primeras siembras de soya de alguna

importancia. En sus comienzos el cultivo se expandió a tasas relativamente altas, pero en los últimos años las áreas sembradas tienden a reducirse.

Cuadro 17. Producción, Consumo y Comercio de productos agrícolas seleccionados
Colombia:1990-1998

Cultivo	Producción '000 tm	Importaciones Netas '000 tm	Consumo Aparente '000 tm	Consumo per cápita kg/hab./ año	Índice de autosuficiencia %
Arroz	1153	104	1258	33.2	91.7
Maíz	1061	973	2034	53.8	52.2
Sorgo	563	32	595	15.7	94.6
Soya	118	146	264	7.0	44.6
Fríjol	130	16	146	3.9	88.9
Yuca	1792	13	1805	51.8	99.3
Aceite de palma	370	-15	355	9.4	104.3
Plátano	2670	0	2670	75.1	100.0
Frutales					
Piña	356	-1	355	9.4	100.3
Papaya	63	0	63	1.7	100.0
Naranjas	342	6	348	9.2	98.3
Aguacate	72	4	76	2.0	94.5
Mango	89	0	89	2.3	100.0
Sandía	53	1	54	1.4	98.7
Carne	696	7	703	18.6	99.0
Leche	4843	70	4913	179.8	98.6

Fuente: CIAT, cálculos basados en cifras de FAO.

Es una oleaginosa de uso industrial tanto en la fabricación de aceites de consumo humano, como en la industria de concentrados para animales. El país presenta muy baja autosuficiencia en la producción de soya, 45%. La investigación adelantada ha permitido la liberación de un nuevo material con gran adaptación a las condiciones imperantes en la Altillanura, denominado Soyica Altillanura 2.

El cultivo de palma de aceite se destaca en A&O por su gran dinamismo. En 1998 contabilizaba el 35% del área cultivada y el 33% de la producción total del país. Se exporta un pequeño porcentaje de la producción de aceite, que no supera el 5%.

La ganadería vacuna es típica de A&O. Se considera que dada la magnitud de los recursos aptos para la producción ganadera con que cuenta la región, su participación en la oferta nacional aún es muy reducida. En el período 1990-1998 Colombia presentó déficits en producción de carne y de leche. En el caso de carne vacuna el país no ha logrado consolidar su posición como exportador neto, participa en los mercados externos eventualmente como exportador o importador marginal. En leche, existe un pequeño déficit crónico que en el período 1990-1998 fue inferior al 2% del consumo total.

En las últimas dos décadas se ha dado particular énfasis al desarrollo de nuevos materiales forrajeros adaptados para la Amazonia y los Llanos Orientales de Colombia. Ha sido un trabajo en equipo del sistema nacional y del sistema internacional de

investigación. Este esfuerzo interinstitucional, ha producido la liberación de gramíneas y de leguminosas forrajeras que ya se están empleando en las ganaderías colombianas, tanto en áreas de sabana como de bosque húmedo. Entre las gramíneas se pueden citar *Brachiaria dictyoneura* (pasto llanero), *Brachiaria brizantha* (La Libertad), *Andropogon gayanus* (pasto Carimagua), *Brachiaria humidicola* (Humidicola), Pasto Toledo, Pasto Mulato y otros. (Véase Capítulo 4)

Entre las leguminosas forrajeras liberadas se encuentran: *Centrosema acutifolium* (Vichada), *Stylosanthes capitata* (Capica) y *Arachis pintoi*. (maní forrajero perenne) La última es una leguminosa de uso múltiple que sirve como cobertura del suelo para evitar la erosión y controlar malezas, que fija nitrógeno atmosférico en el suelo y que presenta alta calidad como material forrajero.

Para mayor información sobre la adopción de pasturas en A&O puede consultarse a Ramírez y Seré, 1990; Cadavid et al, 1990; Cadavid, 1994; Rivas 1997; y Rivas y Holmann 1998.

En un estudio del CIAT en el Caquetá se encontró que el 64% de los pastos mejorados de la región corresponden a *B. decumbens*. (Rivas y Holmann, 1998) Un trabajo similar en los Llanos Orientales reveló que del total de pastos mejorados, el 48% correspondía a *B. decumbens* sola o en asociaciones con leguminosas. (Cadavid, 1994)

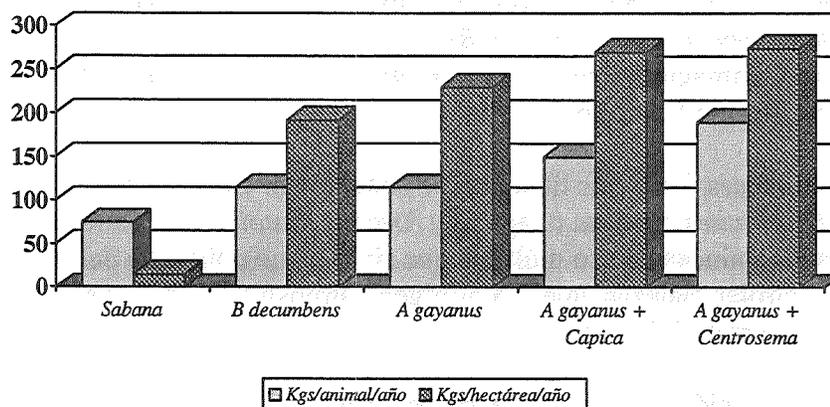
Por lo anterior, los trabajos para el mejoramiento genético de *Brachiaria decumbens*, la gramínea más empleada en las ganaderías del trópico latinoamericano, son esenciales y siguen en marcha con el propósito de obtener nuevos cultivares con mayor productividad y resistencia al mión o salivazo de los pastos.

Continúan avanzando los planes de desarrollo de nuevo germoplasma de *Arachis pintoi*, con mayor adaptación a sequías intensas y prolongadas y a suelos de baja fertilidad y de obtención de cultivares de leguminosas arbóreas como *Cratylia argentea*, material ya liberado, que tiene un alto potencial como forraje suplementario en explotaciones lecheras en áreas con sequías pronunciadas.

Las investigaciones para el mejoramiento de materiales del género *Stylosanthes* siguen progresando. Se pretende encontrar nuevos cultivares resistentes a antracnosis, enfermedad de los pastos que reducido de manera importante el empleo de éstas leguminosas en las ganaderías del país.

El potencial en términos de productividad y sostenibilidad del uso de estos materiales forrajeros mejorados en A&O es muy grande. Las cifras disponibles sobre cambios en productividad indican que al sustituir una pradera de gramínea pura medianamente degradada, por una mezcla de gramíneas y leguminosas, la producción de carne por hectárea puede incrementarse considerablemente como lo muestra la figura 4.

Figura 4. Ganancias de peso de vacunos en diferentes sistemas de pasturas Llanos Orientales de Colombia (Kg)



Fuente: CIAT, 1987

En lo referente a frutales tropicales el país es prácticamente autosuficiente, pero los niveles de consumo por habitante aún son bajos si se los compara con los observados en otros países latinoamericanos. Existe la posibilidad de desarrollar una agroindustria frutícola fuerte orientada a la exportación, que genere valor agregado y empleo, tanto en las fases de producción como de procesamiento.

Entre los frutales, la piña, los cítricos y la sandía en los últimos tiempos se están convirtiendo en alternativas válidas para diversificación de la producción agrícola de A&O. Según García (1998), dadas las características agronómicas de muchos frutales, se precisa una mínima adecuación de las tierras del Meta, la Altillanura y el piedemonte para su producción. Anota que las principales limitaciones se relacionan con la demanda, el procesamiento y la comercialización y que en el caso de la papaya, además de los problemas de mercado, algunas enfermedades como mancha angular y bacteriosis reducen considerablemente la productividad de ese cultivo.

La papaya aparece como uno de los frutales más extendidos en el departamento del Meta, su área cultivada se aproxima a las 500 hectáreas, con un rendimiento promedio de 27 toneladas/hectárea. Se ha introducido recientemente en la región la variedad Catira 1, la cual arrojó un rendimiento promedio de 72 toneladas por hectárea en la zona de Lejanías y en Palmira, en condiciones experimentales, se han logrado 146 toneladas/hectárea. (García. 1997)

La piña es una de las principales frutas tropicales consumidas en Colombia, 9 kg/habitante/año. Este consumo puede considerarse alto en el contexto latinoamericano, solo superado por Costa Rica 25 kg y Nicaragua 10 kg/habitante/año. El país exporta una pequeña fracción de su producción que no rebasa el 1%.

La naranja es el más importante de los cítricos consumidos en el país, 9.2 kg/habitante/año. Es un nivel bajo, comparado con el de Brasil (125 kg), Costa Rica (53 kg), Paraguay (41kg) y México. (35 kg) El índice de autosuficiencia de Colombia es de 98.3%. (Cuadro 17)

Los consumos de mango, aguacate, sandía y papaya son bastante reducidos, no superando los 3 kg/habitante/año, para cada una de éstas frutas individualmente.

Hay pocos antecedentes en el país sobre investigaciones orientadas a lograr nuevas variedades de frutales mejorados y adaptados a las condiciones particulares de A&O. Si se quiere desarrollar en el área de interés una agroindustria importante de producción y procesamiento frutícola, se requiere fortalecer el trabajo de investigación y mejoramiento de frutales y la búsqueda de nuevas opciones de producción que permitan desarrollar nuevos nichos productivos. No sólo es crítico el mejoramiento varietal, sino el desarrollo de métodos de manejo agronómico de los cultivos y de control de plagas y enfermedades, las que se agudizan cuando la producción se concentra geográficamente y se amplían las escalas de producción.

Aparte del gran inconveniente que representa la falta de tecnología apropiada para la producción de frutas en Colombia, es preciso considerar que los mercados externos de éstos productos son relativamente pequeños y muy exigentes, en cuanto a las especificaciones sobre calidad y tamaño del producto y que adicionalmente establecen rígidas barreras de control sanitario, para evitar riesgos de plagas y enfermedades que puedan afectar su producción doméstica.

En general se puede plantear que la producción de frutas es estacional, concentrada en determinadas épocas del año, y que por la elevada perecibilidad del producto, es preciso desarrollar sistemas de conservación y procesamiento de la producción frutícola, para ampliar los mercados, garantizar una oferta estable a través del tiempo y poder superar las barreras sanitarias, de calidad y de homogeneidad, que se imponen a la fruta fresca.

4.1 El modelo económico de evaluación

La evaluación de la eficiencia económica de las opciones evaluadas se efectúa calculando los excedentes económicos, que reciben los productores y consumidores, los cuales se originan en la adopción de nuevas tecnologías de producción.

Para estimar los beneficios económicos derivados del uso de nuevas tecnologías, se utiliza el modelo económico MODEXC, (CIAT, 1999), que permite simular la evolución en el tiempo de los mercados, en los cuales ha ocurrido una adopción tecnológica. El modelo calcula los flujos anuales de beneficios económicos recibidos por productores y consumidores, lo cual ayuda a la comparación y priorización de alternativas de inversión en investigación.

En este caso se trata de una evaluación *ex-ante*, es decir se simulan procesos de adopción que aún no han ocurrido, empleando para ellos supuestos razonables referidos a las tecnologías y a los mercados afectados por ellas.

El modelo utiliza un sistema de ecuaciones simultáneas de oferta y demanda y simulando, en un proceso dinámico la adopción tecnológica calcula inicialmente las cantidades y precios de equilibrio de los mercados a través de los años.

Una vez definidos los puntos de equilibrio, en términos de cantidades y precios, el modelo estima los excedentes sociales (beneficios) que recibirían los productores y consumidores, mediante un procedimiento matemático de integración de las áreas bajo las curvas de demanda y oferta.

La expresión matemática del modelo utilizado se plantea como:

$$D_{\alpha,t} = \beta(1 + \Omega)^t P^\eta \quad (1)$$

$$S_{\alpha,t} = c(1 + \theta)^t (PK - m)^d \quad (2)$$

$$D_{\alpha,t} = S_{\alpha,t} \quad (3)$$

Donde

$D_{\alpha,t}$ = Cantidad del producto a demandada en el mercado en el período t

Ω = Tasa anual de crecimiento de la demanda del producto a por factores autónomos

β = Intercepto de la función de demanda

η = Elasticidad precio de la demanda del producto a

$S_{\alpha,t}$ = Cantidad del producto a ofrecida en el mercado en el período t

θ = Tasa anual de crecimiento de la oferta del producto a por factores autónomos

P = Precio de mercado del producto a

K = Factor de desplazamiento de la función de oferta debido a la adopción tecnológica

m = precio mínimo de oferta del producto a.

c y d = valores constantes de la función de oferta; t = tiempo

La ecuación (3) corresponde a la condición de equilibrio del mercado

En la figura 5 se ilustran las condiciones originales del mercado, el desplazamiento de la oferta debido a la adopción tecnológica y los beneficios sociales que recibirían productores y consumidores como consecuencia del cambio técnico. El mercado inicialmente está regido por las funciones de demanda d_0d_0 y oferta s_0s_0 las cuales se interceptan en el punto Q , determinándose las cantidades y precios de equilibrio inicial. (p_0, q_0)

La adopción de una nueva tecnología de producción, desplaza a la función de oferta desde s_0s_0 a s_1s_1 , originando un nuevo equilibrio de mercado Q_1 , con diferente precio y cantidad. (p_1, q_1)

El desplazamiento de la oferta debido a la adopción tecnológica se produce a través del factor de desplazamiento K , el cual es variable en el tiempo y se simula dentro del modelo mediante una función sigmoide o logística, la cual reproduce la dinámica de los procesos de adopción y difusión tecnológica.

Como resultado de la adopción, se genera un flujo de beneficios sociales para productores y consumidores que son atribuibles a la innovación.

En la figura 5 el área $00'p_1p_0$ representa los beneficios que obtendrían los consumidores debido a la reducción del precio desde p_0 a p_1 y el incremento del consumo de q_0 a q_1 .

Los beneficios que recibirían los productores están representados por la diferencia entre el área $0'Lm$, que equivale a las ganancias en productividad asociadas con la innovación y el área $0p_0p_1L$, que corresponde a la pérdida que sufren los productores debido a la caída de los precios. El beneficio social neto está representado por el área sombreada $00'm$, que resulta de la suma aritmética de los beneficios sociales de los productores y de los consumidores. Información adicional sobre el modelo empleado se presenta en el Capítulo 2. También se puede consultar en Rivas et al. (1999)

4.2 Supuestos tecnológicos

Los supuestos tecnológicos utilizados por el modelo se refieren a: 1) Los niveles de productividad de la tecnología actual y de la mejorada. 2) La magnitud de las áreas a afectar con la nueva tecnología, 3) La velocidad del proceso de adopción, 4) El momento en que las tecnologías estarán disponibles para los productores y 5) La probabilidad de éxito en el proceso de desarrollo de las nuevas tecnologías. Los parámetros tecnológicos se resumen en el factor de desplazamiento de la tecnología, conocido en la literatura como K . En este caso el valor de éste parámetro se calcula como:

$$K = (Q_0 + (P_{rm} - P_r)A_0 + A_1P_{rm}) / Q_0 \quad (4)$$

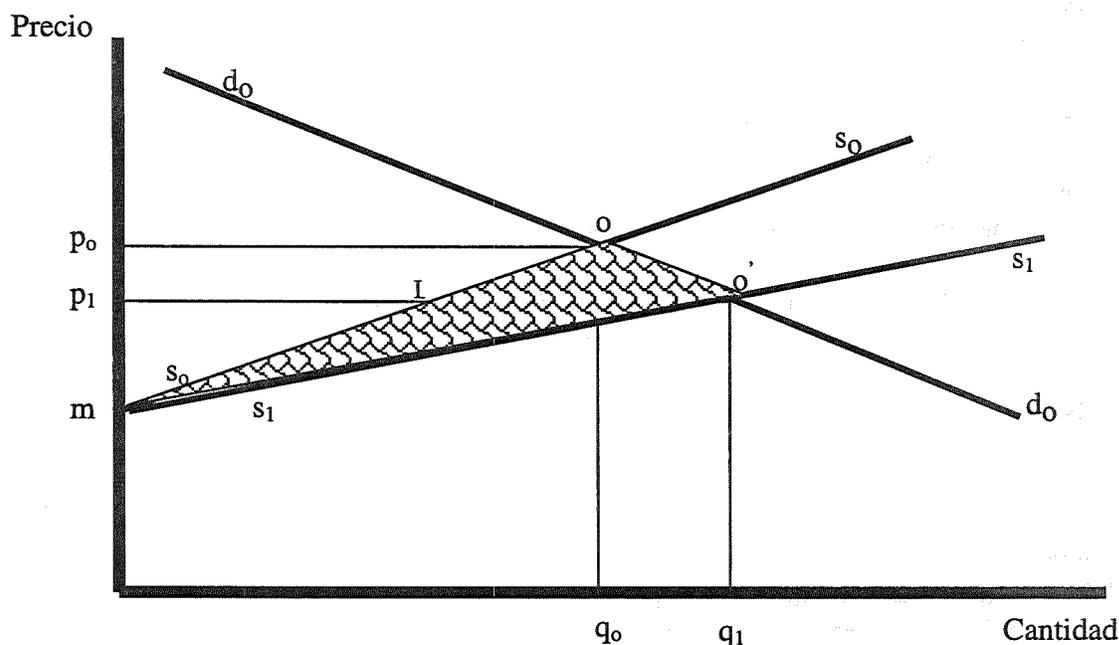
Donde :

K = Factor de desplazamiento de la función de oferta

Q_0 = Cantidad inicial de equilibrio en el mercado a.

P_{rm} = Productividad de la tecnología mejorada en la región objetivo (Kg./ha)

Figura 5. Funciones de Oferta, Demanda y Beneficios Tecnológicos



P_{π} = Productividad de la tecnología tradicional en la región objetivo (Kg./ha)

A_0 = Área actualmente cultivada bajo tecnología tradicional en la región objetivo (has.)

A_1 = Áreas nuevas que se incorporan a la producción en la región objetivo (has.)

El factor K incluye dos elementos que impulsan el crecimiento productivo: 1) La intensificación de la producción en las áreas actualmente cultivadas y 2) La incorporación a la producción de áreas nuevas.

En el cuadro 18 aparecen los supuestos adoptados para calcular el parámetro K, correspondiente a los cultivos evaluados. La segunda columna contiene las cantidades promedias comercializadas en los mercados nacionales, de los productos involucrados en la evaluación. Se utilizan los valores promedios del período 1990-1995. En el mismo cuadro, se muestran los rendimientos promedios en A&O durante el mismo período y los rendimientos potenciales debidos a la nueva tecnología, calculados suponiendo diferentes tasas alternativas de crecimiento de los mismos.

Las áreas cultivadas con los productos seleccionados, aparecen en la tercera columna. Se asume un crecimiento de las mismas considerado factible, dada la evolución histórica de los cultivos en la región. Finalmente, se incluyen los diferentes valores de K, de acuerdo a distintas hipótesis de crecimiento de los rendimientos de los cultivos, en la región de interés.

En ganadería se evalúan las tecnologías forrajeras en dos de los sistemas ganaderos más frecuentes en A&O: Doble propósito (producción conjunta de carne y de leche) y

producción de carne. (énfasis en el engorde de animales) Se supone que la tecnología forrajera intensifica la producción en áreas ya degradadas y de baja productividad, y que la superficie total de pasturas de la región no se incrementa.

Dada un área estimada en pastos para los Llanos Orientales, de 7.6 millones de hectáreas, se asume que el 20% de la misma estaría bajo nueva tecnología, en el transcurso de los próximos 15 años. En la región amazónica, con 1.9 millones de hectáreas en pasturas, se asume que el 40% de las mismas estaría bajo nueva tecnología, en los próximos 15 años.

El avance tecnológico a evaluar, es el cambio de la base forrajera tradicional, consistente en una pastura de gramínea pura medianamente degradada, por una pastura mixta, de gramínea y leguminosa mejoradas, que permite incrementar sustancialmente la producción de leche y carne por hectárea. (Cuadro 19 y Figura 8)

En razón de que hay claras evidencias de que la duración de la difusión de nuevas tecnologías de pasturas, suele ser mayor que la de los cultivos mejorados, debido a que la adopción de ellas implica significativos montos de inversión por lapsos superiores a cuatro años, se incluyó un ejercicio de sensibilidad de los beneficios de la ganadería, considerando diferentes períodos de duración de la adopción

4.3 Supuestos económicos

Adicional a los supuestos tecnológicos usados para estimar el impacto económico del cambio técnico, es preciso definir las características de los mercados de los productos que se evalúan, lo cual se hace en términos de: 1) Las cantidades y precios de equilibrio del mercado, en el momento de iniciar la evaluación. 2) Las elasticidades precio de demanda y oferta, 3) Las tasas de crecimiento autónomo de oferta y demanda. Estas últimas, se refieren al crecimiento de éstas funciones, independiente de las fuerzas tecnológicas que actúan sobre el mercado. 4) El precio mínimo de oferta, que corresponde al precio mínimo requerido, para que los productores ofrezcan en el mercado.

Este último precio está estrechamente relacionado con los costos variables de producción. La información para determinar los parámetros, tanto económicos como técnicos, se obtuvo de diferentes estudios elaborados por el CIAT y otras instituciones y también se tomaron en cuenta las opiniones de expertos calificados.

Para determinar los precios de mercado al productor se revisaron varias fuentes: FAO, Hertford & García (1999), Rivas et al. (1999) Se notan grandes discrepancias entre las fuentes consultadas, ya que en general cada estudio elabora sus propias series históricas con base en informaciones secundarias, puesto que no existe en el país ninguna institución que publique formalmente las series anuales consolidadas de precios al productor. Además de las discrepancias entre fuentes, también se observan inconsistencias internas en las series.

Cuadro 18. Parámetros Técnicos para la Evaluación del Impacto de la Adopción de nuevas tecnologías Llanos Orientales y Amazonia, Colombia.

Producto	Cantidad Total producida en Colombia 1/ (000 Tm.) a/	Área cultivada en A&O (000 ha) a/	Productividad actual en A&O kg/ha 1/ a/	Productividad potencial Kg./ha 2/			Incremento del área cultivada 1/ 0000 has b/	Valor del parámetro K 2/		
				+20%	+40%	+60%		+20%	+40%	+60%
Arroz	1763	140.0	4167	5000	5837	6667	70.0	1.26	1.36	1.46
Frijol	130	1.6	866	1038	1211	1384	3.2	1.028	1.034	1.040
Yuca	1789	27.1	8073	9688	11302	12917	13.6	1.10	1.13	1.17
Maíz	1142	114.6	1393	1672	1950	2229	57.3	1.11	1.15	1.28
Sorgo	684	9.2	2567	3080	3594	4107	4.6	1.03	1.04	1.05
Soya	140	21.2	1660	1992	2324	2656	10.6	1.20	1.28	1.35
Plátano	2530	65.8	10943	13132	15320	17509	32.9	1.23	1.31	1.40
Palma	324	43.0	2669	3203	3737	4270	21.5	1.28	1.39	1.50
Frutales 3/										
Piña	363	6.8	53.7	64.5	75.2	86.0	6.8	2.21	2.41	2.61
Aguacate	71	7.9	9.0	10.8	12.6	14.4	7.9	2.21	2.41	2.61
Mango	84	7.0	12.1	14.5	16.9	19.3	7.0	2.20	2.40	2.60
Sandia	52	4.3	12.6	15.2	17.7	20.2	4.3	2.25	2.45	2.66
Papaya	62	2.1	29.1	34.9	40.8	46.6	2.1	2.18	2.37	2.57
Naranja	350	14.6	19.9	24.0	28.0	32.0	14.6	2.0	2.17	2.33

1/ Corresponde al promedio 1990-1995. 2/ Asumiendo diferentes porcentajes alternativos de incremento de los rendimientos actuales.

3/ El área cultivada y los rendimientos en frutales corresponden a los totales nacionales.

Fuentes: a/ Anuarios del Ministerio de Agricultura. b/ Se asume un crecimiento del área actualmente sembrada de 50% en los próximos 15 años. En el caso de frijol se supone un incremento del área del 100%.

Cuadro 19. Parámetros técnicos para la Evaluación del Impacto de la Adopción de Tecnologías forrajeras. Llanos Orientales y Amazonia. Colombia

Amazonia			
	Sistema de Producción		Total Sistemas
	Doble Propósito	Carne	
Producción de Colombia (000 tm) 1/ Carne Leche			664 4508
Productividad actual en la región 2/ Carne (Kg/ha) Leche (Kg/ha)	70 847	127	
Productividad mejorada 3/ Carne (Kg/ha) Leche (Kg/ha)	105 1300	225	
Área bajo nueva tecnología en la región (000 ha)	592.6	148.2	740.8
Porcentaje de área total en el sistema (%)	80	20	
Porcentaje estimado de adopción (%)	40	40	
Incremento del área en pastos (ha.)	0	0	
Valor de K	1.031 1.060	1.023	
Llanos Orientales			
	Sistema de Producción		Total Sistemas
	Doble Propósito	Carne	
Productividad actual en la región 2/ Carne (Kg/ha) Leche (Kg/ha)	78 900	110	
Productividad mejorada 3/ Carne (Kg/ha) Leche (Kg/ha)	132 1300	200	
Área bajo nueva tecnología (000 ha)	304.6	1218.6	1523.2
Porcentaje de área total en el sistema (%)	20	80	
Porcentaje estimado de adopción (%)	20	20	
Incremento del área en pastos (ha.)	0	0	
Valor de K	1.025 1.027	1.165	

Fuentes: 1/ FAO. 2/ Ministerio de Agricultura 3/ Rivas y Pachico (1997)

En la estimación de las tasas de crecimiento de la demanda se asumió un crecimiento moderado de la población del país de 1.5% por año, para las dos primeras décadas de este siglo, ya que la tendencia de la población es a reducir su ritmo de expansión.

En los últimos años el crecimiento del ingreso por habitante ha sido muy bajo y la actividad económica ha mostrado muy lenta dinámica. Sin embargo, se espera una recuperación económica en los primeros años del siglo actual, por lo cual se asume un crecimiento del ingreso por habitante que se puede catalogar como moderado, 2% por año.

El proceso de adopción y difusión de las nuevas tecnologías, tanto para cultivos como para ganadería, se asume que dura 15 años, a partir del momento de liberación de los nuevos cultivares. En todos los casos, el ámbito de la de evaluación es el mercado nacional de cada producto considerado individualmente.

En el cuadro 20 aparecen los parámetros económicos usados en el presente ejercicio.

5. Beneficios potenciales del desarrollo de tecnologías mejoradas

Una vez definidos los parámetros técnicos y económicos correspondientes a los productos a evaluar, se procedió a estimar el flujo anual de beneficios sociales, atribuibles al desarrollo y adopción de nuevas formas de producción en A&O.

Al desconocer los rendimientos en finca de los cultivos y de los sistemas de producción mejorados, ya que se trata de una evaluación *ex-ante*, se tomaron como base los rendimientos actuales de los cultivos en A&O y se supuso que la nueva tecnología los podría incrementar alternativamente en una proporción del 20, 40 y 60%. Los beneficios sociales que se presentan en el cuadro 21 y en la figura 6 corresponden en el caso de los cultivos, a un crecimiento de los rendimientos actuales de un 20%.

La estimación de los beneficios sociales toma en cuenta dos fuerzas que impulsan la producción. La primera tiene que ver con los procesos de intensificación, ya que en las áreas actualmente cultivadas, debido al empleo de las nuevas tecnologías se logra un crecimiento de los rendimientos promedios. La segunda fuerza se relaciona con el hecho de que debido a la disponibilidad de nuevas opciones de germoplasma, se desencadenan siembras adicionales. Se asume que el área cultivada actual se incrementará en los próximos 15 años y que en las nuevas áreas incorporadas a la producción, utilizarán las tecnologías mejoradas. Para todos los cultivos, con excepción de fríjol, se supone que el área sembrada se incrementará en 50%, lo cual implica un crecimiento promedio en los próximos 15 años de 2.74.% anual.

Cuadro 20. Parámetros Económicos para la Evaluación del Impacto de la Adopción de nuevas tecnologías. A&O, Colombia

Productos	Cantidad de Equilibrio Inicial del mercado de Colombia (Qo) 000 Tm. 1/ a/	Precio de Equilibrio Inicial del mercado de Colombia (Po) 000\$ col/Tm.) 1/ b/	Precio Mínimo de Oferta (Pm) 000\$ col/Tm. 1/ c/	Elasticidad Precio d/		Tasa de crecimiento autónomo (%) e/	
				Demanda	Oferta	Demanda 2/	Oferta
Arroz	1763	159.3	83.7	-0.40	0.60	2.2	1.4
Frijol	130	643.3	231.8	-0.60	0.50	2.7	2.2
Yuca	1789	290.8	155.9	-0.90	0.40	2.3	1.5
Maíz	1142	143.6	75.3	-0.45	0.30	2.3	1.3
Sorgo	684	133.0	69.7	-2.00	0.50	2.9	1.5
Soya	140	245.2	128.6	-2.81	0.48	2.9	1.4
Plátano	2530	116.5	82.0	-0.38	0.50	2.1	2.0
Palma	324	333.4	234.8	-2.00	0.55	3.1	3.0
Carne	664	918.5	308.2	-0.70	0.50	3.1	1.8
Leche	4508	183.4	61.1	-0.80	0.70	3.0	2.0
Frutas							
Piña	363.4	47.3	27.4	-0.75	0.6	2.7	2.6
Aguacate	70.8	151.9	88.1	-0.75	0.5	3.0	2.5
Mango	84.4	66.6	38.6	-0.75	0.4	3.0	3.0
Sandía	52.2	74.4	43.2	-0.75	0.3	3.0	3.1
Papaya	62.3	79.8	46.3	-0.75	0.3	3.0	3.0
Naranja	291.9	77.5	45.0	-0.75	0.5	2.9	2.7

1/ Promedio del período 1990-1995.. 2/ Calculada asumiendo una tasa esperada de crecimiento de la población de 1.5% y del ingreso real per cápita de 2% por año. Fuente: a/ Anuario Ministerio de Agricultura. b/ Hertford y García (1998) c/ Estimado. d/ CIAT, 1990. Sanint et. al 1985, Andersen et al 1980. Junguito (.....)

Cuadro 21. Beneficios Potenciales del Desarrollo y Adopción de Nuevas Tecnologías en la Amazonia & Orinoquia de Colombia 1/

Productos	Excedentes Económicos (millones de \$ col)			Excedentes Económicos (US\$ millones) 2/	
	Consumidor	Productor	Total	Total	Anualidad
Carne	236225	43140	279365	174.6	22.9
Plátano	127093	40159	167252	104.5	13.7
Leche	135489	20500	155989	97.5	12.8
Arroz	148160	5162	153322	95.8	12.6
Frutas	71888	46479	118367	74.0	9.7
Naranja	23524	14675	18199	23.9	3.1
Piña	22587	10771	33358	20.8	2.7
Aguacate	12724	7761	20485	12.8	1.7
Mango	5730	4701	10431	6.5	0.9
Papaya	4043	4727	8770	5.5	0.7
Sandía	3280	3844	7124	4.5	0.6
Yuca	58941	57609	116550	72.8	9.6
Palma de aceite	22134	59338	81472	50.9	6.7
Maíz	26538	11121	37659	23.5	3.1
Soya	3339	10910	14249	8.9	1.2
Sorgo	2187	4534	6721	4.2	0.5
Fríjol	4306	523	4829	3.0	0.4

1/ Los beneficios potenciales corresponden al valor presente (VP) del flujo anual de excedentes a productores y consumidores durante un período de 15 años, empleando una tasa de descuento del 10%.

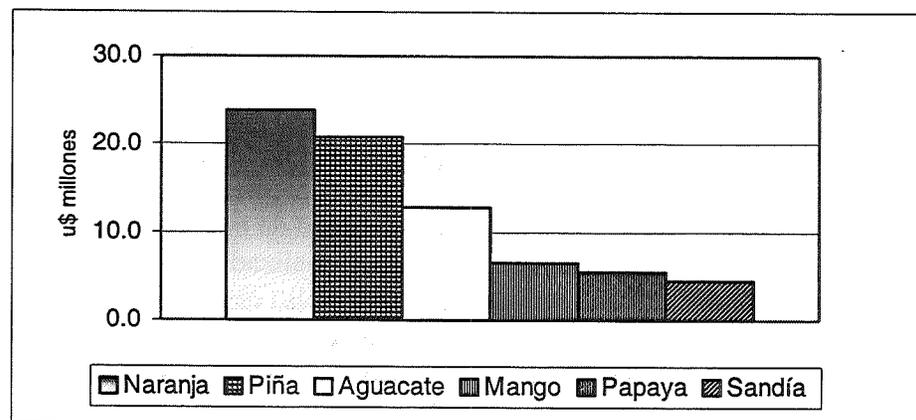
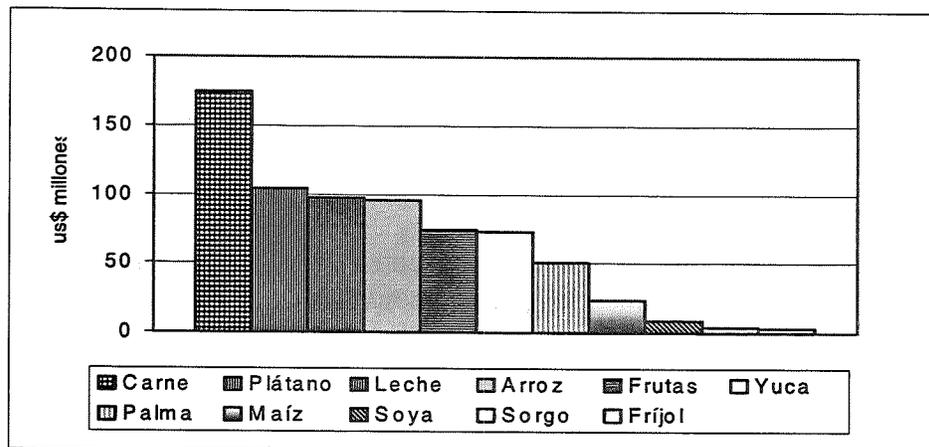
2/ Se utiliza una tasa de cambio de \$ col 1600 por dólar.

Cuadro 22. Área bajo nueva tecnología al finalizar el proceso de Adopción en Amazonia y Orinoquia colombianas

Cultivo	Área Actual (000 ha.)	Área Nueva Incorporada a la producción (000 ha.)	Área Total bajo nueva tecnología al finalizar el proceso de adopción (000ha)
Arroz	140.0	70.0	210
Fríjol	1.6	3.2	4.8
Yuca	27.1	13.6	40.7
Maíz*	114.6	57.3	171.9
Sorgo	9.2	4.6	13.8
Soya	21.2	10.6	31.8
Plátano	65.8	32.9	98.7
Palma de aceite	48.0	21.5	64.5
Frutas	0	42.7	42.7
Ganadería 1/	2264.0	0	2264.0
Amazonia	740.8	0	740.8
Llanos Orientales	1523.2	0	1523.2
Total	2691.5	256.4	2947.9

1/ Se refiere a la porción del área ganadera actual que al finalizar el proceso de adopción estaría bajo nueva tecnología

Figura 6. Beneficios Sociales Potenciales del Desarrollo y Adopción de nuevas tecnologías agropecuarias en la Amazonia y Orinoquia de Colombia: Ganadería y Cultivos.. Evaluación *ex- ante*



Dado que la superficie actual de frijol en la región es muy reducida, se supuso ésta que se triplicaría, pero aún así, continuará siendo muy baja en comparación con las de los otros cultivos. (Cuadro 22)

En cuanto a frutales las estadísticas oficiales no reportan áreas sembradas en A&O. Se presume que de existir, deben ser muy bajas, quizá para autoconsumo. Dada esta falta de información, se partió del área nacional cultivada con los frutales promisorios y se supuso que en los próximos 15 años se duplicará y que las siembras adicionales se ubicarán en A&O.

Al no disponer de información sobre rendimientos de frutales en A&O, se partió del promedio nacional, para estimar los probables niveles de productividad de los frutales mejorados. (Cuadro 18)

La evaluación resulta conservadora en relación con la magnitud de las áreas a afectar con a tecnología mejorada. En total al finalizar la adopción estarían bajo nueva tecnología cerca de 3 millones de hectáreas, de las cuales más del 90% ya está en producción. El énfasis en este caso, se coloca en la intensificación del uso de la tierra. En los cultivos se intensificaría la producción en aproximadamente medio millón de hectáreas y la expansión de la frontera agrícola estaría alrededor de un cuarto de millón de hectáreas. Estas cifras son bajas si se comparan con la magnitud del área existente en la región, utilizable con fines productivos.

Se estima la superficie en pasturas de A&O es de 9.5 millones de hectáreas, de las cuales 24% (2.3 millones), estaría bajo tecnología mejorada en un horizonte de tiempo de 15 años.

Se parte de la base que se intensificará la producción en las actuales áreas ganaderas, mediante el empleo de pasturas más productivas, manteniendo constante el área ganadera total de la región. Este supuesto apunta a la necesidad de mejorar la competitividad de la ganadería en un contexto mundial cada vez mas globalizado. Por otro lado, la concentración geográfica de la producción es una de las claves para reducir costos de transporte y de acopio, en una región donde la infraestructura vial es uno de sus principales cuellos de botella. Desde la perspectiva de la conservación del ambiente y protección de las áreas boscosas, la intensificación de la producción en zonas ganaderas de baja productividad, puede constituirse en un elemento esencial dentro de una estrategia global, orientada a la conservación y protección de áreas naturales aún no intervenidas.

En cuanto a los rendimientos a escala de finca de la tecnología mejorada, se adoptan supuestos conservadores, pero basados en un numeroso conjunto de ensayos y pruebas experimentales en el campo, efectuadas por el CIAT y otras instituciones.

En ganadería se tuvo en cuenta los trabajos previos de campo para llegar a un consenso entre investigadores especialistas en el tema. Los parámetros de productividad ganadera utilizados en la presente evaluación, anteriormente se emplearon en otras evaluaciones

ex-ante efectuadas por el Centro, en regiones de sabana y trópico húmedo de América Latina. (Véase Rivas y Pachico 1997)

En la figura 6 y en el cuadro 21 se presentan las estimaciones de los beneficios potenciales de la adopción de nuevas tecnologías en los cultivos seleccionados. El valor presente de ellos, en un período de 15 años, utilizando una tasa de descuento anual del 10%, varía entre US\$ 175 millones para carne vacuna y US\$ 3 millones para frijol.

Si los beneficios tecnológicos se expresan como una anualidad, es decir una suma fija anual durante el período de adopción, se concluye que la investigación en forrajes para la región sólo dejaría de ser socialmente rentable, cuando las inversiones por año en investigación sean superiores a US\$ 22 millones durante un lapso de más de 15 años. En plátano el límite sería de US\$ 14 millones anuales y en arroz de US\$ 12.6 millones. (Cuadro 21)

Considerando al frijol como un monocultivo, sus áreas sembradas tendrían que crecer a tasas muy altas para lograr beneficios sociales significativos, dentro del proceso de modernización productiva en la región bajo análisis.

Incremento de las áreas sembradas de frijol y valor de los beneficios sociales

Incremento absoluto del área sembrada ('000 has)	No. de veces que crecería el área actual	Valor presente de los beneficios sociales	
		\$ col millones	US\$ millones
16	10	21138	13.2
32	20	39215	24.5
48	30	55051	34.4
160	100	132186	82.6

Si el área actualmente sembrada con ésta leguminosa creciera 10 veces, sus beneficios tecnológicos estarían muy cercanos a los calculados para aguacate – véase Cuadro 21. Si el área plantada creciera 20 veces, tales beneficios se aproximarían a los estimados para naranja y si el crecimiento fuera de 100 veces, superaría a los calculados para los frutales en conjunto. (Cuadro 21)

Sin embargo estas magnitudes de área plantada para frijol parecen difíciles de alcanzar, ya que el hectareaje cultivado en los países de América Latina, considerados individualmente no supera las 200 mil hectáreas, exceptuando a Brasil y México, que en 1998 cultivaban 3.3 y 2 millones de hectáreas respectivamente. En el mismo año, el área total cultivada en Colombia solo llegaba a 138 mil hectáreas. (FAO, 1999)

Es preciso señalar que muchos cultivos como el frijol, constituyen componentes dentro de sistemas de producción complejos, que pueden individualmente representar poco si se los considera aisladamente, pero que son importantes dentro de los sistemas productivos, porque permiten diversificar la producción, disminuir riesgos biológicos y de mercado, contribuyen a mejorar el flujo de efectivo particularmente en el grupo de pequeños productores y son importante fuente alimenticia en los hogares rurales.

El análisis de sensibilidad de los beneficios tecnológicos en ganadería con respecto a la duración del período de adopción, señala que éstos son muy sensibles a los cambios de esa variable. Si la duración de la adopción sube de 15 a 25 años, los beneficios tecnológicos en ganadería vacuna se reducirían en 42% y la adopción se prolonga hasta 35 años, tales beneficios declinarían en un 72%. (Cuadro 23).

Cuadro 23. Valor de los beneficios tecnológicos en Ganadería frente a variaciones del período de adopción. (\$col millones) 1/

Producto	Duración del período de adopción (años)								
	15			25			35		
	Cons.	Prod.	Total	Cons.	Prod.	Total	Cons.	Prod.	Total
Carne vacuna	236225	43140	279365	136203	25162	161365	67598	12755	80353
Leche	135489	20500	155989	76556	11740	88296	37145	5588	42733
Total									
\$ Col. millones	371714	63640	435354	212759	36902	249661	104743	18343	123086
US\$ millones	232	40	272	133	23	156	65	11	76

1/ Valor presente de los beneficios en un período de 15 años, utilizando una tasa de descuento del 10%

2/ Tasa de cambio: \$col 1600/ dólar.

Se evidencia la relevancia de lograr procesos de adopción rápidos y masivos, para maximizar los beneficios sociales recibidos por la comunidad. También destaca el hecho de que aparte de contar con nuevos materiales y métodos de producción apropiados, es preciso fortalecer la adopción mediante nuevos esquemas de investigación participativa, de divulgación y promoción de las tecnologías mejoradas, de desarrollo de la infraestructura social y física que apoye la diseminación tecnológica, lo cual unido con formulación de políticas económicas apropiadas, transparentes y estables, genere un clima propicio para la inversión y la adopción tecnológica.

En un modelo de economía cerrada (ausencia de comercio internacional) la distribución de los beneficios del cambio técnico entre productores y consumidores, depende principalmente del valor de la elasticidad precio de la demanda de un producto determinado. Los alimentos básicos, se caracterizan por sus bajas elasticidades, por lo cual al producirse una innovación que incremente la disponibilidad interna, es indispensable que el precio se reduzca considerablemente para que las cantidades adicionales sean comercializadas y consumidas. En la figura 6 se destaca que los alimentos básicos para la población colombiana como arroz, fríjol, leche, carne plátano y maíz, cuyas elasticidades precio de demanda fluctúan entre -0.3 y -0.7 , los beneficios se concentran en los consumidores quienes reciben una fracción de los beneficios tecnológicos totales que está en el rango del 70 al 97%. (Cuadro 21 y Figura 6)

Por el contrario, productos con demandas fuertes para procesos agroindustriales tales como frutas, yuca, sorgo, palma de aceite y soya, con altos valores absolutos de la elasticidad precio de demanda, cercanos o por encima de la unidad, presentan una concentración de los beneficios tecnológicos en los productores, en una proporción que va de 40 a 76%. (Cuadro 21)

La apertura de la economía implica una redistribución de los beneficios tecnológicos. En el caso de bienes transables internacionalmente como arroz y carne vacuna, se observa que al estimar los beneficios tecnológicos bajo un esquema de economía totalmente abierta – libre flujo de importaciones y exportaciones- se produce una redistribución de los beneficios tecnológicos entre sectores sociales. En arroz al abrir los mercados la participación de los productores crece de 3 a 72%. En carne vacuna de 15 a 72%. (Cuadro 24)

Cuadro 24. Distribución de los beneficios tecnológicos según el tipo de mercado Arroz y Carne vacuna (US\$ millones) 1/ 2/

Producto	Economía Cerrada			Economía Abierta		
	VP de los beneficios tecnológicos			VP de los beneficios tecnológicos		
	Consumidores	Productores	Total	Consumidores	Productores	Total
Arroz	92.6 (96.6)	3.2 (3.4)	95.8 (100.0)	27.8 (28.2)	70.8 (71.8)	98.6 (100.0)
Carne	147.6 (84.6)	27.0 (15.4)	174.6 (100.0)	51.9 (29.2)	125.8 (70.8)	177.7 (100.0)

1/ Se empleó una tasa de cambio de \$col 1600 por dólar. 2/ Se asumió un precio internacional promedio para los próximos 15 años de US\$1200/tm para carne vacuna y de US\$ 211/tm para arroz. La cifra entre paréntesis corresponde a la distribución en porcentaje.

Los beneficios totales bajo uno u otro esquema de apertura permanecen más o menos estables, ya que en este caso existe un “trade off” de beneficios, puesto que lo que dejan de ganar los consumidores vía precios, lo reciben los productores y viceversa. Cuando el mercado es totalmente cerrado e inelástico, al producirse la innovación, los precios domésticos caen abruptamente, beneficiando claramente a los consumidores. Cuando se produce la apertura del mercado, la ampliación del mismo frena la caída de los precios internos, mejorando la posición de los productores.

Para que el cambio técnico sea perdurable, se requiere que todos los actores del mismo a largo plazo, obtengan beneficios del proceso de innovación. Por lo tanto, es muy importante el papel de la política económica, cuando por condiciones de mercado se presenten inequidades. Políticas comerciales, impositivas y de transferencias, pueden ser instrumentos útiles para lograr el propósito de cambio técnico con equidad.

Empleando supuestos conservadores sobre las áreas a afectar y el nivel de los rendimientos de las tecnologías mejoradas, se obtienen beneficios tecnológicos altos, comparados con los niveles de inversión efectuados, para el desarrollo de las nuevas tecnologías. Se infiere que la rentabilidad social de invertir en investigación para el desarrollo productivo de la zona es muy atractiva y que se justifica plenamente usar recursos públicos con éste propósito.

Por el tamaño del área ocupada y los niveles de productividad que es factible alcanzar, la intensificación de la ganadería de forma amigable con el medio ambiente, aparece como una de las alternativas con mejores perspectivas para impulsar el crecimiento agropecuario en la región analizada. Considerando la magnitud del área disponible y la necesidad de diversificar las actividades productivas, diversos cultivos, tanto tradicionales como nuevos, emergen como opciones muy atractivas para lograr ésta meta.

Dado lo anterior, la pregunta a responder es: ¿ Que tan viable desde el punto de vista privado como social, es el cambio tecnológico del sector agropecuario de A&O?. Puesto de otra forma, que marco político, económico y social deberá diseñarse, para que una vez desarrolladas las tecnologías apropiadas, se desencadenen los procesos de adopción y difusión que permitan incrementar la producción y la productividad agropecuaria y que esto en definitiva, se traduzca en menores precios, más empleo y consumo, altos saldos exportables y en definitiva en mayor bienestar y en menores índices de pobreza en la región y en Colombia.

La respuesta es que la innovación tecnológica es un elemento muy importante dentro de la estrategia de desarrollo de la región, que es absolutamente necesaria pero no suficiente y que se requieren adicionalmente otros elementos, para conformar un entorno político, económico y social que haga viable y rentable el cambio tecnológico a todos los niveles, privado, social y ambiental.

6. Viabilidad del cambio técnico en el área objetivo

En algunos textos sobre evaluación de proyectos y análisis financiero, los estudios de factibilidad de los proyectos se desglosan en dos componentes: 1) Análisis de rentabilidad y 2) Análisis de viabilidad. El primero conduce a determinar la bondad económica de los proyectos. Responde la pregunta sobre la conveniencia, desde el punto de vista económico, de invertir en el proyecto evaluado. Es decir si el proyecto se debe hacer.

El segundo nivel de análisis se refiere a la disponibilidad oportuna de los fondos necesarios para efectuar las inversiones en los momentos requeridos, de los conocimientos técnicos, habilidades e insumos necesarios y del entorno apropiado, para poder adelantar el proyecto. Responde a la pregunta de sí el proyecto se puede hacer.

En consecuencia, al evaluar las alternativas de desarrollo tecnológico, no solo es necesario analizar su bondad en términos económicos, sociales y ambientales, que se expresa en indicadores de rentabilidad social y privada, también se debe analizar la viabilidad de que las tecnologías sean adoptadas y de obtener efectivamente los niveles de productividad, producción y beneficios esperados.

La primera condición para que se desencadene un proceso de adopción es que las nuevas técnicas sean rentables para el productor individual y que esa rentabilidad sea lo suficientemente atractiva, como para inducirlo a abandonar las antiguas tecnologías y ha asumir los posibles riesgos asociados con las prácticas nuevas.

En el ejercicio de evaluación *ex-ante*, se supone que las nuevas tecnologías mejoran la rentabilidad de la finca, lo cual ya ha sido demostrado en numerosos trabajos principalmente en pasturas y arroz adelantados en la región bajo estudio. (Cadavid et al, 1990; Seré y Estrada,1987; Gutiérrez,1979; Valencia,1990; Sanint et al,1990; Rivas et al,1990).

Como se sabe, los riesgos que enfrentan los productores son de carácter económico y biológico. Los primeros están asociados con fluctuaciones marcadas de precios y cantidades en los mercados de productos, insumos y servicios. y los segundos con las fuertes e impredecibles variaciones de carácter climático y ambiental.

Los riesgos económicos que afectan los procesos de adopción tecnológica pueden ser aliviados o disminuidos a través de la política económica. Debe procurarse una sincronización y armonización de las acciones de política, con los objetivos de cambio técnico y modernización. Su rol es suavizar las fluctuaciones en los mercados, mediante intervenciones que propicien su estabilidad y llenen de confianza a los productores para invertir en tecnología.

Las políticas comercial y cambiaria juegan un papel preponderante para crear el clima adecuado para la adopción de nuevas tecnologías. Un ejemplo de esto, se dio a principios de la década de los 90, cuando los cultivos de soya y sorgo y las siembras mixtas de arroz y praderas, emergían como opciones promisorias en los Llanos Orientales. La falta de sincronización entre las cosechas y las importaciones, dañó gravemente el incipiente proceso de adopción. En arroz, las importaciones coincidieron con la cosecha doméstica, por lo cual el mercado interno se saturó, se redujeron los precios y aparecieron graves problemas para el almacenamiento del producto. Lo anterior, ilustra claramente como las políticas tendientes a fomentar las importaciones de productos agropecuarios, pueden frenar la modernización de la agricultura.

El transporte, almacenamiento, procesamiento y distribución de la producción, se constituyen en factores claves para el desarrollo agropecuario, particularmente en A&O. Además de los estudios *ex ante* de impacto socioeconómico y ambiental, que midan el impacto potencial de la adopción tecnológica, se requiere identificar las áreas que más fácil pueden desarrollarse, mediante la incorporación de tecnología mejorada. La capacidad de absorción de los mercados internos deberá evaluarse, al igual que las posibilidades de exportación.

Como se anotó en el caso de los frutales, si bien su beneficio potencial es alto, aún disponiendo de las tecnologías de producción apropiadas, esto no resulta suficiente para lograr su utilización masiva. Son necesarios otros elementos fuera de control de los productores, algunos ya mencionados como la infraestructura vial y de comunicaciones, el desarrollo de agroindustrias transformadoras de los productos primarios, del establecimiento de nuevas y modernas redes de distribución y de aprovisionamiento, especialmente de insumos críticos tales como crédito, semillas certificadas y maquinaria. Un estudio sobre la transformación económica del piedemonte del Caquetá, en el área de influencia de la ciudad de Florencia (Michelsen, 1990), es pertinente al tema. Ese trabajo documenta la transformación progresiva de los sistemas ganaderos de la región, que evolucionaron de un patrón de cría extensiva, basada en pasturas naturales, a otro más intensivo, enfocado al doble propósito, utilizando estratégicamente pastos mejorados como *B. Decumbens*. El estudio concluye que el efecto combinado de varios factores tales como la formación de un mercado para la leche, la expansión y mejoramiento de la

red vial, la modernización del sistema de acopio, transporte y procesamiento de la producción, la adecuada oferta de crédito y el desarrollo de los mercados de servicios e insumos ganaderos, determinó en alto grado el crecimiento de las tasas de adopción.

En definitiva es muy difícil que un sector o un cultivo específico puedan mantenerse aislados y al mismo tiempo modernizarse, sin que paralelamente ocurran otros cambios en el entorno económico, social y político al cual pertenecen.

Un elemento que resulta fundamental para la viabilidad del cambio técnico no solo en la zona bajo análisis, sino en Colombia en general, es que se requiere una situación social y política sana y estable, que posibilite la inversión rural, pública y privada, y el adecuado manejo y administración de las explotaciones agrícolas. Se trata de un prerrequisito indispensable, sin el cual es imposible lograr la transformación productiva del sector agropecuario nacional.

7. Conclusiones

Dentro de las actividades del Convenio de cooperación técnica y científica adelantado entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y el Centro Internacional de Agricultura Tropical, que busca el desarrollo e implementación de sistemas de producción agropecuarios sostenibles para los Llanos Orientales y la región amazónica del país, se planteó la necesidad de efectuar un análisis de las tendencias globales de la producción agropecuaria a manera de marco de referencia y línea de base y de otra parte efectuar una evaluación *ex- ante* impacto de la adopción de nuevas tecnologías agropecuarias adaptadas a las condiciones ambientales y económicas de la A&O de Colombia, como un ejercicio para apoyar la toma de decisiones de inversión en investigación.

Se conoce que la región objetivo, es una enorme extensión de tierra que constituye cerca del 60% de la superficie colombiana, con muy baja densidad de población, relativamente aislada del resto del país, por el deficiente desarrollo de su infraestructura de vías y que para Colombia representa un enorme potencial en términos de recursos de tierras, forestales, petroleros y de biodiversidad, que de utilizarse de forma adecuada puede contribuir de manera muy importante al desarrollo económico del país en las próximas décadas.

La actividad económica y la población se han concentrado principalmente en las áreas de piedemonte tanto de la Orinoquia como de la Amazonia, presentando estas variables altas tasas de crecimiento en las últimas décadas. En efecto el Producto Interno Bruto de A&O, creció en el período 1980-1995 a razón de 6.6% por año, frente a un crecimiento del PIB nacional de 3.8% anual.

El crecimiento de la economía y de la población, se concentró en las áreas de mayor actividad petrolera como Arauca, Vichada, Putumayo y Casanare. La dinámica petrolera permitió un gran flujo de población hacia esas zonas, por lo cual se registran altas tasas de crecimiento poblacional por encima del 6% anual en dichas áreas

Para el análisis de las tendencias agropecuarias se tomó como base la información del banco de datos del Ministerio de Agricultura. Se trabajó agrupando la información primaria de los departamentos o divisiones político administrativas, en las dos grandes ecorregiones de interés: La Amazonia y La Orinoquia conocida genéricamente esta última como los Llanos Orientales.

En la primera se incluyen los departamentos del Meta, Arauca, Vichada y Casanare. En la segunda a las divisiones territoriales de Amazonas, Guainía, Guaviare, Putumayo, Vaupés y Caquetá. Las dos grandes ecorregiones contabilizan conjuntamente aproximadamente 63 millones de hectáreas, ocupando la subregión amazónica cerca de tres cuartas partes de la superficie total.

Según las estimaciones de aptitud de los suelos elaboradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, las mayores posibilidades para el desarrollo de sistemas agropecuarios modernos, competitivos y sostenibles se presentan en la Orinoquia. De un área total de 26 millones de hectáreas, aproximadamente 14 millones corresponden a suelos bien drenados. Una gran proporción de estos suelos presenta grandes posibilidades para adelantar actividades agrícolas, forestales y ganaderas, mediante tecnologías adaptadas y un manejo racional y adecuado de los recursos de tierras.

Por la baja magnitud de su población, la demanda interna de A&O es reducida, generándose excedentes de producción comercializados en otras partes del país. No obstante su menor desarrollo relativo, comparada con otras zonas del país, A&O es exportadora neta de materias primas y de alimentos.

La limitada dotación de mano de obra, eventualmente puede representar un cuello de botella para implementar sistemas de producción agropecuarios intensivos en trabajo, por lo menos en el corto plazo.

La proporción de población en la pobreza es alta en A&O - 48% - pero más baja que el promedio nacional -54% -. Los indicadores de equidad revelan que en esa región, la distribución del ingreso es un poco más equitativa que la de Colombia como un todo.

Uno de los grandes problemas sociales del área estudiada, es la muy limitada capacidad existente para atender las necesidades básicas de su población. Los servicios públicos de salud, alcantarillado, energía, educación, transporte y vivienda son muy deficientes, lo cual se manifiesta en altos índices de hogares y de población con necesidades básicas insatisfechas.

En el sector agrícola hay un grupo de productos que se pueden considerar como tradicionales y básicos en la región, que le han otorgado identidad dentro del contexto productivo nacional. Ellos son ganadería, arroz, maíz, plátano, palma de aceite y yuca. Se estima que el área total de pasturas de la región se aproxima a los 10 millones de hectáreas, de las cuales una alta proporción está en pasturas nativas.

Según estimaciones de CIAT en el área de Puerto López – Puerto Gaitán en los Llanos, de un total en pastos de aproximadamente un millón de hectáreas, el 83% se encontraba en pastos naturales. (Véase Cadavid, 1994)

En 1998 de 377 mil hectáreas cultivadas en A&O, aproximadamente el 92% era ocupado por los cultivos tradicionales: Arroz 41%, maíz 15.5, palma de aceite 14.8% plátano 13.6%, y yuca 8.4%.

Existen cultivos como sorgo y soya que en ciertas épocas han tenido gran dinamismo, pero en los últimos años la tendencia de su producción y área sembrada es claramente declinante.

La reducción del área cultivada en A&O durante los 90 es consistente con el fenómeno de reducción de áreas de cultivos semestrales en todo el país. Entre 1990 y 1998 el área cultivada en Colombia se redujo en 631 mil hectáreas (13%), en tanto que en A&O se la caída fue 106 mil hectáreas. (22%)

Se concluye que el crecimiento agrícola de A&O durante los dos últimos decenios, ha sido de carácter extensivo, es decir el principal factor que impulsa el crecimiento de la producción agrícola es la incorporación de nuevas áreas. En arroz el cultivo de mayor extensión, 155 mil hectáreas en 1998, las ganancias en producción obedecieron exclusivamente a la expansión de las áreas cultivadas, ya que sus rendimientos muestran una leve tendencia a la baja.

La Palma de aceite es el cultivo más dinámico de la región, su producción creció 18% por año en el período 1981-1998. Su expansión productiva se explica en un 91% por el crecimiento de la superficie plantada.

El cultivo de yuca también siguió un patrón extensivo, dado que el 73% de las ganancias en producción, se originaron en la incorporación de nuevas áreas. Otro cultivo destacado por su dinamismo es el plátano, con un rápido aumento de las siembras, las cuales explican el 57% del crecimiento de la producción.

Entre los cultivos más importantes, el maíz se destaca porque sus áreas cultivadas han crecido moderadamente y en el avance de la producción, los rendimientos han jugado un papel preponderante.

Debido al patrón extensivo de crecimiento, el área cultivada de la región muestra una elevada tasa de expansión, 3.6% por año en el período 1981-1998, frente a solo 0.5% anual del área cultivada del país durante el mismo lapso.

En un contexto de relativo aislamiento del resto del país por distancia y deficiente infraestructura vial, con un mercado interno pequeño que obliga a comercializar el grueso de la producción fuera de la región, con la presión cada día creciente que afronta la producción por volverse competitiva en un mundo económico globalizado, se visualiza que el futuro de agricultura en A&O dependerá mucho de su capacidad de concentrarse

en áreas específicas (nichos) y de la posibilidad de intensificar la producción con el empleo de nuevas y mejores tecnologías.

La concentración y la intensificación de la producción son las dos caras de la misma moneda. El patrón extensivo se origina en la falta de alternativas tecnológicas, lo cual obliga a que la producción se disperse, implicando altos costos de transporte y creando dificultades y mayores costos de acopio.

Las tecnologías que permiten intensificar la producción, obtener mayor producto por unidad de área al mismo o menor costo unitario, tienden a concentrar la producción en áreas específicas y a limitar la expansión de la frontera agrícola, con el consiguiente ahorro de recursos de tierras y lo que es más importante, son indispensables para preservar zonas consideradas frágiles desde el punto de vista ecológico.

El esfuerzo interinstitucional de los últimos años enfocado, hacia el desarrollo de un nuevo paradigma tecnológico que permita el avance de la producción en A&O de forma sostenible y competitiva, ya empieza a mostrar sus primeros logros con la liberación de nuevo germoplasma de cultivos y de pastos adaptados para las condiciones ambientales y económicas de A&O.

Nuevos cultivares de arroz para condiciones de sabana (*Oryzica Llanos 4*, *Oryzica Llanos 5*, *Oryzica Sabana 6* y *Oryzica Sabana 10*), de sorgo (*Sorghica real 40*, *Sorghica real 60*), de maíz (*Sikuani V110*), de soya (*Soyica Altillanura 2*) y de pastos (*Andropogon gayanus*, pasto Carimagua; *Brachiaria dictyoneura*, pasto llanero; *Brachiaria brizantha*, La Libertad; *Brachiaria humidicola*, Humidicola; *Arachis pintoi*, Maní Forrajero; *Stylosanthes capitata*, Capica; *Centrosema acutifolium*, Vichada), están entre las nuevas alternativas para la región bajo estudio. Tales materiales han sido adoptados con diverso grado de intensidad por los productores de la región, pero se requieren estudios específicos para determinar con precisión su nivel de adopción.

Hacia el futuro se presentan múltiples posibilidades para asignar fondos para la investigación en la región, por lo cual es necesario identificar el impacto potencial de algunas alternativas de investigación, con el propósito de aportar elementos de juicio útiles para la asignación de tales recursos.

En el presente trabajo se elaboró un ejercicio de evaluación *ex-ante*, en el cual se asume que la investigación en determinados cultivos criteriosamente seleccionados, resultará en un incremento de los rendimientos en las áreas actualmente cultivadas y en una moderada expansión de las mismas, en las cuales se emplearan las tecnologías mejoradas.

En ganadería se supone que el cambio técnico ocurrirá en una pequeña fracción (24%) de las áreas ganaderas actuales y que no habrá expansión de ellas. Este supuesto es coherente con la evidencia empírica, que indica que los productores de la región han introducido pastos mejorados en pequeñas porciones de la finca, para utilizarlos estratégicamente en los períodos más críticos, y con los animales que responden mejor a una nutrición de más calidad, como son las vacas en lactancia y los novillos de ceba.

Con el fin de aportar elementos de juicio para el planeamiento de las actividades futuras de investigación y desarrollo en A&O, se efectuó una evaluación *ex-ante* de los beneficios sociales derivadas del cambio técnico en distintas actividades productivas. Para el efecto se empleó el Modelo de Evaluación de Excedentes Económicos (MODEX), que estima los beneficios tecnológicos, que recibirían tanto productores como consumidores, como resultado de la adopción de nuevas tecnologías.

Los productos evaluados fueron: carne vacuna, leche, arroz, maíz, sorgo, soya, plátano, palma de aceite, yuca, fríjol y frutales. Los últimos incluyen: naranja, piña, aguacate, mango, papaya y sandía. Los beneficios sociales se expresan en términos del valor presente de un flujo de 15 años, que es la duración del periodo de adopción, utilizando una tasa anual de descuento del 10%.

El valor presente de los beneficios se ubica en el rango US\$ millones 175-3, cuyos límites corresponden a carne y fríjol respectivamente. Ordenados de manera descendente, los cinco primeros productos son: carne, plátano, leche, arroz y frutales, estos últimos tomados como grupo.

Al expresar los beneficios tecnológicos como una anualidad durante un período de 15 años, se infiere que el cambio tecnológico en A&O tiene una alta rentabilidad social, ya que las cifras anuales que se están invirtiendo o se invertirán en el desarrollo de tecnología para la región, están muy lejos de llegar a equipararse con el valor de las anualidades de los beneficios esperados.

En el documento se plantea que la rentabilidad social de las inversiones en investigación para A&O es indispensable, pero que ello no garantiza la adopción y difusión de las nuevas técnicas. Se sugiere que los mayores problemas para la adopción tecnológica están más relacionados con su viabilidad que con su rentabilidad social y privada.

La viabilidad incluye aspectos económicos, técnicos, de mercados y de infraestructura de vías y comunicaciones, que pueden impulsar o frenar el proceso de adopción.

En las actuales circunstancias del país de tensiones y conflictos sociales esparcidos a lo largo y ancho de la geografía nacional, uno de los elementos indispensables para hacer viable el cambio técnico en A&O, es lograr las metas de estabilidad económica y convivencia pacífica, para crear un clima de confianza que permita efectuar las inversiones públicas y privadas, necesarias para impulsar el crecimiento económico sustentable deseado.

8. Referencias

Agricultura de las Américas (1999). *Infraestructura e Incentivos para mejorar productividad*, Edición No 273, Abril.

- Andersen Per Pinstруп, Nohra Ruiz de Londoño y Edward Hoover (1980). El impacto de un aumento en la oferta de alimentos sobre la Nutrición Humana: Implicaciones para el establecimiento de productos prioritarios en la Investigación y Política Agrícolas. en Revista de Planeación y Desarrollo, volumen XII, Septiembre-Diciembre, Bogotá, Colombia.
- Cadavid Herrera, José Vicente. (1994) Comportamiento y Limitantes de la Adopción de Pastos y Cultivos en los Llanos Orientales de Colombia, Universidad del Valle - Centro Internacional de Agricultura Tropical, Tesis de Maestría, Cali, Colombia
- Cadavid J.V., R. Botero, L. Rivas, A. Monsalve y L.R. Sanint (1990). Análisis Económico *ex-ante* en sistemas de producción asociados: Cultivo Arroz –Pradera, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Programas de Pastos Tropicales y Arroz, Cali, Colombia.
- CIAT (1987), CIAT Report 1987, Cali, Colombia, June
- CIAT (1997) Informe de Actividades 1997. Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR-CIAT, Cali, Colombia, Noviembre.
- Deiniger K. and L. Squire (1996). New Ways of Looking at Old Issues: Inequality and Growth. World Bank, sin publicar.
- Departamento Nacional de Estadísticas (DANE). Censo Nacional de Población 1985, Bogotá, Colombia
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) Base de Datos. Internet.
- FAO. Base de datos AGROSTAT, 1999
- FAO. Anuarios de Producción, varios años.
- García Gutiérrez Emilio (1998) Problemas Agrarios de la Orinoquia, Centro de Estudios para el Desarrollo Regional, CEDER, Primera edición, Villavicencio, Colombia.
- González Valcárcel, Luz Marina. (1989) Orinoquia y Amazonia: Desafío de nuestro Tiempo, Banco Ganadero, editor. Bogotá, Colombia, Marzo
- Guerrero Muñoz Ramiro. (1974) Suelos del Oriente de Colombia en: *Manejo de los Suelos en la América Tropical: Trabajos Presentados*. North Carolina State University, Raleigh. (NC) USA.
- Gutiérrez Palacio Uriel. (1979) Evaluación Económica Financieras de Tecnologías Disponibles con relación al tamaño de finca. Tesis de MSc, Universidad de los Andes, Facultad de Economía, Bogotá, Colombia.

- Hertford Reed and James García. (1998) The Competitiveness of Agriculture in the Americas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia – Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, Second Draft, CIAT, October.
- Huertas Ramírez Hugoberto. (1993) Marco Conceptual sobre Ciencia y Tecnología Pecuaria para la Orinoquia. En: *Misión Ciencia y Tecnología*, ICA, subgerencia de Transferencia de Tecnología: Plan de Choque Tecnológico. Villavicencio, Diciembre.
- ICA (1993) Misión Ciencia y Tecnología: Plan de Choque Tecnológico, Subgerencia de Transferencia de Tecnología, Regional No 8, Villavicencio, Colombia, Diciembre
- Leal Monsalve Darío. (1994) Sistemas de producción agrícolas actuales y potenciales en la Orinoquia. Universidad de los Llanos. Instituto de Investigación de la Orinoquia Colombiana, Facultad de Agronomía y Recursos Naturales, Villavicencio, Colombia.
- Mejía Gutiérrez Mario. (1984) Orinoquia Colombiana: Sabanas de la Altillanura - Clima y Uso de la tierra. Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas, Colciencias – Corporación Araracuara – Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.
- Michelsen Heike. (1990) Análisis del Desarrollo de la Producción de Leche en la Zona Tropical Húmeda: El caso del Caquetá, Colombia, CIAT, Documento de Trabajo No 60. Cali, Colombia, Enero.
- Ministerio de Agricultura de Colombia. Anuario de Estadísticas Agropecuarias. Varios años.
- Moreno Reyes Héctor y Alvaro Balcázar Vanegas. (1997) Visión Estratégica de la Orinoquia Colombiana. Informe de Consultoría, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Bogotá, Colombia, Diciembre.
- Ramírez Alvaro y Carlos Seré. (1990) *Brachiaria Decumbens* en el Caquetá: Adopción y Uso en ganaderías de doble propósito. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT; Fondo Ganadero del Valle del Cauca, Instituto Colombiano Agropecuario, ICA; Instituto colombiano de la Reforma Agraria, INCORA; Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA y Universidad de la Amazonia. Documento de Trabajo No 67, CIAT, Cali, Colombia, Junio.
- Rivas R. Libardo, Alvaro Ramírez y Carlos Seré (1990). Economic Analysis of a grazing trail: The case of *B. decumbens* versus *B. decumbens* with *Pueraria phaseoloides* on the Eastern Plains of Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia, January.

- Rivas Libardo y Douglas Pachico. (1997) Evaluación de los beneficios sociales del uso de pasturas mejoradas en las ganaderías de América Latina Tropical: Un análisis *ex- ante*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Proyecto de Evaluación de Impacto. CIAT, Cali, Colombia. Agosto.
- Rivas R., Libardo, James García. Carlos Seré, Lovell S. Jarvis, Luis R. Sanint and Douglas Pachico (1999). Economic Surplus Analysis Model (MODEXC): A friendly computer model. Release 4.1. CIAT, Impact Assessment Project, Cali, Colombia, January.
- Rivas Libardo. (1997) Metodologías para la Evaluación de la Adopción y el Impacto de Pasturas Mejoradas. El caso de al Adopción Temprana de *Arachis pintoi* en Colombia, en: C.E. Lascano y F. Holmann (edit.) *Conceptos y Metodologías de Investigación en Fincas con Sistemas de Producción animal de Doble propósito*, CIAT – Consorcio Tropicheche, Cali, Colombia, Noviembre.
- Rivas Libardo y Federico Holmann. (1998) Adopción Temprana de *Arachis pintoi* en el Trópico Húmedo: El caso de los Sistemas ganaderos de Doble Propósito en el Caquetá, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia, Junio.
- Rivas Libardo, Gabriel López y Douglas Pachico. (1998) Evolución de la Productividad Agropecuaria de Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia, mimeo, Septiembre.
- Rivas Libardo and Carlos Seré (1985). Price and Supply Seasonality of Beef in Colombia- Implications for the Role of Improved Pastures in: *Trends in CIAT Commodities*. Internal Document Economics 1.10. Cali, May.
- Sánchez L. F. y Thomas Cochrane (1985) Colombia: Estudio Biológico y Técnico, Introducción, en: *Sistemas de Producción Pecuaria Extensiva: Brasil, Colombia, Venezuela*, Proyecto ETES, CIAT, Cali, Colombia.
- Sanint Luis, Libardo Rivas y Carlos Seré (1990). Improved technologies for Latin America's new economic reality: Rice – pastures systems for the acid savannas. *Trends in CIAT commodities 1990*. Working Document No 74, CIAT, November.
- Sanint Luis R., Libardo Rivas, Myriam C. Duque, y Carlos Seré (1985). Análisis de los patrones de consumo de alimentos en Colombia a partir de la Encuesta de Hogares DANE/DRI de 1981. *Revista de Planeación y Desarrollo*, volumen XV11. No 3, Bogotá, Colombia, Septiembre.
- Seré Carlos and Rubén Darío Estrada (1987). Potential role of grain sorghum in the agricultural systems of regions with acid soils in Tropical Latin America, *Proceedings of Sorghum Acid Soils Seminar*, Cali , Colombia Febrero 1984.

Valencia A., Leonardo. (1990) Evaluación financiera de la siembra asociada de Arroz – Pastos en el Piedemonte y la Altillanura del departamento del Meta, Universidad EAFIT – CIAT, Tesis de MSc, Cali, Colombia

Capítulo 2

Evaluación del Impacto Económico *ex-post* del Cambio Técnico

Forrajes y Arroz en la Orinoquia y Amazonia de Colombia

1. Introducción

A pesar de que la región de la Amazonia & Orinoquia (A&O) de Colombia, es aún considerada como marginal dentro de la economía nacional, paulatina y consistentemente está incrementando su participación en la actividad productiva del país, y es así como hoy en día aporta una fracción muy significativa a la oferta nacional de varios productos como arroz, palma africana, carne vacuna, soya, maíz y yuca.

Se trata de una región que ocupa casi el 60% del territorio nacional – Figura 1- y en donde el país cuenta con un enorme potencial de recursos de tierras, energéticos, hídricos y de biodiversidad, que constituyen un valioso patrimonio para el desarrollo económico del país.

La expansión de la actividad productiva se ha dado principalmente en la Orinoquia, en el área de piedemonte del departamento del Meta, y en menor medida en la Amazonia, particularmente en el piedemonte del Caquetá.

Gran parte del avance de la producción obedece a una mayor disponibilidad de tecnologías agropecuarias adaptadas a las condiciones ambientales y económicas de esta extensa región. Una amplia gama de entidades nacionales e internacionales, de investigación y desarrollo, han contribuido a incrementar las opciones productivas y las alternativas para el manejo de los recursos naturales de la Amazonia & Orinoquia colombianas.

El CIAT desde mediados de la década del 70 ha venido trabajando en asocio con otras instituciones, principalmente con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) hoy CORPOICA, en el diseño de nuevas tecnologías para la región de referencia. Los resultados de este esfuerzo, se han manifestado principalmente en mayor disponibilidad de germoplasma adaptado de arroz, forrajes y de otros cultivos como sorgo, maíz, soya, gran parte del cual ya está en manos de los productores de la región como nuevos cultivares comerciales. (Véase entre otros a Leal, 1994 y Pardo et al, 1999)

Desde la perspectiva de la planificación del uso del suelo y de los recursos productivos y de la priorización de las alternativas de producción a desarrollar en el futuro en A&O, es conveniente tener como referencia los procesos de cambio tecnológico observados en el pasado y conocer como han sido, que magnitud han tenido, y que impactos se han logrado en términos de producción y del manejo y uso de los recursos naturales. La información disponible al respecto es muy precaria por varias razones: 1) Son procesos de adopción relativamente nuevos y 2) Dada la extensión del territorio es difícil

y costoso, establecer sistemas de seguimiento permanente de los procesos de adopción tecnológica, que permitan posteriormente evaluar sus impactos socioeconómicos y ambientales y extraer lecciones útiles, para el diseño de políticas apropiadas que impulsen el desarrollo de A&O.

En este estudio se trata de aprovechar de la mejor manera posible, la dilatada experiencia del CIAT en la región de referencia, que se refleja en la producción de numerosos trabajos técnicos y económicos, para efectuar una evaluación del impacto *ex-post*, resultante de la aplicación de nuevas tecnologías de forrajes y arroz en A&O.

A pesar de las grandes limitaciones de información para efectuar una exhaustiva evaluación del impacto económico y ambiental logrado, este trabajo es una primera aproximación para indicar la alta rentabilidad social de la inversión en ciencia y tecnología y el enorme potencial del desarrollo tecnológico en los Llanos y la Amazonia del país.

No obstante que en la actualidad las áreas impactadas con nueva tecnología, son aún pequeñas si se las compara con la enorme extensión de recursos de tierra susceptibles de incorporar a la actividad productiva y que muchos de los procesos de adopción en la región aún se encuentran en fases muy tempranas, consideramos que es importante avanzar en el sentido de mostrar además de los indicadores de adopción, algunas estimaciones que muestren los efectos de tal adopción, en especial los impactos sobre la productividad y en el ahorro de recursos de tierra, originados por el incrementos de ésta última.

2. Forrajes en la Amazonia y la Orinoquia

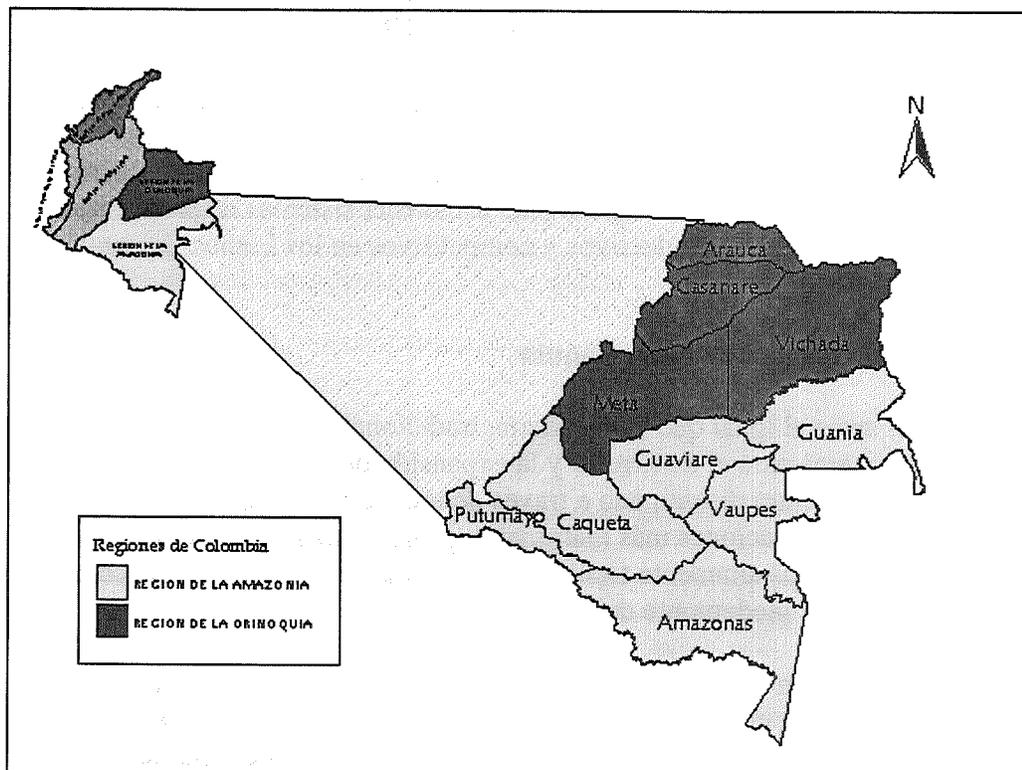
Diversos estudios de diagnóstico han revelado que en A&O la principal limitación para el avance de la producción y la productividad de la ganadería vacuna es la precaria base forrajera constituida principalmente por especies nativas, bien adaptadas pero muy pobres, en cuanto a cantidad y calidad forrajera, de los géneros *Trachipogon*, *Axonopus*, *Paspalum* y *Andropogon* (Pardo, et al., 1999) y por especies introducidas, principalmente *Melinis minutiflora* (Chopín) e *Hyparrhenia rufa* (puntero) en avanzado estado de degradación.

La investigación en forrajes se ha enfocado principalmente hacia el desarrollo de nuevo germoplasma de gramíneas y de leguminosas, adaptado a las condiciones de baja fertilidad, elevada acidez y tolerantes a los altos niveles de saturación de aluminio, prevalecientes en ésta región del país.

La innovación tecnológica en forrajes ha ido mucho más allá de la generación de nuevo germoplasma, también incluye el manejo agronómico del mismo, prácticas y recomendaciones para su establecimiento, mantenimiento, renovación de praderas y el control de plagas y enfermedades.

Desde finales de la década del 70 el CIAT ha monitoreado el desempeño de los sistemas de producción de la región de interés. El Proyecto ETES (Evaluación Técnico – Económica de los Sistemas de Producción Pecuaria Extensiva) fue el punto de partida de una serie de trabajos, orientados a evaluar la dinámica de la producción ganadera y el comportamiento al nivel de finca de las nuevas alternativas forrajeras para los Llanos y la Amazonia colombiana. A partir de la segunda mitad de los 70, se efectuaron numerosos estudios principalmente orientados al análisis de la evolución de los sistemas ganaderos y a la evaluación de la rentabilidad y viabilidad técnica y económica de las nuevas alternativas productivas. (Entre estos trabajos están: Vera y Seré, 1985; Gutiérrez, 1979; Charry, 1980; Rivas et al, 1989; Cadavid et al, 1990, Cadavid 1995, Rivas 1999)

Figura 1. Extensión y Localización de la Amazonia y Orinoquia de Colombia



Al comenzar la década del 80, con la gramínea *Andropogon gayanus* cultivar Llanero se inició la fase de liberación de nuevos materiales forrajeros, seguida del lanzamiento en 1983 de la leguminosa *Stylosanthes capitata*, Capica, la primera leguminosa mejorada liberada para las condiciones edafoclimáticas de los Llanos colombianos.

Brachiaria decumbens ha sido la gramínea introducida de mayor éxito y cobertura, en Colombia y en el trópico latinoamericano en general. Pero a pesar de su gran calidad forrajera, este material ha sido persistentemente atacado por una plaga denominada Mión o salivazo (*Zulia colombiana*, *Aeneolamia varia*), que deteriora considerablemente su productividad y en casos extremos inutiliza totalmente los potreros. Para responder a este

problema, la investigación con el género *brachiaria* ha tenido prioridad y apunta hacia el desarrollo de nuevos materiales resistentes o tolerantes al mión y con mayor productividad, en términos de carga y producción de carne y de leche, que la *Brachiaria decumbens* tradicional.

La investigación con *Brachiarias* posibilitó el lanzamiento en 1987 de dos nuevos materiales: *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero y *Brachiaria brizantha* cv. La Libertad, ambos tolerantes al mión y con rápida recuperación posterior al ataque (Pardo, et al, 1999) En ese mismo año se liberó la leguminosa *Centrosema acutifolium* cv. Vichada.

En 1992 se colocaron a disposición de los productores nuevos materiales forrajeros, la gramínea *Brachiaria humidicola* cv. Pasto humidicola y la leguminosa *Arachis pintoi* 17434 cv. Maní forrajero perenne. Esta última es una leguminosa de múltiple propósito utilizable como banco de proteína, en pastoreo en asociaciones con las gramíneas y como cobertura en cultivos de plantación. (Rincón et al, 1992)

La investigación de nuevas alternativas forrajeras para A&O continúa avanzando y en los últimos años ha contado con el valioso apoyo financiero del Convenio de cooperación técnica y científica MADR – CIAT, dentro de una estrategia que busca desarrollar elementos y componentes tecnológicos para establecer sistemas de producción agropecuarios sostenibles, productivos y competitivos en los Llanos Orientales y la región Amazónica.

3. Arroz en la Amazonia y la Orinoquia

El cultivo del arroz al igual que la ganadería, tradicionalmente ha sido una de las actividades pioneras para el desarrollo y la expansión de los sistemas productivos en A & O. El arroz se encuentra diseminado a través de toda la región bien sea como cultivo de pancoger en las explotaciones más marginales, principalmente bajo el sistema de secano manual, o en empresas altamente tecnificadas orientadas a la producción comercial principalmente en el piedemonte del Meta.

Aunque la producción arrocería se encuentra distribuida a través de toda la región, el grueso de la misma se concentra en Meta y Casanare. En el período 1990-1997 de un total de 514 mil toneladas de arroz paddy producidas en promedio por año, el 70% se originó en el Meta y 27% en el Casanare, lo cual evidencia la muy baja participación de los otros departamentos en la producción total de la región.

En A&O se pueden identificar dos sistemas de producción de arroz: 1) Sistema mecanizado y 2) Sistema secano manual o de “chuzo”.

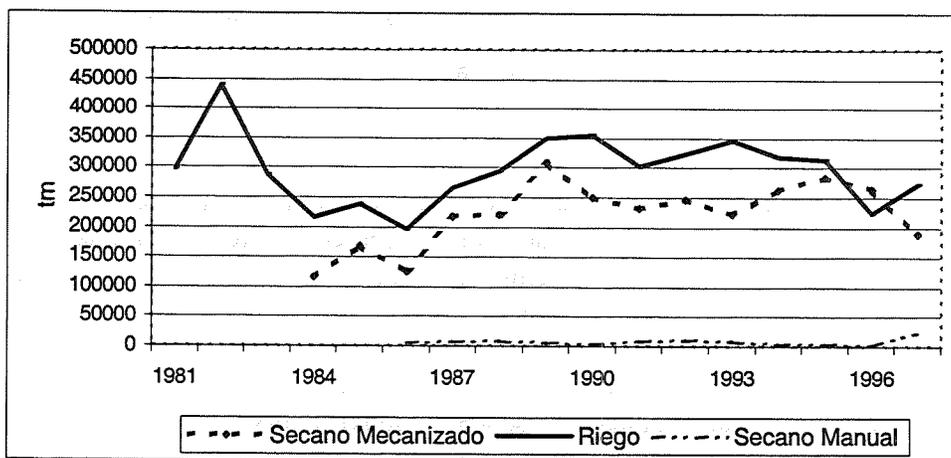
En el mecanizado se encuentran dos modalidades: Bajo riego y secano. El sistema de riego es aquel en el cual el cultivo tiene una adecuada provisión de agua en cualquier momento del año. En el de secano la provisión de agua proviene exclusivamente de las lluvias. La mecanización implica que en las labores del cultivo como preparación del

terreno, siembra, control de malezas y plagas, fertilización y cosecha se efectúen empleando diferentes tipos de maquinaria.

El secano manual es el sistema tradicional, intensivo en mano de obra, no utiliza ninguna clase de maquinaria y durante el proceso de modernización del cultivo su importancia en la economía de la región y del país ha decaído notoriamente.

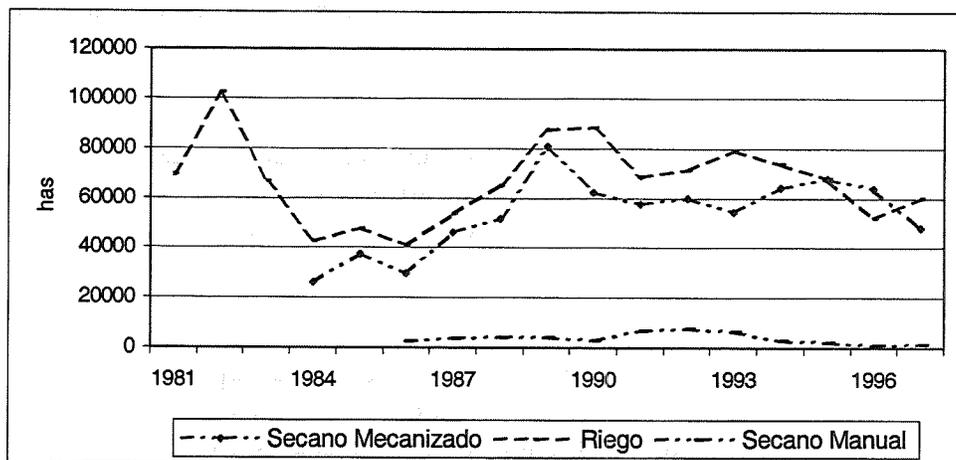
En términos de volumen de producción, superficie ocupada y rendimientos, el sistema de riego ha predominado sobre los otros sistemas, tal como puede observarse en las Figuras 2 a 4.

Figura 2. Evolución de la producción de arroz en A&O, según sistema de producción: 1981-1997



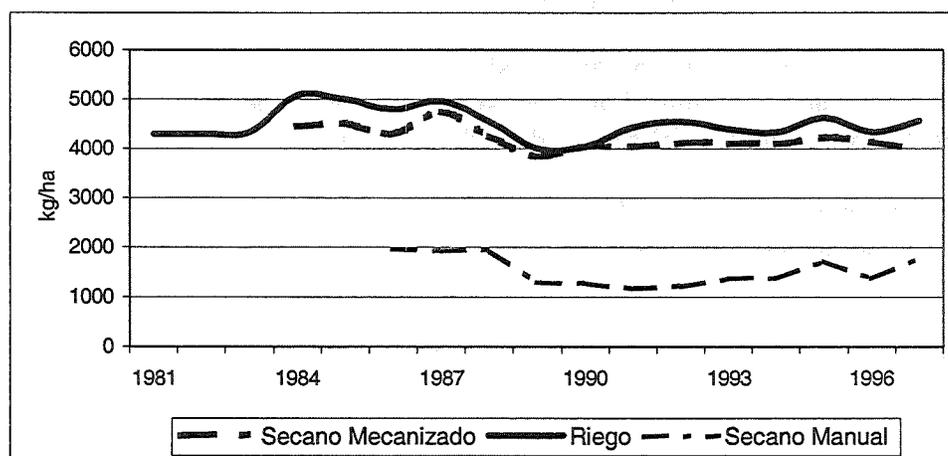
Fuente: Anuario de Estadísticas Agropecuarias, MADR

Figura 3. Evolución del área cultivada en arroz en A&O, según sistema de producción: 1981-1997



Fuente: Anuario de Estadísticas Agropecuarias, MADR

Figura 4. Evolución de los rendimientos de arroz en A&O según sistema de producción: 1981-1997



Fuente: Anuario de Estadísticas Agropecuarias, MADR

Durante 1981-1997 la producción total de arroz en A&O creció a una tasa promedio anual de 1.4%. La base de ese crecimiento fue la expansión de las áreas cultivadas, las cuales crecieron al 2% por año. Los rendimientos promedios del cultivo presentaron una leve tendencia a la baja, -0.6% por año. (Rivas L., 1999)

En el período 1983-1989, el área plantada tanto de riego como de secano mecanizado, se expandió considerablemente, alcanzando en ese año su máximo nivel histórico, cerca de 170 mil hectáreas, para descender abruptamente durante los 90, en especial durante 1993-1997. Al respecto, Fedearroz (1998) señala que en la medida en que los márgenes de utilidad se fueron reduciendo, las áreas plantadas cayeron progresivamente y fueron desplazados los productores más marginales y aquellos que carecían de tierra propia.

Cifras del censo arrocero de 1999 muestran que el área cultivada en los Llanos durante ese año fue de 167 mil hectáreas de las cuales casi el 40% (66 mil ha) estaban bajo el sistema de riego, aproximadamente el 60% (101 mil ha) se cultivaban con el sistema de secano mecanizado y una fracción insignificante, inferior al 1% del área total (12 ha), se encontraba cultivada con el método de secano tradicional (Fedearroz, 2000).

Los datos censales señalan que en esa región no aparecen diferencias sustanciales en los rendimientos, ni por tamaño de unidad productora de arroz (UPA) ni por tipo de tenencia de la tierra. Las diferencias en rendimientos se aprecian más claramente cuando los datos se agrupan por sistema de producción.

En A&O las unidades productoras de arroz más frecuentes son las que se ubican en el estrato de 0 a 50 ha, en donde aparece el 76% de las mismas. Estas explotaciones controlan el 29% del área cultivada y presentan un rendimiento promedio de 4.5 tm/ha de arroz paddy seco. Tales rendimientos no difieren sustancialmente de los observados en los otros estratos. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Unidades productoras, área y rendimientos de arroz por estrato de tamaño A&O, 1999. 1/

Estrato de tamaño (has)	UPA 2/		Área		Rendimiento (tm/ha de arroz paddy seco) 3/
	Número	%	Hectáreas	%	
0-50	2224	75.6	38903	29.4	4.5
51-100	406	13.8	30542	23.1	4.6
101-500	307	10.4	59218	44.7	4.6
>500	6	0.2	3787	2.9	4.8
Total	2943	100.0	132450	100.0	4.6

1/ Incluye los Llanos y el Caquetá. 2/ UPA: Unidad productora de arroz. 3/ Coeficiente de conversión de paddy verde a seco = 0.85.

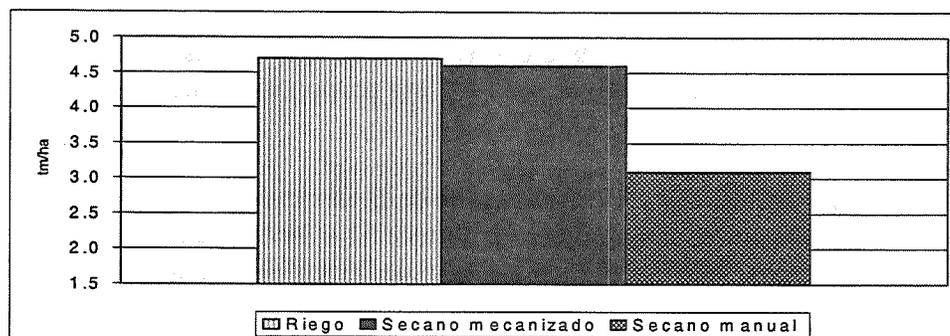
Fuente: Cálculos basados en cifras del II Censo Nacional Arrocero. Fedearroz (2000)

La mayor proporción de área cultivada se concentra en el estrato de 101-500 has, en el cual se ubica el 10% de las unidades productoras y el 45% de la superficie cultivada.

Los rendimientos según el tipo de tenencia tampoco varían significativamente: 4.6 tm/ha tanto en el grupo de propietarios como en el de arrendatarios y 4.5 tm/ha en el grupo de otras clases de tenencia. (Fedearroz, 2000).

Si se considera que el diferencial de rendimientos entre los distintos sistemas de producción obedece a los patrones tecnológicos empleados, se concluye que entre los sistemas mecanizados de A&O, riego y secano, no se presentan grandes brechas tecnológicas, ya que sus niveles de rendimientos son muy similares. (Figura 5).

Figura 5 Productividad de los sistemas de producción de arroz en A&O 1999 1/ 2/



1/ Incluye Llanos y Caquetá. 2/ En equivalente a arroz paddy seco.

Fuente: Cálculos basados en cifras de Fedearroz, II Censo Nacional Arrocero.

La gran brecha tecnológica aparece cuando se establecen comparaciones entre los sistemas mecanizados y el secano manual. Este último no solo presenta niveles de rendimiento por hectárea sustancialmente más bajos, sino que sus áreas cultivadas muestran una acentuada tendencia declinante. (Figuras 3, 4 y 5).

4. La adopción de pasturas mejoradas

4.1 Llanos Orientales

En trabajo de CIAT, en asocio con CORPOICA y otras instituciones nacionales en el tema de forrajes, se ha concentrado en el diseño de nuevos materiales forrajeros y su utilización en A&O, con el propósito de suplir las demandas de los productores ganaderos de ésta región, quienes requieren nuevos forrajes con características específicas: 1) Buena calidad nutritiva. 2) Alta persistencia, particularmente en la época seca, y 3) Adaptables a los múltiples nichos locales de sabanas y márgenes de bosque.

Los estudios de adopción de pasturas conducidos por CIAT, en los Llanos Orientales al igual que en el Caquetá, muestran que los productores tratan de sustituir los pastos nativos de muy baja productividad, predominantes en las sabanas y los márgenes de bosque, por gramíneas mejoradas solas o asociadas con leguminosas. (Vera y Seré, 1985; Cadavid et al, 1990; Ramírez y Seré, 1990; Cadavid, 1995; Rivas y Holmann, 2000)

En la Altillanura Oriental del país, entre 1978 y 1995, el CIAT efectuó varios muestreos en fincas de la región, principalmente en la zona de Puerto López – Puerto Gaitán, con el propósito de determinar la dinámica y el nivel de la adopción de nuevas pasturas en esa región de Colombia. (Figura 6)

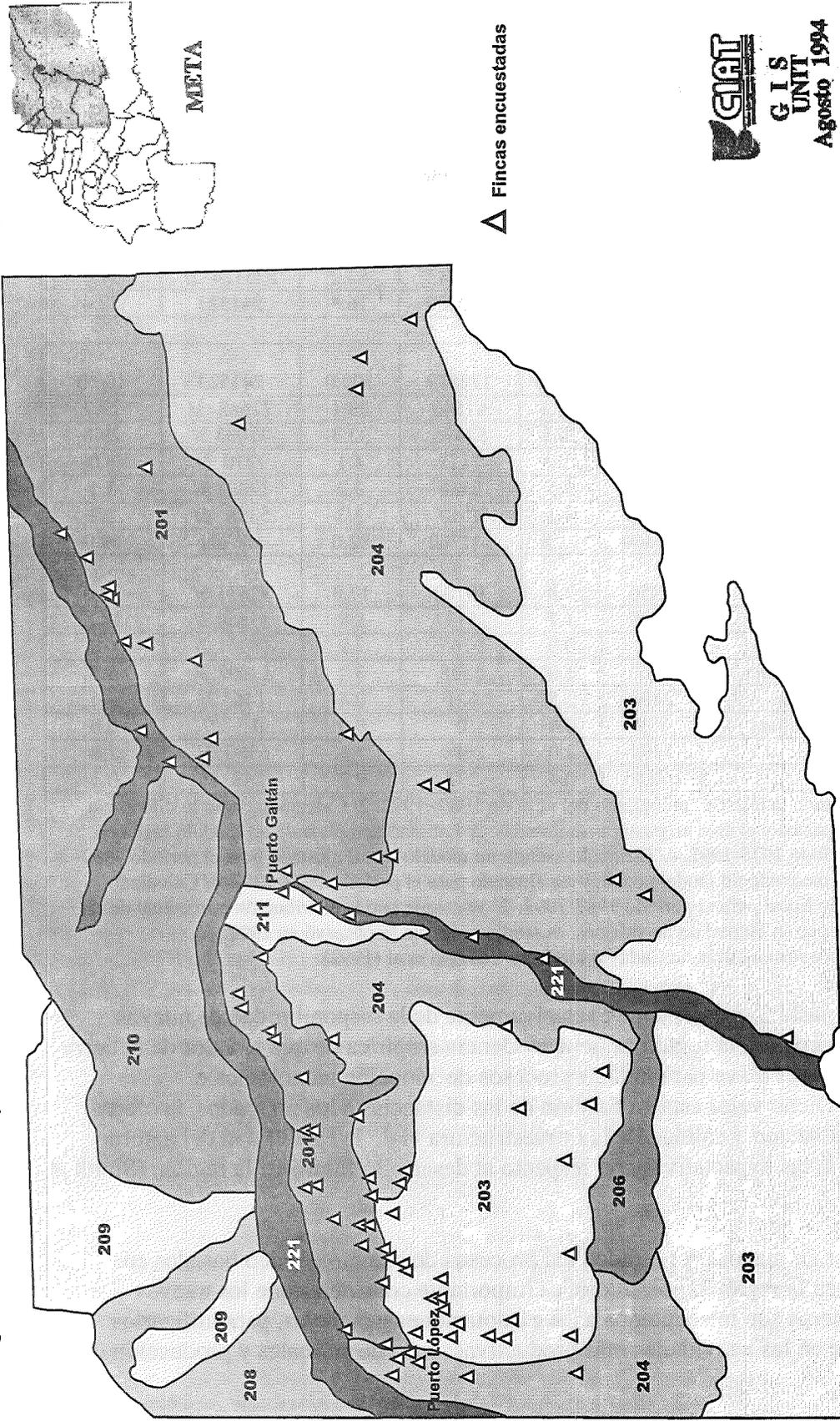
En esa área de los Llanos Orientales, se encontró que el 83% de las nuevas siembras de pastos mejorados se realizó en potreros de sabana nativa. (Cadavid, 1995) Por otra parte, los monitoreos de adopción de pasturas en el piedemonte del Caquetá señalan que la proporción de área en pastura nativa (“criaderos”, nombre local) declinó notoriamente en favor de las pasturas mejoradas. Así, en 1986 el 65% del área total en pastos en las fincas estudiadas se encontraba en pasturas nativas, en 1997 esa proporción se había reducido a 30%.

En los Llanos Orientales entre 1989 y 1992 el área en de *B. decumbens* expresada como porcentaje del área total de pastos mejorados se redujo de 51 a 39%. (Cuadro 2) En el Caquetá, en el período 1986-1997, ese porcentaje cayó de 76 a 65%. (Cuadro 4)

En el Caquetá, la caída porcentual de la superficie en pastos nativos se compensó con el incremento de las pasturas mejoradas, cuya participación en el lapso de 11 años se duplicó, pasando de 35 a 70%. (Rivas y Holmann, 2000)

Entre los aspectos más sobresalientes de la dinámica de las pasturas en A&O, se pueden resaltar: 1) La sustitución progresiva de la sabana nativa por pastos mejorados. 2) La diversificación del germoplasma forrajero, debido al reemplazo paulatino de la gramínea *B. decumbens*, el material forrajero más ampliamente difundido en la región e introducido al país en 1953, por gramíneas nuevas como *B. humidicola*, *B. dictyoneura* y *B. brizantha*, cuyo principal atributo es su mayor tolerancia al salivazo.

Figura 6. Sistemas de tierra y ubicación de las fincas encuestadas en 1992. Altiplanura Oriental de Colombia: Área de Puerto López – Puerto Gaitán



Fuente: Cadavid J. V. (1995)

Cuadro 2. Evolución del área forrajera, según clase en la Altillanura Oriental de Colombia: Zona de Puerto López – Puerto Gaitán

Especies	1989		1992		Estimación al 2000	
	Área total (ha.)	% del total	Área total (ha)	% del total	Área total (ha)	% del total
Total pasto	960192	100.0	1025984	100.0	1076647 1/	100.0
Sabana nativa	871459	90.8	853145	83.2	835124 2/	77.6
Pastor mejorado	88733	9.2	172839	16.8	241523	22.4
Total gramíneas, leguminosas y asociaciones						
Total gramíneas, leguminosas y asociaciones	88733	100.0	172839	100.0	241523	100.0
<i>B. decumbens</i>	45559	51.3	67580	39.1	71662 3/	29.7
<i>B. humidicola</i>	26479	29.8	57476	33.3	72083 3/	29.8
<i>A. gayanus</i>	4453	5.0	7129	4.1	7210 3/	3.0
<i>B. dictyoneura</i>	1371	1.5	5584	3.2	12431 4/	5.1
Otras gramíneas	3598	4.1	4013	2.3	5358 5/	2.2
Total gramíneas puras	81460	91.8	141782	82.0	168744	69.9
Asociaciones (gramíneas + Leguminosas)	6950	7.8	30780	17.8	72531 6/	30.0
<i>B. decumbens</i> + <i>S. capitata</i>	1490	1.7	15137	8.8	35669 7/	14.8
<i>B. humidicola</i> + <i>S. capitata</i>	0	0.0	6765	3.9	15941 7/	6.6
<i>B. dictyoneura</i> + <i>S. capitata</i>	847	1.0	5558	3.2	13097 7/	5.4
<i>A. gayanus</i> + <i>S. capitata</i>	2480	2.8	621	0.4	1463 7/	0.6
<i>A. gayanus</i> + <i>C. acutifolium</i>	339	0.4	0	0.0	0 7/	0.0
Otras asociaciones	1794	2.0	2699	1.6	6360 7/	2.6
Leguminosas puras	323	0.4	277	0.2	248 1/	0.1

1/ Estimado empleando la tasa de crecimiento del período 1989- 1992. 2/ Calculado como la diferencia entre área total en pastos y el área en pasturas mejoradas. 3/ Estimado empleando un modelo logístico ajustado para el período 1978-1992. 4/ Estimado usando un modelo lineal ajustado para el período 1981-1991. 5/ Estimado mediante un modelo cuadrático ajustado para el período 1978-1992. 6/ Calculado ajustando un modelo lineal para el período 1987-1992. 7/ Se asume que la distribución porcentual de las diferentes asociaciones en el total de las mismas, es similar a la que se observó en 1992.

Fuente: Cálculos basados en cifras de Cadavid (1995) y Cadavid et al (1992)

La adopción de pasturas no depende exclusivamente de la disponibilidad de nuevos materiales forrajeros. En la región se tiene evidencia empírica de que el valor de la tierra es uno de los factores clave para inducir procesos de adopción tecnológica e intensificación. Dicho valor está en función de las distancias a los mercados, la oferta tecnológica, la dotación y calidad de la infraestructura vial, la estabilidad del entorno sociopolítico y de las expectativas con respecto al desarrollo futuro de la región. (Smith et al, 1994)

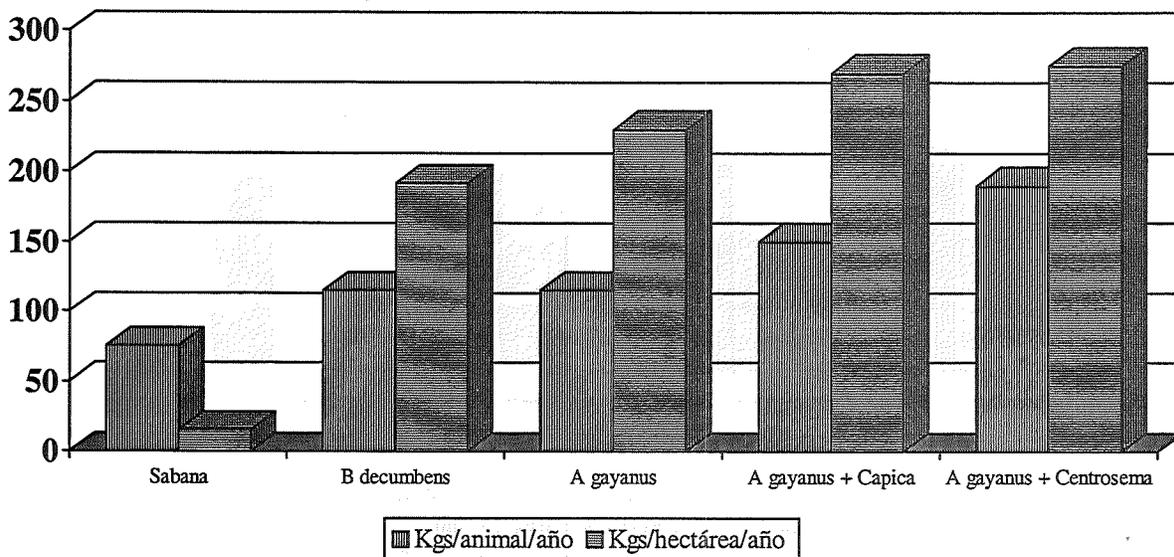
Para comprender en mayor profundidad los procesos de cambio técnico basados en nuevos forrajes en la región bajo estudio, es importante considerar que los nuevos materiales forrajeros son introducidos a las explotaciones ganaderas, para utilizarlos estratégicamente en las actividades más productivas: ceba de animales y producción de leche.

Esto deriva en una estructura del área forrajera conformada por una pequeña fracción de pastos mejorados utilizados en forma estratégica y una mayoritaria porción del área forrajera constituida por pasturas nativas. La lógica económica detrás de este comportamiento es que en la medida en que la tierra sea un factor relativamente abundante y barato, resulta atractivo para los productores incrementar su disponibilidad forrajera incorporando nuevas áreas. Esta situación se evidencia claramente en las áreas más marginales donde el precio de la tierra es bajo y la superficie forrajera está conformada casi exclusivamente por praderas naturales. En las zonas más desarrolladas, donde el precio de la tierra es más elevado, la proporción del área en pastos mejorados tiende a ser mayor.

La intensificación de la producción ganadera en A&O, mediante el empleo de pasturas de alta productividad, ha ocurrido en las zonas más próximas a los núcleos urbanos, en áreas donde se amplía o mejora la red vial o cuando se forma o expande un mercado, como en el caso de la leche en el piedemonte del Caquetá. (Michelsen H., 1990)

Reiterando, en las zonas más marginales, donde la tierra es relativamente abundante, la expansión productiva se produce vía utilización de mayor área ganadera, sin intensificar la ya existente. Esto lleva a la conformación de sistemas muy extensivos, cuya base forrajera es la sabana nativa, de muy baja productividad por animal o por unidad de área. La Figura 7 ilustra en términos generales las variaciones esperadas en la productividad ganadera al cambiar la fuente de forraje, pasando desde la sabana nativa hasta una pradera mixta de gramíneas y leguminosas de alta productividad. En ella se observa claramente el enorme potencial existente para incrementar la productividad ganadera, mediante la utilización de las nuevas alternativas forrajeras.

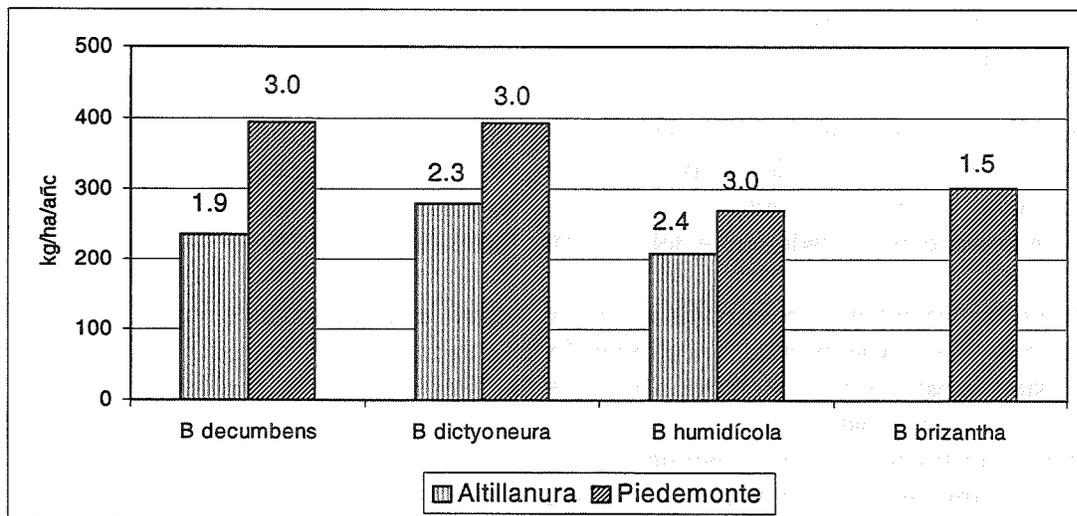
Figura 7 Ganancias de peso de vacunos en diferentes sistemas de pasturas Llanos Orientales de Colombia (Kg)



Fuente: CIAT, 1987

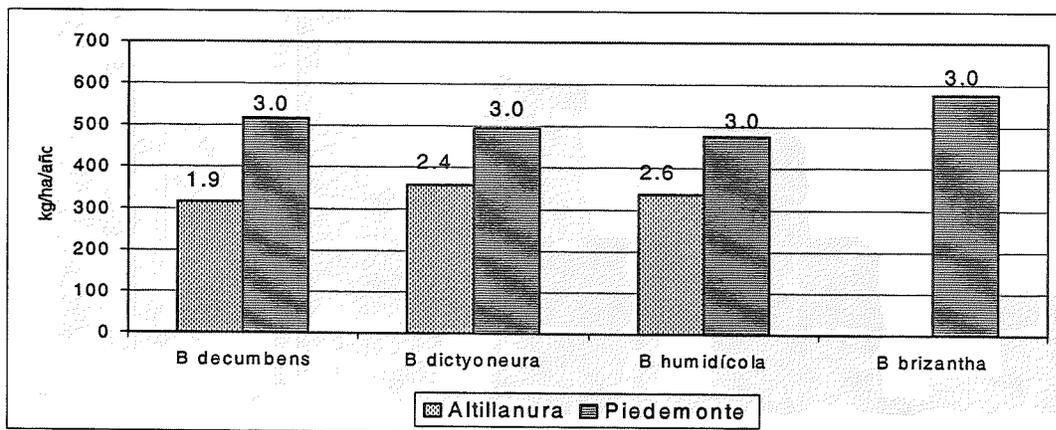
En las figuras 8 y 9 se muestran los niveles de productividad por unidad animal y por hectárea de los diferentes tipos de brachiaria actualmente utilizadas en la región, tanto en monocultivo como en asociaciones con las leguminosas, en las dos grandes ecorregiones de los Llanos, la Altillanura y el Piedemonte.

Figura 8. Productividad Promedio de diferentes especies de *Brachiaria* en monocultivo: Piedemonte y Altillanura de la Orinoquia de Colombia



La cifra que aparece encima de cada barra corresponde a la carga animal, expresada en términos de ua/ha. Fuente: Valores promedios basados en cifras de Pardo et al., 1999.

Figura 9. Productividad Promedio de diferentes especies de *Brachiaria* asociadas con leguminosas:



Piedemonte y Altillanura de la Orinoquia de Colombia.

La cifra que aparece encima de cada barra corresponde a la carga animal, expresada en términos de ua/ha. Fuente: Valores promedios basados en cifras de Pardo et al., 1999.

Un muestreo al azar de fincas representativo de las condiciones de producción y de la dinámica de las pasturas en suelos de sabana de la Altillanura Oriental de Colombia se elaboró en 1989, en la zona de Puerto López – Puerto Gaitán. De una población de 728 fincas, mayores de 40 hectáreas y dedicadas a la producción ganadera, se seleccionaron aleatoriamente 86 de ellas, las cuales fueron visitadas y encuestadas. En este muestreo se trabajó con un nivel de confianza del 80% y un error admisible del estimador del 20%. (Cadavid et al, 1990)

Este trabajo permitió obtener información retrospectiva sobre la evolución de las siembras de diferentes clases de pastos durante el período 1978-1989. Una segunda encuesta en 1992, posibilitó la actualización de la información inicial. Solo 9 de las 86 fincas encuestadas en 1989 no se pudo volver a encuestar en 1992, bien porque cambiaron de propietario o porque éstos se negaron a suministrar la información requerida. Para garantizar la representatividad de la muestra, se efectuaron reemplazos al azar en cercanías a las fincas que fue imposible encuestar nuevamente. (Cadavid, 1995)

Aprovechando la información muestral se elaboraron proyecciones del área en pasturas hasta el año 2000, diferenciando según clase de pasto. (Figura 10) Finalmente se logró una estimación del área total en pastos para el universo, las 728 fincas ubicadas en la zona de Puerto López – Puerto Gaitán. (Cuadro 2 y Figura 11)

Los modelos de regresión utilizados para analizar las tendencias de las áreas sembradas en las fincas encuestadas, según la clase de pasto se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Modelos de regresión ajustados para analizar las tendencias de las áreas plantadas, según clase de pasto en la Altillanura Oriental de Colombia Zona de Puerto López- Puerto Gaitán

Clase de pasto	Parámetros			Forma funcional	Período de estimación	R ² ajustado por grados de libertad
	a	b	c			
B. decumbens	9961.2	6.415	0.304	$y = \frac{a}{1 + e^{-ct}}$	1979-1992	0.95
B. humidicola	6408.0	274.8	0.463	$y = \frac{a}{1 + e^{-ct}}$	1979-1992	0.98
B. dictyoneura	36.8	70.2		$y = a + bt$	1987-1991	0.81
A. gayanus	196.5	8.0	0.435	$y = \frac{a}{1 + e^{-ct}}$	1979-1992	0.86
Otras gramíneas	696.0	-8.8	1.13	$y = a + bt + ct^2$	1979-1992	0.89
Asociaciones	-42.9	420.4		$y = a + bt$	1987-1992	0.91

Estimaciones basadas en la información de 86 fincas. La variable y corresponde al área en pasturas y t al tiempo, expresado como 1,2, n.

Figura 10. Evolución del área sembrada con diferentes pasturas en la Altillanura Oriental de Colombia
Muestra de 86 fincas en la zona de Puerto López- Puerto Gaitán: 1978-2000

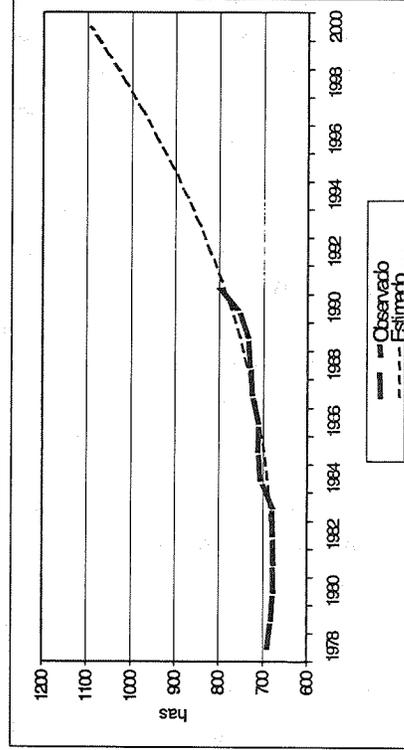
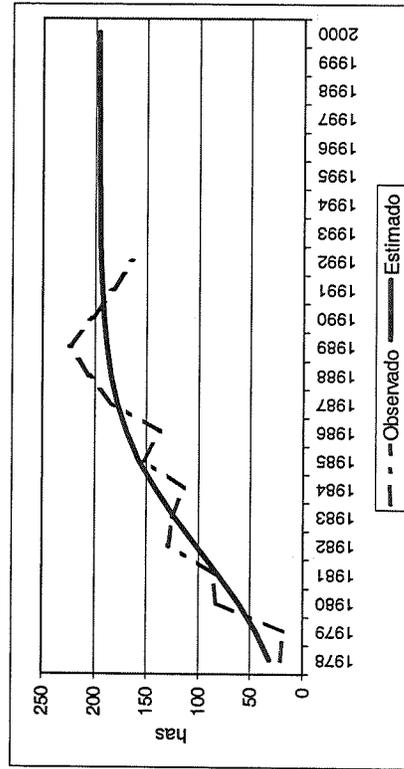
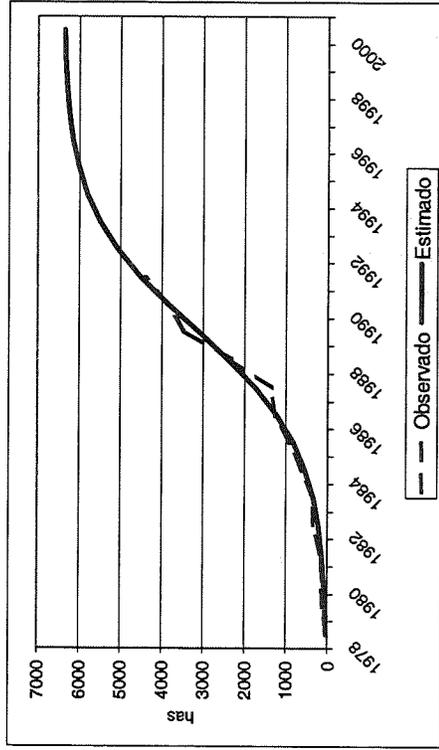
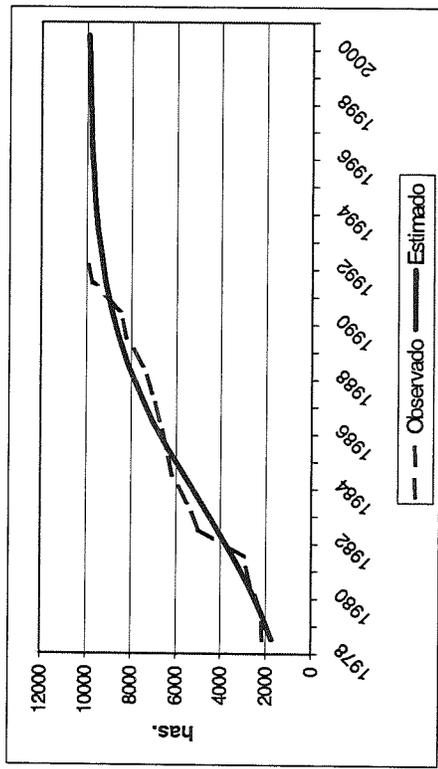
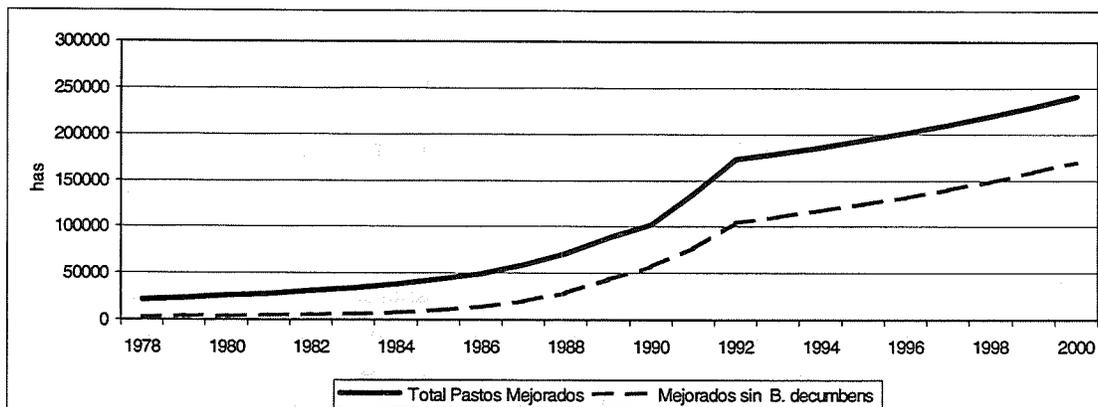


Figura 11. Estimación del área total en pastos mejorados Altillanura Oriental de Colombia: Zona de Puerto López – Puerto Gaitán



Estimación basada en una población de 728 fincas. El período 1978-92 se basa en observaciones históricas. El período 1993 –2000 son estimaciones a partir de regresiones.

Las estimaciones basadas en la información histórica, indican que hacia el año 2000, el área neta total de pastos superaría ligeramente el millón de hectáreas en la zona de Puerto López – Puerto Gaitán. De ese total el 78% corresponde a sabana nativa y el 22% restante a pastos mejorados. Lo anterior muestra un lento pero sostenido incremento en la participación de los pastos mejorados en el área total de pasturas en esa región. En 1989 esa proporción apenas llegaba al 9%. (Cuadro 2)

En el último año el área plantada con *B. humidícola* superaría ligeramente a la de *B. decumbens* y éstas dos gramíneas en conjunto, representarían aproximadamente el 60% de la superficie con pastos mejorados.

El otro componente importante de las pasturas mejoradas serían las praderas mezcladas de gramíneas con leguminosas, las cuales ocuparían un área equivalente al 30% (73 mil hectáreas) del total de pasturas mejoradas. (Cuadro 2)

El *Andropogon gayanus* (pasto llanero), en contraste con lo que sucede en Brasil, tiende a desaparecer en los Llanos Orientales. La encuesta de 1992 mostró que en los tres años previos a la misma, no se registraron nuevas siembras de dicho material. En la actualidad no se consigue en el mercado semilla comercial y a pesar de su adaptación y buena calidad forrajera. Los continuos ataques de las hormigas, arriera (*Atta leavigata*) y torre de paja (*Acromyrmex landolti*), han diezmando considerablemente los pastizales de *A. gayanus* en la Altillanura Oriental de Colombia. (Cadavid, 1995)

La leguminosa de mayor éxito como componente de las pasturas asociadas es *S. capitata*, la cual está presente en todas las asociaciones de importancia económica en la Altillanura Oriental. La asociación más frecuente es *B. decumbens* mezclada con *S. capita*, que ocupa casi la mitad del área total sembrada con pasturas mixtas. Siguen en importancia las mezclas de *S. capitata* con *B. humidícola* y con *B. dictyoneura*.

La asociación de *A. gayanus* con *C. acutifolium* fue poco exitosa, sus áreas sembradas fueron reducidas y desapareció muy rápidamente de la región bajo análisis.

La leguminosa forrajera *A. pintoii* liberada en 1992 con el nombre comercial de maní forrajero perenne, en la actualidad presenta muy baja tasa de difusión en los Llanos. Una encuesta telefónica elaborada en 1995 para documentar la adopción temprana de ésta leguminosa en el país, reveló que su adopción se encontraba en una fase muy incipiente y que las experiencias de los productores se concentraban en pequeños áreas, de 2.6 has en promedio por finca. (Rivas, 1997)

En la Altillanura, el principal limitante para la expansión de las siembras de esa leguminosa, es la baja adaptación del ecotipo disponible, CIAT 17434, poco apropiado dadas la baja fertilidad de los suelos y las condiciones de sequía prolongada, típicas de ésta zona. La investigación con este material cuenta en el momento con nuevas acepciones, más tolerantes a la sequía y con mayor adaptación a suelos de baja fertilidad, lo cual facilitará su adopción en esta región de Colombia.

Es pertinente reiterar que una faceta sobresaliente del proceso de adopción de pasturas en los Llanos Orientales en el período analizado, es la rápida aceptación y adopción de los nuevos cultivares de *Brachiaria*, en particular humidicola y dictyoneura. Esto refleja la gran demanda que existe por nuevos materiales forrajeros de alta productividad y con mayor resistencia al salivazo.

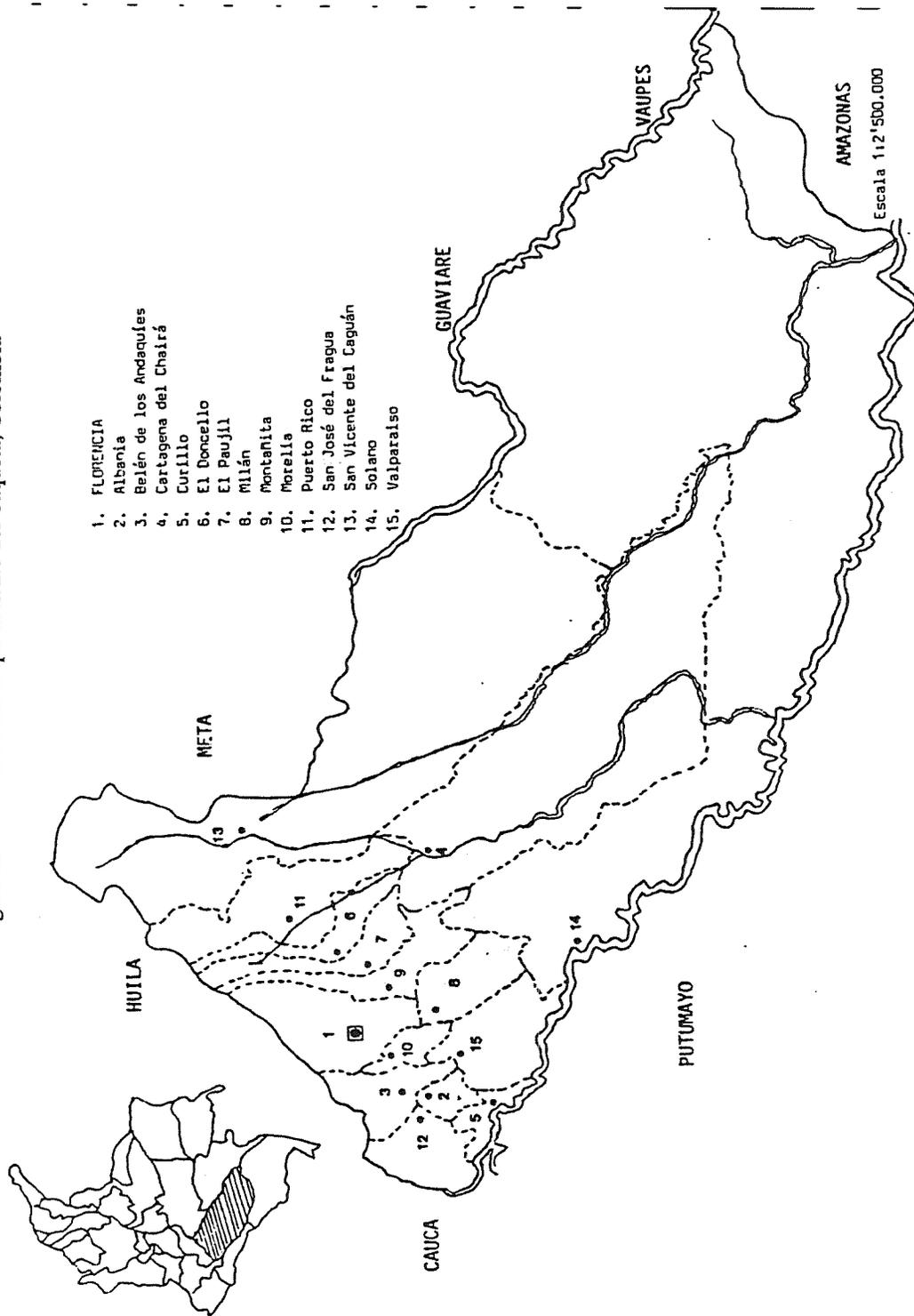
4.2 Caquetá

El Caquetá es un extenso territorio (8.9 millones de hectáreas), localizado al sur de Colombia, con una alta proporción de su área (74%) ocupada por el bosque húmedo tropical. El piedemonte caqueteño ocupa una superficie de 1.8 millones de hectáreas, de las cuales el 78% está cubierta con pastos. (Ramírez & Seré, 1990) (Ver Figura 12)

El piedemonte caqueteño es una zona altamente representativa de la Amazonia colombiana. En la actualidad predominan en él los sistemas de ganaderos de doble propósito, con énfasis en la producción de leche. Desde 1987 el CIAT con la colaboración de Nestlé de Colombia y otras instituciones, que en distintos momentos han colaborado, ha seguido la evolución de la ganadería de ésta región del país. Diferentes estudios han identificado varias fases en la evolución y desempeño de la ganadería, en donde el común denominador ha sido la progresiva intensificación, mediante el empleo de nuevos materiales forrajeros, lo cual ha inducido cambios en los sistemas de producción y en la productividad de la ganadería. (Michelsen, 1990, Ramírez & Seré, 1990, Rivas y Holmann, 2000)

Los sistemas pecuarios del Caquetá han evolucionado desde fases muy extensivas, en donde la base forrajera estaba fundamentalmente conformada por pasturas nativas de baja calidad, utilizadas para actividades de cría de vacunos y producción muy marginal de leche, para su posterior transformación en queso, hasta sistemas más intensivos en cuya base forrajera juegan un rol muy importante los pastos mejorados y en donde la

Figura 12 Ubicación del Departamento del Caquetá, Colombia



Fuente: Ramírez & Seré (1990)

producción de leche representa una fracción muy significativa del ingreso total de las fincas.

La utilización de pastos mejorados en la región ha tenido un impacto importante sobre la orientación económica de los sistemas ganaderos, sobre la distribución espacial de la producción y sobre el uso de la tierra. Los sistemas ganaderos, en particular los ubicados en el piedemonte, paulatinamente pasaron de la cría sin ordeño o con ordeño muy limitado, al doble propósito con énfasis en producción de leche. (Michelsen, 1990)

Dada la extensión del territorio y los altos costos de transporte, la producción lechera ha tendido a concentrarse alrededor de las vías más importantes y cerca a los centros de acopio.

Una encuesta realizada por el CIAT y NESTLE en 1986, indicó que de un total de 381 mil hectáreas de pastos localizadas en las fincas proveedoras de Nestlé, más de la mitad (64.5%) correspondía a praderas nativas conocidas con el nombre local de “criaderos”.

Según Ramírez & Seré (1990) estos están conformados principalmente por especies como *Paspalum spp*, *Axonopus spp*, *Homolepis aturensis* en mezclas con *Hyparrhenia rufa* altamente degradada. En ese año, los pastos mejorados ocupaban una superficie ligeramente superior a la tercera parte del área total de pastos de las fincas. (35.5%)

Dentro de la superficie cubierta con pastos mejorados es marcado el predominio de *B. decumbens*, que ocupa más de tres cuartas. La participación de otras especies era relativamente baja.

La encuesta de 1997 mostró un cambio sustancial en la estructura de la superficie de pastos. Se observó que el tamaño promedio de las explotaciones ganaderas varió relativamente poco - 130 has en 1986, 158 has en 1997- pero hubo un importante proceso de sustitución de pasturas nativas por pastos mejorados.

El principal componente de la base forrajera de la región, las pasturas nativas o criaderos, con el transcurso del tiempo perdió importancia en los sistemas de alimentación ganaderos. En el primer año citado constituían casi dos terceras partes (65%), esa proporción había caído dramáticamente a solo 30% en 1997. (Cuadro 4)

Se aprecia una creciente importancia de nuevos materiales de *Brachiaria* tales como *humidicola*, *brizantha* y *dictyoneura*. (Cuadro 4) Por otra parte, la tradicional *B. decumbens*, el pasto mejorado predominante, pierde terreno frente a otros pastos. En efecto entre 1986 y 1997 la participación de ese material en el área total de pastizales mejorados declinó de 76 a 65%.

La leguminosa forrajera *Arachis pintoi*, cv maní forrajero perenne, de reciente aparición en el Caquetá, aún se encuentra en una fase muy temprana de su adopción. En 1997 en el Caquetá solo 16 (9%) entre 174 productores seleccionados al azar, estaban ensayando con este material en el momento de la entrevista. En la actualidad las áreas sembradas aún son

reducidas y los productores se encuentran en una etapa de prueba y error para ajustar el material a sus recursos y necesidades, observar su comportamiento y tomar decisiones con respecto a su adopción definitiva. (Rivas y Holmann.2000)

Cuadro 4. Evolución del área en pasturas en el Caquetá:1986-2000

Tipo de pastura	1986		1997		Estimación al 2000		Tasa anual de crecimiento 1986-1997 (%)
	has	%	Has	%	ha	%	
Total pastos	285408	100.0	381421	100.0	386182	100.0	2.7
Pastura nativa	184029	64.5	113271	29.7	109907	29.7	-4.3
Pastos mejorados	101379	35.5	268150	70.3	276175	70.3	9.2
Pastos mejorados	101379	100.0	268150	100.0	276125	100.0	9.2
<i>B. decumbens</i>	7701	76.0	174812	65.2	180109	65.2	7.7
<i>B. humidicola</i>	595	0.6	37757	14.1	38901	14.1	45.8
<i>Echinochloa polystachia</i>	3865	3.8	32406	12.1	33388	12.1	21.3
<i>B. brizantha</i>	0	0.0	12784	4.8	13171	4.8	-
<i>B. dictyoneura</i>	0	0.0	2613	1.0	2692	1.0	-
<i>Arachis pintoi asociado</i>	0	0.0	2616	1.0	2706	1.0	-
<i>Arachis pintoi solo</i>	0	0.0	356	0.1	367	0.1	-
<i>Otras gramíneas</i>	19919	19.6	4795	1.8	4941	1.8	-12.1

Cifras consolidadas de 2973 fincas proveedoras de Nestlé en el Caquetá.

Fuente: Cálculos basados en cifras de Ramírez y Seré (1990) y Rivas y Holmann (2000)

La información de la encuesta indicó que el material disponible en la región, CIAT 17434, no es apropiado para los suelos de mesón, que se caracterizan por su baja fertilidad, se clasifican como oxisoles y constituyen una elevada proporción de los suelos del Caquetá. Según el estudio de Ramírez y Seré (1990), la superficie de mesones corresponde a casi el 90% del área de las fincas estudiadas.

La delicada situación de orden social y político que hoy día se viven en el país y en esa región en particular, no permiten albergar mucho optimismo con respecto a rápidos procesos de adopción de pasturas, por lo menos en un futuro cercano. Las inversiones en el desarrollo de nuevos pastizales en las explotaciones ganaderas, es una decisión que implica destinar importantes recursos de capital durante un considerable período de tiempo, lo cual puede ser difícil y riesgoso para productores pequeños y medianos como los del Caquetá.

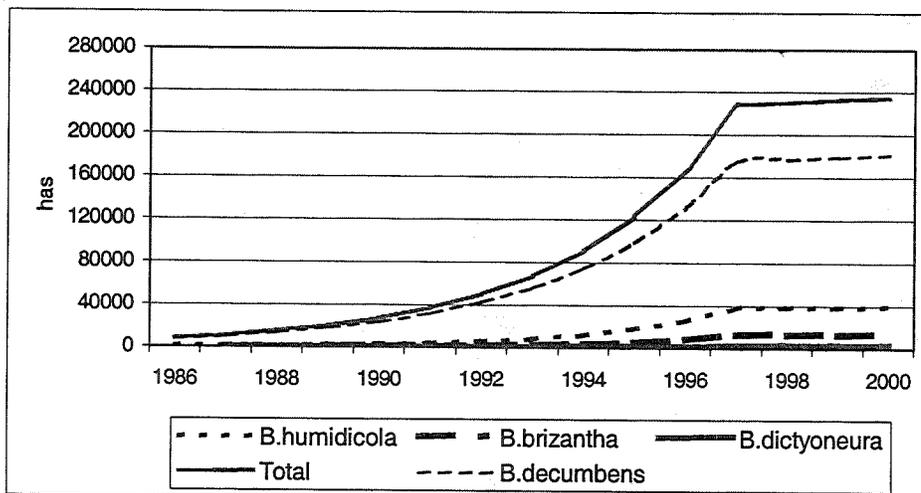
Si a los riesgos biológicos y económicos propios de la actividad ganadera, se le adicionan los derivados de una compleja situación de orden social y político, resulta poco probable que en éstas circunstancias, se emprenda un proceso sostenido de inversiones para el establecimiento pasturas mejoradas.

Consecuente con el planteamiento anterior, para estimar la superficie de pastos en el año 2000 en el Caquetá, se asumió que el área en pasturas en el período 1997-2000 creció a

una tasa promedio anual de 1%, muy modesta e inferior a las tasas históricas observadas en el período 1986-1997. (Cuadro 4)

La figura 13 muestra las estimaciones relacionadas con la evolución histórica de la superficie plantada con brachiarias en el Caquetá durante el período 1986-2000.

Figura 13 Evolución de la superficie plantada con Brachiarias en el Caquetá 1986-2000

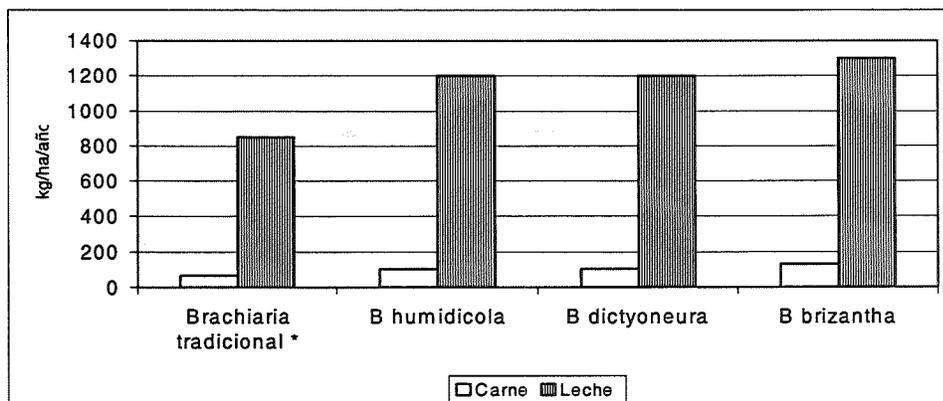


A pesar del significativo avance de las nuevas especies de brachiaria en el Caquetá (*humidicola*, *brizantha* y *dictyoneura*), se nota todavía un predominio de la tradicional *B. decumbens*, lo cual determina gran vulnerabilidad de la base forrajera debido a la alta susceptibilidad de este material al salivazo, plaga que por condiciones climáticas encuentra en el Caquetá circunstancias muy favorables para su desarrollo.

En el Caquetá no existe tradición de uso de pasturas mixtas de gramíneas y de leguminosas. Esta tecnología recién se está introduciendo, por lo cual son muy pocas las experiencias que se pueden observar de utilización en fincas de esta clase de praderas.

Los niveles de productividad utilizados para estimar el valor de la producción adicional resultante del empleo de las brachiarias de reciente introducción en el Caquetá, se muestran en la Figura 14. Estos se pueden considerar como los mejores estimativos disponibles, y están basados en observaciones y opiniones de expertos que trabajan en la zona. En la actualidad no existen cuantificaciones rigurosas de la productividad física de las diferentes brachiarias, en términos de producción de carne y leche en los sistemas ganaderos de doble propósito del Caquetá.

Figura 14. Productividad de diferentes clases de Brachiaria en sistemas ganaderos de doble propósito del Caquetá



* En una fase intermedia de su vida productiva

5. Adopción de nuevas tecnologías de arroz

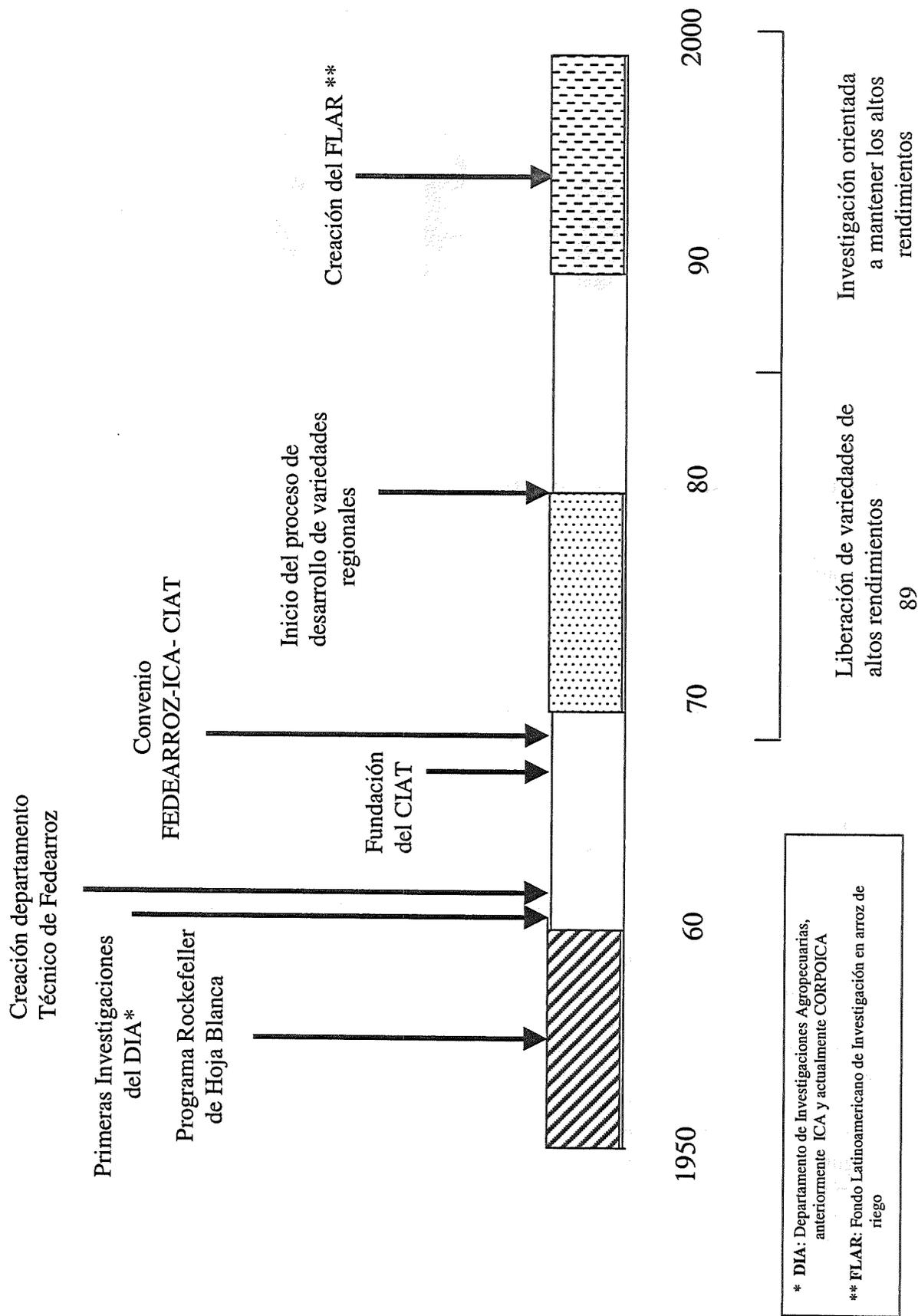
En los procesos de generación y adopción de nuevas tecnologías de arroz en Colombia y en A&O, se aprecia un claro vínculo entre el sector privado, el sector público y las entidades internacionales de investigación agropecuaria. (Véase Figura 15)

El sector arrocero colombiano se destaca por su amplio dinamismo en cuanto a generación y adopción de nuevas tecnologías. En arroz el cambio técnico incluye además del empleo de insumos modernos, el uso de nuevos y mejores equipos y prácticas de preparación, siembra y manejo del cultivo. En el Cuadro 5 se muestran las variedades de arroz liberadas en Colombia en el transcurso de tres décadas.

Hasta 1967 blue bonnet 50 dominaba el mercado nacional y ocupaba el 80% de la superficie plantada. Con la aparición de las variedades enanas comenzó a perder aceleradamente participación en el mercado. En 1974 ocupaba tan solo el 1% del área cultivada y había sido desplazada por IR22 (33% del total), IR8 (31%) y CICA4 (27%)

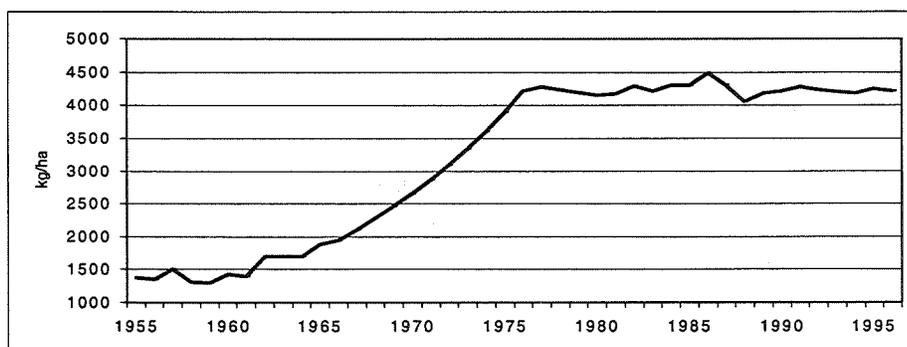
La introducción en 1967 de IR8, la primera variedad enana, fue un hecho trascendental para el despegue tecnológico del cultivo en el país. A partir de ese momento se inició un proceso de liberación de nuevas variedades, cuya adopción elevó considerablemente los rendimientos. Por ejemplo, en 1966 en el departamento del Meta la producción promedio por hectárea era de 1.9 tm, diez años después en 1976, ese rendimiento se situaba en 4.2 tm, lo cual implica una tasa de crecimiento de 8.2% en promedio por año. Veinte años después de la liberación de IR8, los rendimientos promedios se aproximaban a 4.5tm/ha. (Figura 16) Hacia 1978, la variedad IR8 prácticamente había desaparecido del país, solo cubría el 1.3% de la superficie cultivada. A su turno, IR22 también estaba siendo sustituido por otras variedades y su participación en las áreas sembradas había caído a 19.8%.

Figura 15. Hitos en el Desarrollo Tecnológico del cultivo de Arroz en Colombia



* DIA: Departamento de Investigaciones Agropecuarias, anteriormente ICA y actualmente CORPOICA
 ** FLAR: Fondo Latinoamericano de Investigación en arroz de riego

Figura 16. Rendimientos del cultivo de arroz en los Llanos Orientales Departamento del Meta: 1955-1996



Fuente: Silva (1968), Tróchez (1971) y Anuarios del MADR

Cuadro 5. Variedades de arroz liberadas en Colombia. 1967-1998

Año de liberación	Nombre de la variedad	Tipo de germoplasma	Entidad que liberó el material
1967	IR8	IRRI	ICA
	ICA 10	VLACIR	ICA
1970	IRR 22	IRRI	ICA
1971	CICA 4	CCLS	CIAT - ICA
1974	CICA 6	CCLS	CIAT - ICA
1976	CICA 9	CCLS	CIAT - ICA
1978	CICA 8	CCLS	CIAT - ICA
1980	METICA 1	CCLS	CIAT - ICA
	METICA 2	CCLS	CIAT - ICA
1982	ORYZICA 1	CCLS	CIAT - ICA
1984	ORYZICA 2	CCLS	CIAT - ICA
1987	ORYZICA 3	CCLS	CIAT - ICA
1989	ORYZICA Llanos 4	CCLS	ICA
	ORYZICA Llanos 5	CCLS	ICA
1991	ORYZICA Sabana 6	CCLS	ICA - CIAT - FEDEARROZ
1992	ORYZICA Turipaná 7	CCLS	ICA
1993	ORYZICA Caribe 8	CCLS	CIAT - ICA - FEDEARROZ
1994	ORYZICA Yacu 9	CCLS	CIAT - ICA - FEDEARROZ
	SELECTA 3-20	VLACIR	SEVILLANO
1995	ORYZICA Sabana 10	CCLS	CIAT - ICA
1997	COPROSEM 1	CCLS	COPROSEM
1998	FEDEARROZ 50	CCIPC	FEDEARROZ

CCLS: Cruce de CIAT localmente seleccionado. VLACIR: Variedades o líneas avanzadas de los Centros Nacionales de Investigación distribuidas a través de la red del CIAT. CCIPC: Cruces de los Centros Nacionales de Investigación con padres de CIAT. IRRI: Germoplasma de IRRI adaptado localmente

En esta época comenzaba el predominio de los CICA's, los que en conjunto, en ese año, contabilizaron cerca de tres cuartas partes del área cultivada de arroz en Colombia, así: CICA4 (26.8%), CICA9 (25.8%), CICA7(16.1%) y CICA6 (5.6%) – (Montes et al., 1980)

Información reciente de Fedearroz sobre el uso de variedades en 1991-1997, muestra que en ese período predominaron en los Llanos Orientales de Colombia: CICA 8, Oryzica 1 y Oryzica Llanos 5, las cuales en promedio contabilizaron casi el 70% de la superficie arrocera. Siguieron en importancia Línea 2, Selecta 3-20 y Caribe 8. (Cuadro 6) En la actualidad la variedad predominante es Fedearroz 50.

La variedad regional más difundida es Oryzica Llanos 5 de la cual se sembraron anualmente en promedio cerca de 17 mil hectáreas, que constituyen el 13% de la superficie arrocera total. Otras variedades regionales como Metica 1, han sido poco exitosas en A&O. (Cuadro 6)

Los procesos de adopción de nuevas tecnologías arroceras en A&O han sido similares a los observados en otras regiones del país. Se pueden distinguir dos fases. Durante la primera el impacto tecnológico determinó un rápido crecimiento de los rendimientos y en menor medida de las áreas cultivadas. En la segunda, cuando se alcanzó un techo tecnológico, el desarrollo de las nuevas técnicas enfatizó en conservar los altos rendimientos logrados y en incorporar a las variedades mejoradas, mayor resistencias a las plagas y enfermedades más comunes de la región, principalmente *Pyricularia* (*Pyricularia grisea*), Hoja blanca (VHB), Sogata (*Tagosodes Orizicolus*) y en menor grado el “entorchamiento” (virus de necrosis rayada del arroz).

En esta segunda etapa, el desarrollo tecnológico pretende conservar los rendimientos en un alto nivel y lograr mayor racionalidad en el uso de recursos como agua, fertilizantes, plaguicidas y maquinaria, con el propósito de hacer más competitiva la industria, facilitar su inserción en un mercado global altamente competitivo y reducir los impactos negativos del exagerado empleo de agroquímicos sobre el medio ambiente.

Reiterando, las dos fases del desarrollo tecnológico en arroz en los Llanos Orientales se pueden apreciar muy claramente en la Figura 16. La producción por hectárea creció rápidamente desde mediados de la década del 50 hasta alcanzar niveles por encima de las 4 tm/ha. Una vez que se superó la barrera de las 4 tm/ha, en la segunda mitad de los 70, los incrementos han sido marginales y su tendencia es hacia la estabilidad.

6. Impacto de la adopción de mejores forrajes sobre la productividad

Uno de los principales beneficios directos del uso de nuevas tecnologías de producción, son los incrementos de la productividad, los cuales se manifiestan en mayores niveles de producción por unidad de tierra o de ganado y en menores costos por unidad de producto.

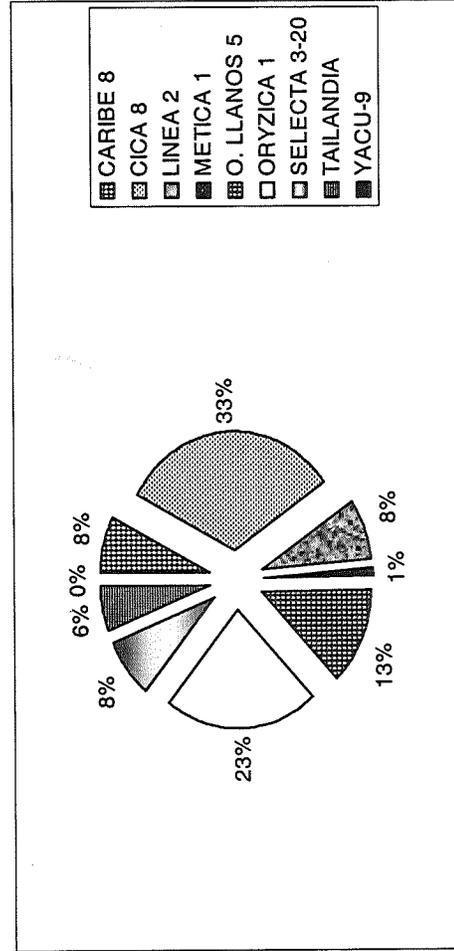
La evaluación económica de los beneficios tecnológicos involucra tanto los logrados por los productores que adoptan las nuevas técnicas y mejoran la productividad, como los obtenidos por los consumidores quienes se benefician por la reducción de los precios reales en el mercado y por una mayor disponibilidad del producto.

Cuadro 6. Área Cultivada de Arroz según variedad. Llanos de Colombia: 1961-1997 (hectáreas)

Variedad	1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		Total 1991-1997		Promedio 1991-1997	
	ha	%	ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	ha	ha	%
Cica 8	22999	22.2	62276	48.3	41020	36.4	53348	55.5	47519	52.5	12618	9.6	22427	15.7	266207	38030	32.4	
Oryzica 1	74951	72.4	24269	18.8	20921	18.6	13632	13.7			39996	30.5	13661	8.8	187430	26776	22.8	
O. Llanos 5	2610	2.5	19731	15.3	41920	37.2	19597	19.7	5033	5.6	18301	13.9	3024	1.9	110216	15745	13.4	
Línea 2	2952	2.9	22701	17.6	8702	7.7	3054	3.1	9698	10.7	5615	4.3	16840	10.8	69562	9937	8.5	
Selecta 3-20											25891	19.7	41276	26.6	67167	9595	8.2	
Caribe 8									17211	19.0	21762	16.6	25050	16.1	64023	9146	7.8	
Tailandia									11017	12.2	6671	5.1	30787	19.8	48475	6925	5.9	
Metica 1							8057	8.1							8057	1151	1.0	
Yacu 9											372	0.3	372	0.2	744	106	0.1	
Total	103512	100.0	128977	100.0	112563	100.0	99688	100.0	90478	100.0	131226	100.0	155437	100.0	821881	11741	100.0	
																2	0	

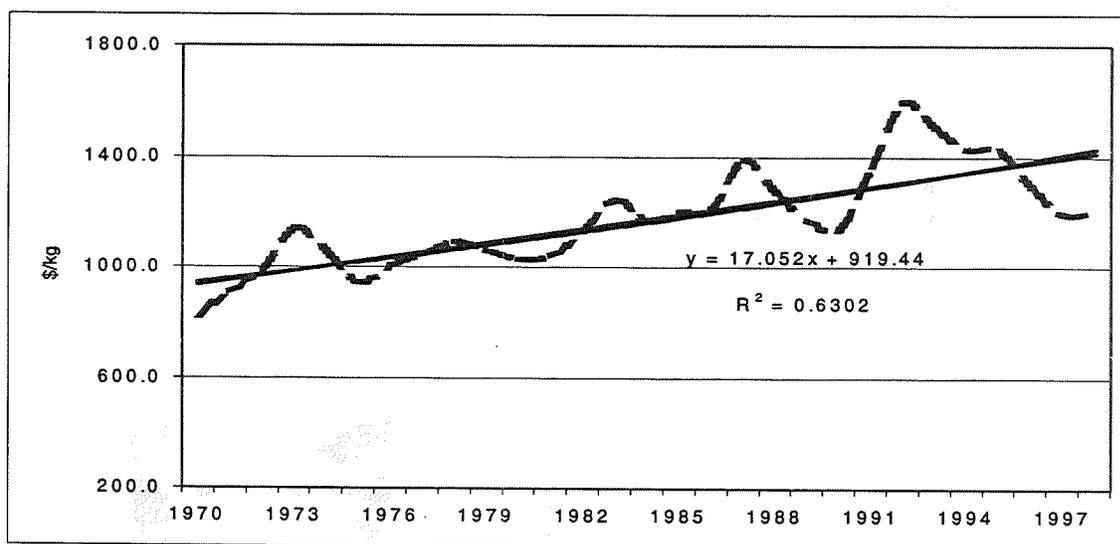
Fuente: Fedearroz, Encuesta Nacional Arrocería 1991A- 1997A.

Distribución de las siembras de arroz en los Llanos, según variedad. Promedio 1991-1997



En el caso de las tecnologías forrajeras en A&O, los beneficios tecnológicos más evidentes se han logrado mediante alzas de la productividad, en el ámbito de las fincas adoptadoras. La dimensión del impacto del cambio técnico de la ganadería en A&O, aún no presenta la magnitud suficiente como para inducir reducciones significativas en los precios reales al consumidor en el contexto regional o de país. En la Figura 17, se presenta la evolución de los precios reales de carne vacuna en Bogotá, el principal centro consumidor del país. Se puede notar que en el período 1970-1998, ellos mostraron una moderada tendencia creciente, 1.5% por año.

Figura 17. Precios Reales de Carne Vacuna en Bogotá al Consumidor 1/
\$ de 1990/kg



1/ Precios de carne de res de primera, deflactados por el índice de precios al consumidor, 1990=100
Fuente: Cálculos basados en cifras del Dane y del Banco de la República

Debido a lo anterior, este trabajo enfatiza en las estimaciones del valor de las ganancias en productividad asociadas con el uso de las pasturas mejoradas en la región bajo estudio, sin considerar posibles efectos sobre los consumidores, inducidos por reducciones de los precios reales.

Las variaciones de la productividad de los sistemas ganaderos extensivos son difíciles de cuantificar, ya que ello implica mediciones en el campo de variables como la producción física de carne y de leche, a intervalos predeterminados de tiempo, con un número adecuado de observaciones que permitan hacer inferencia a nivel finca, sistema o región productora. Esto resultaría muy costoso en términos de tiempo y de recursos. Si a lo anterior se adiciona la complejidad y heterogeneidad de los diferentes sistemas de producción ganadera y la estacionalidad de la producción basada en el pastoreo extensivo, es fácilmente explicable la precaria disponibilidad de información estadística confiable, sobre los niveles y variaciones de la productividad ganadera en una región o país determinado.

En este estudio los niveles de productividad se basan en la información proveniente de fuentes experimentales, ensayos en finca y opiniones de técnicos y expertos que trabajan en la región de referencia. Para evaluar los cambios en productividad se asume que el proceso de adopción, consiste en el cambio de una pradera tradicional de decumbens en estado intermedio de degradación por una pastura de pasto mejorado, bien sea *A. gayanus*, *B. humidicola*, *B. brizantha* o una asociación de gramíneas y leguminosas.

El valor del cambio en la productividad, expresado como el valor de la producción adicional, resultante de la adopción de la nueva pastura se estima como:

$$VPA_t = A_{a,t}(PR_{a,t} - PR_{dd,b})P_t$$

Donde VPA_t = Valor de la producción adicional en el período t

$A_{a,t}$ = Área plantada con el pasto a en el período t.

$PR_{a,t}$ = Productividad física de la pradera mejorada en el período t - Tecnología mejorada

$PR_{dd,b}$ = Productividad física de decumbens degradada en el período base - Tecnología tradicional

P_t = Precio al productor en el período t.

Las ganancias en productividad por la adopción de nuevas pasturas, constituyen un flujo de beneficios económicos a lo largo del período de vida útil de las praderas. En este caso, se asume una vida útil de 10 años, por lo cual en promedio cada año desaparece una décima parte del área plantada.

En la evaluación para los Llanos Orientales se consideran dos periodos: a) 1978-1992 que incluye las estimaciones de la evolución del área en pasturas, basadas en los muestreos en la región de Puerto López – Puerto Gaitán y b) 1993-2000, que adiciona al período anterior, las estimaciones de las áreas plantadas basadas en los modelos de regresión ajustados sobre los datos muestrales.

El período 1978-1992 se considera como una fase de expansión económica en los Llanos colombianos, cuando la participación del PIB regional en la economía nacional se incrementó, el área sembrada de muchos cultivos creció considerablemente - arroz, maíz, yuca, palma - y la explotación petrolera aumentó significativamente. (Rivas L., 1999)

En este contexto económico, es de esperar que las áreas sembradas con nuevas pasturas hayan crecido sustancialmente, tal como lo revelan las cifras obtenidas en los muestreos realizados. (Véase Figura 10)

Sin embargo el crecimiento económico comenzó a declinar hacia mediados de los 90. cuando el ritmo de expansión de la economía nacional se debilitó, hasta llegar a cifras de crecimiento negativas a fines de la década pasada. En las nuevas circunstancias, es realista considerar que la dinámica de las nuevas siembras de pastos haya decaído considerablemente.

Por esta razón aunque la tendencia del período 1978-1992 indique que las áreas en pastos continuarán creciendo rápidamente, como en el caso de las praderas asociadas de gramíneas y leguminosas, en las cuales el modelo logístico presenta alto grado de ajuste y predice una rápida expansión de las áreas sembradas, las condiciones económicas generales indican que tal expansión está lejos de haber ocurrido. Por lo anterior y para hacer mas conservadoras las estimaciones del área sembrada en asociaciones en el período 1993-2000, se empleó la tendencia lineal del periodo 1987-1992, que es una etapa de más lento crecimiento. (Cuadro 3)

El flujo de beneficios a lo largo del período de evaluación, se expresa como un valor presente (VP) En el Cuadro 7, se presentan los flujos monetarios, los VP y las anualidades (A) del valor de la producción adicional, derivada del empleo de las nuevas alternativas forrajeras en el área de Puerto López – Puerto Gaitán.

Considerando solamente el primer período (1978-1992), se estima que el VP de la producción adicional de carne debido al empleo de pastos mejorados, en la región citada, es de aproximadamente US\$ 16 millones distribuidos así: *B. humidicola* 45%, asociaciones de gramíneas y leguminosas 41%, *A. gayanus* 11% y *B. dictyoneura* 3%.

Ampliando el periodo considerado anteriormente hasta el año 2000, (1978-2000), el VP del flujo de beneficios estaría muy cercano a los US\$ 45 millones. Esto representa un flujo anual de US\$ 5 millones. (Cuadro 7)

Si la hipótesis utilizada en la estimación anterior, que los pastos mejorados reemplazan a una brachiaria tradicional degradada, se cambia por la suposición de que los pastos mejorados sustituyeron a la sabana nativa de muy baja productividad, el VP para el período 1978-2000 se aproxima a US\$ 76 millones, lo cual implica una anualidad de US\$ 8.5 millones.

La primera estimación, correspondiente al período 1978-1992, podría considerarse como el límite inferior de los beneficios estimados y la segunda, la del período 1978-2000, como su límite superior.

Empleando la misma metodología se hicieron cálculos similares para los sistemas de doble propósito del Caquetá, considerando solamente las especies de Brachiaria de reciente introducción. Se evaluaron dos períodos: 1986-1997 que corresponde al periodo intermuestrial (se realizaron dos encuestas la primera en 1986 y la segunda en 1997) y el período 1986-2000.

Cuadro 7. Valor de la Producción Adicional de carne vacuna en canal por el uso de nuevas opciones forrajeras en la Altillanura Oriental Colombia: Región de Puerto López – Puerto Gaitán. miles de \$ col. 1/

Año	<i>A. gayanus</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. dictyoneura</i>	Asociaciones	Total
1978	38085	18884			56969
1979	49723	30338		54647	134708
1980	64918	48739		78792	192448
1981	84756	78301		113604	276661
1982	110656	125794		163798	400248
1983	144471	202093		236168	582732
1984	188619	324672		340514	853805
1985	246259	521600		490962	1258820
1986	321512	837973	6543	707882	1873910
1987	419762	1346241	19749	1020643	2806395
1988	548036	2162796	59605	1471591	4242029
1989	715508	3474627	179905	2121779	6491820
1990	837028	4498868	287307	3484401	9107604
1991	979186	5825030	458827	5722109	12985153
1992	1145488	7542116	732744	9396888	18817235
1993	1147107	7758656	809836	10459620	20175219
1994	1148728	7981413	895040	11642542	21667722
1995	1150351	8210565	989207	12959244	23309368
1996	1151977	8446297	1093282	14424859	25116415
1997	1153605	8688797	1208308	16056225	27106934
1998	1155235	8938259	1335434	17872089	29301018
1999	1156868	9194883	1475936	19893317	31721005
2000	1158503	9458875	1631221	22143134	34391733
1978-1992 NPV (millones)					
\$ col	2037	8117	468	7472	18094
US\$	1.79	7.11	0.41	6.55	15.86
Anualidad					
\$col	268	1067	62	982	2379
US\$	0.23	0.94	0.05	0.86	2.08
1978-2000 NPV (millones)					
\$ col	3508	18927	1902	26460	50797
US\$	3.07	16.59	1.67	23.19	44.52
Anualidad					
\$col	395	2131	214	2979	5518
US\$	0.35	1.87	0.19	2.51	5.01

1/ Valores expresados en pesos constantes de 1997. Tasa de interés =10% real anual.

Tasa de cambio = \$col 1141/ 1us\$

Debido a que para el Caquetá no se pudieron ajustar modelos de regresión para elaborar las proyecciones de las superficies sembradas, dado que solo se disponía de dos observaciones en el tiempo, se asumió que el crecimiento de las áreas plantadas en el período 1997-2000, fue de 1% por año, muy inferior al observado en el período intermuestral para todas las pastos.

Este supuesto conservador intenta reflejar el hecho de que las condiciones económicas y de orden público de Colombia, en los tres últimos años de la década pasada, se deterioraron considerablemente y que ello afectó negativamente la dinámica de las siembras y los procesos de adopción de pasturas mejoradas en el Caquetá.

Para el período intermuestral (1986-1997), el VP de las ganancias en producción, por el empleo de las nuevas brachiarias en ese departamento, se estimó en US\$ 13.9 millones, equivalentes a un flujo anual de aproximadamente US\$ 2 millones (Cuadro 8)

Al igual que en los Llanos Orientales, el grueso de los beneficios de la adopción de nuevas brachiarias se concentra en humidícola (68%), la gramínea que presenta la mayor dinámica de crecimiento en el Caquetá.

Expandiendo el período anterior hasta el año 2000 (1986-2000), el VP de los beneficios por el aumento de la producción se calculan en US\$ 23 millones, equivalentes a US\$ 3 millones por año. Debido a que los sistemas de producción de ésta región son duales o de doble propósito, con marcado énfasis en la producción de leche, la mayor parte de los beneficios se originan en ésta actividad. Cerca del 80% de los ellos, proviene de la lechería. (Cuadro 8)

Las figuras 18 y 19 muestran los flujos de beneficios tecnológicos resultantes de los cambios de productividad en el Caquetá, por el empleo de las nuevas brachiarias, discriminando por actividad productiva y por material forrajero utilizado.

Las cifras consolidadas del valor de los incrementos de producción para los Llanos y el Caquetá considerados en conjunto, se presentan en el Cuadro 9.

El monto de los anteriores beneficios puede considerarse alto, si se acepta que:

- 1) La evaluación se ha efectuado en dos zonas muy específicas de A&O, las cuales representan una pequeña fracción de un inmenso territorio en donde se están usando o pueden ser empleadas estas tecnologías.
- 2) Los montos de los beneficios superan por lejos los niveles de inversión anual destinados al desarrollo de nuevas pasturas para ésta región del país.
- 3) Los cálculos incluyen las ganancias en productividad que capturan los productores que adoptan las tecnologías, pero excluyen los beneficios que podrían lograr los consumidores cuando el proceso de cambio técnico sea de suficiente magnitud, como para inducir reducciones de los precios reales de la carne y de la leche.

Cuadro 8. Valor de la Producción Adicional por el empleo de nuevas Brachiarias. Caquetá, Colombia: 1986-2000. (millones de \$col.) 1/

Año	<i>B. humidicola</i>			<i>B. dictyonetra</i>			<i>B. brizantha</i>			<i>Total</i>		
	Carne	Leche	Total	Carne	Leche	Total	Carne	Leche	Total	Carne	Leche	Total
1986	27.9	108.2	136.1	-	-	-	-	-	-	27.9	108.2	136.1
1987	40.7	157.7	198.4	2.0	7.6	9.6	13.5	46.9	60.3	56.1	212.3	268.4
1988	59.3	230.1	289.4	3.0	11.5	14.5	20.4	71.0	91.4	82.7	312.6	395.3
1989	86.5	335.5	422.0	4.5	17.4	21.9	30.9	107.6	138.5	121.9	460.5	582.4
1990	126.1	489.3	615.4	6.8	26.4	33.2	46.8	163.0	209.8	179.7	678.6	858.3
1991	183.9	713.5	897.5	10.3	39.8	50.1	70.8	246.9	317.7	265.1	1000.3	1265.4
1992	268.2	1040.6	1308.8	15.5	60.2	75.8	107.3	274.0	481.3	391.1	1474.8	1865.9
1993	391.2	1517.5	1908.7	23.5	91.0	114.5	162.6	566.5	729.0	577.2	2175.0	2752.2
1994	570.5	2213.1	2783.6	35.5	137.6	173.0	246.2	858.1	1104.3	852.2	3208.7	4061.0
1995	832.0	3227.4	4059.4	53.6	207.9	261.5	373.0	1299.8	1672.8	1258.6	4735.2	5993.8
1996	1213.3	4706.7	5920.1	81.0	314.3	395.3	565.0	1968.9	2533.9	1859.4	6989.9	8849.3
1997	1769.5	6864.0	8633.5	122.5	475.0	597.5	855.9	2982.4	3838.3	2747.8	10321.5	13069.3
1998	1787.2	6932.7	8719.9	123.7	479.8	603.5	864.4	3012.3	3876.7	2775.3	10424.7	13200.0
1999	1805.0	7002.0	8807.0	124.9	484.6	609.5	873.1	3042.4	3915.5	2803.1	10529.0	13332.0
2000	1823.1	7072.0	8895.1	128.2	489.4	615.6	881.8	3072.7	3954.5	2831.1	10634.1	13465.2
Período 1986-1997												
Valor Presente:												
\$col millones	2217	8599	10815	139	539	678	966	3368	4334	3322	12506	15828
US\$ millones	1.9	7.5	9.5	0.1	0.5	0.6	0.8	3.0	3.8	2.9	11.0	13.9
Anualidad												
\$col millones	325	1262	1587	20	79	100	142	494	636	488	1835	2323
US\$ millones	0.29	1.11	1.39	0.02	0.07	0.09	0.12	0.43	0.56	0.43	1.61	2.04
Período 1986-2000												
Valor Presente:												
\$col millones	3646	14144	17790	238	923	1161	1658	5777	7435	5542	20844	26386
US\$ millones	3.2	12.4	15.6	0.2	0.8	1.0	1.5	5.1	6.5	4.9	18.3	23.1
Anualidad												
\$col millones	479	1860	2339	31	121	153	218	760	977	729	2740	3469
US\$ millones	0.4	1.6	2.0	0.03	0.1	0.1	0.2	0.7	0.9	0.6	2.4	3.0

1/ Valores expresados en pesos constantes de 1997. . Tasa real de interés: 10% anual
Tasa de cambio promedio en 1997: \$col 1141/ 1 US\$

Figura 18. Valor de la producción adicional por el uso de nuevas brachiarias según actividad económica. Caquetá, Colombia:1986-2000

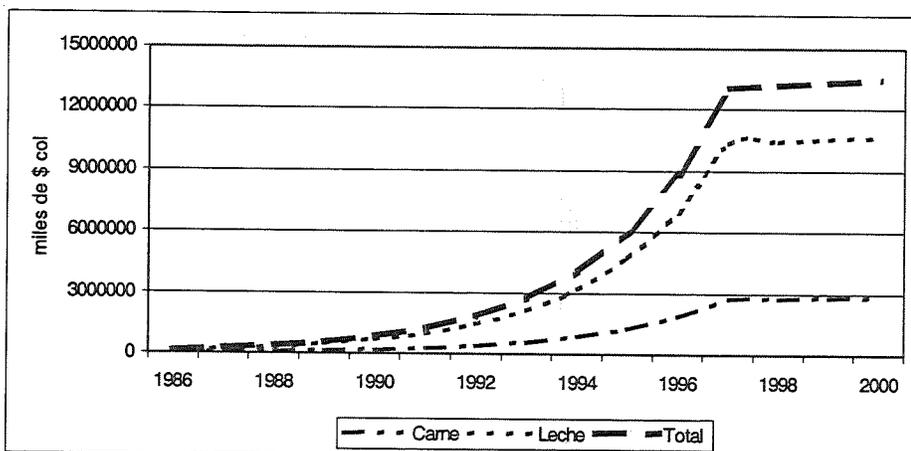
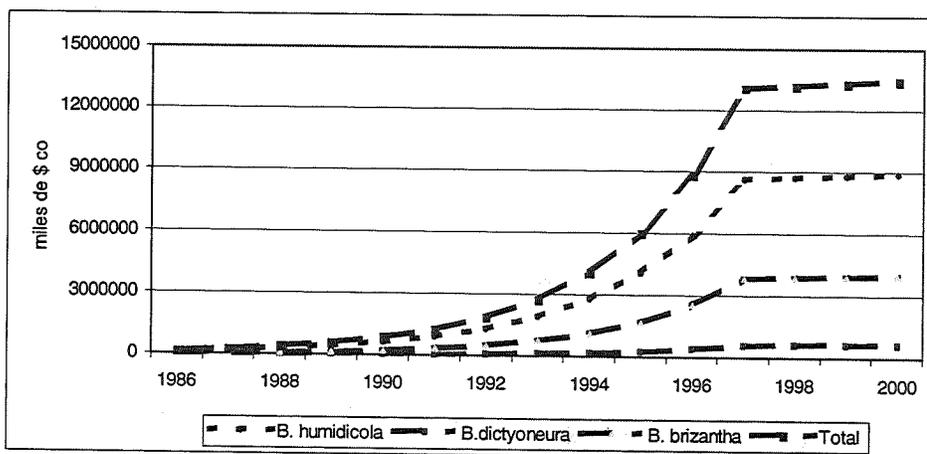


Figura 19. Valor de la producción adicional por el uso de nuevas brachiarias según material forrajero. Caquetá, Colombia:1986-2000



Cuadro 9. Valor presente y anualidades de la producción adicional por el uso de mejores forrajes en A&O 1/

Región	Valor Presente (millones)		Anualidad (millones)	
	\$col	US\$	\$col	US\$
Orinoquia (Puerto López -Puerto Gaitán)	18094	15.9	2379	2.1
	50797	44.5	5518	5.0
Amazonia (Caquetá, Piedemonte)	15828	13.9	2323	2.0
	26386	23.1	3469	3.0

1/ Valores expresados en \$ de 1997. Tasa de cambio: \$col 1141/ 1us\$

7. Ahorro de tierra por el empleo de mejores pasturas

Cuando se hace referencia a una región tan extensa como la A&O de Colombia, en donde existe una enorme disponibilidad de recursos de tierra aún no incorporados a la producción, parece como algo fuera de contexto el considerar y evaluar los ahorros de tierra que se originan en la adopción de tecnologías de mayor productividad por unidad de tierra.

No obstante, es necesario tener presente que se trata de recursos de tierra frágiles con severas limitaciones químicas y físicas, que requieren de la aplicación de técnicas de producción adecuadas para desarrollar sistemas de producción sostenibles, viables y rentables.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que se trata de un área con serias limitaciones en cuanto a disponibilidad de infraestructura vial y de almacenamiento, por lo cual la dispersión geográfica de la producción es un factor que incrementa significativamente los costos de producción de las áreas más marginales, afectando negativamente su competitividad.

Algunos estudios han mostrado que la tendencia en los sistemas ganaderos de A&O es hacia la intensificación, disminuyendo el tamaño promedio de los predios e incrementando la producción por hectárea y por unidad animal. (CIAT 1987)

Dadas las limitadas posibilidades del país, por lo menos a corto y mediano plazo, para efectuar cuantiosas inversiones en desarrollo de infraestructura en A&O, el patrón de desarrollo de ésta región parece ir en dirección de la concentración e intensificación de la producción en zonas muy específicas.

Para que los sistemas productivos regionales sean competitivos deben intensificarse a través del cambio tecnológico y concentrarse alrededor de núcleos o polos de desarrollo, lo cual permitirá obtener economías de escala y un aprovechamiento óptimo de la infraestructura física y social disponible.

La intensificación hace más competitivos los sistemas productivos, al mismo tiempo que tiene un impacto significativo sobre el uso del suelo, aliviando la presión para incorporar a la producción las áreas más frágiles desde el punto de vista ambiental y más marginales por su ubicación y situación económica.

En este estudio los estimativos de ahorro de tierra originado en la intensificación de la producción se estima como:

$$\partial A_t = \frac{P_{NT_t}}{R_{TT_t}} - \frac{P_{NT_{t-1}}}{R_{NT_{t-1}}}$$

donde :

∂A_t = Ahorro de tierra debido al uso de nuevas tecnologías en el año t

P_{NT_t} = Producción total con nuevas tecnologías en el año t

R_{NT_t} = Rendimiento físico por unidad de área de las nuevas tecnologías en el año t

R_{TT_b} = Rendimiento físico por unidad de área de las tecnologías tradicionales
en el año base de evaluación

El proceso de adopción de tecnologías forrajeras más productivas que las tradicionales, tanto en los Llanos como en el Caquetá, ha resultado en la expansión de la producción ganadera sin incrementos sustanciales en la superficie ganadera utilizada.

La magnitud del ahorro de tierra está en función de la diferencia en rendimientos físicos entre la tecnología tradicional y la mejorada. En el caso de las pasturas en el área bajo estudio, la diferencia en productividad entre una pastura en sabana nativa y una pastura mejorada es muy grande. (Figura 6) A pesar de contar con evidencias de que los pastos mejorados sustituyen a la sabana nativa (Cadavid, 1995), en este trabajo se hace un estimativo conservador del ahorro de tierra asumiendo que los pastos mejorados reemplazan a una pastura de brachiaria de tipo tradicional, en un estado intermedio de su vida productiva.

El ahorro de tierra asociado con el empleo de nuevos materiales forrajeros se estimó, hacia el año 2000 en la zona de Puerto López – Puerto Gaitán, en un cuarto de millón de hectáreas aproximadamente. (Cuadro 10)

El tema de ahorro de tierra es más relevante y crítico para la región del Caquetá que para los Llanos Orientales, dado que en ésta parte del país predominan las explotaciones pequeñas y medianas, las áreas de cultivo son poco significativas y la expansión de los pastizales se hace a partir de la tumba y quema del bosque natural, lo cual resulta en una mayor presión sobre este frágil ecosistema. En consecuencia, en ésta zona del país la intensificación de la producción en las áreas actualmente en producción, tiene una gran relevancia por su impacto ambiental en términos de reducción de las tasas de deforestación.

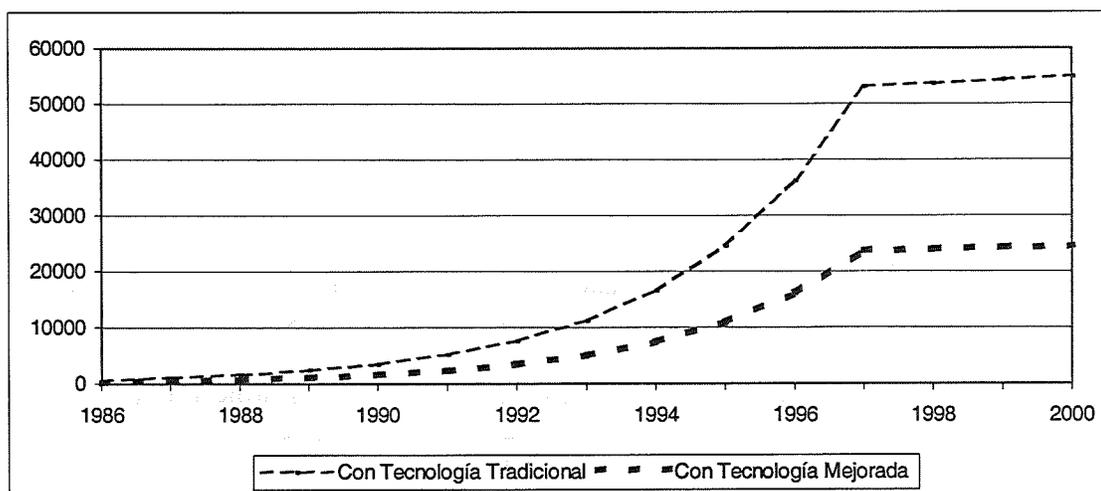
En el Caquetá las estimaciones del ahorro de tierra debido al empleo de nuevas Brachiarias llegaron a 30 mil hectáreas en el año 2000, bajo el supuesto ya señalado de reemplazo de potreros de brachiaria tradicional en la mitad de su vida productiva por pasturas mejoradas. (Figura 18)

La magnitud de las cifras anteriores es importante si se considera que el tamaño promedio de las explotaciones ganaderas en el área estudiada del Caquetá, no supera las 160 hectáreas. La encuesta de 1997, como ya se anotó, muestra un incremento del uso de pastos mejorados en esa región de Colombia, una reducción de las áreas en descanso y un ligero incremento, en términos absolutos y relativos, de las zonas de reserva forestal de las fincas ganaderas (Rivas y Holmann, 2000)

Cuadro 10. Ahorro de tierra en los Llanos Orientales por el uso de pastos mejorados. Zona de Puerto López – Puerto Gaitán. 1978-2000 (hectáreas)

Año	<i>A. gayanus</i>	<i>B. humidicola</i>	<i>B. dictyoneura</i>	Asociaciones	Total
1978	259	128			387
1979	338	206		371	915
1980	441	331		535	1307
1981	575	532		771	1878
1982	751	854		1112	2717
1983	981	1372		1603	3956
1984	1281	2204		2312	5797
1985	1672	3541		3333	8547
1986	2193	5689	77	4806	12755
1987	2850	9140	231	6929	19151
1988	3721	14684	698	9991	29094
1989	4858	23590	2106	14405	44960
1990	5683	30544	3364	23657	63248
1991	6648	39548	5372	38849	90417
1992	7777	51206	8579	63799	131361
1993	7788	52676	9482	71014	140960
1994	7799	54188	10479	79045	151512
1995	7810	55744	11582	87985	163121
1996	7821	57345	12800	97935	175901
1997	7832	58991	14147	109011	189981
1998	7843	60685	15635	121339	205503
1999	7854	62427	17250	135062	226624
2000	7865	64219	19099	150337	241520

Figura 20 Volumen de tierra con y sin nuevas Brachiarias Caquetá, 1986-2000



8. Impacto del cambio técnico en producción de arroz en Colombia y en A&O

El cultivo de arroz en el país y en la región de interés es de gran importancia socioeconómica por la magnitud del área sembrada, el nivel de producción alcanzado y por constituirse en un alimento básico en muchas regiones de Colombia. Este cultivo es líder en lo referente a adopción de nuevas tecnologías de producción, observándose un rápido crecimiento de su productividad en el transcurso de las últimas décadas.

La gran dinámica del cultivo en Colombia, como un todo, se aprecia en la región objetivo especialmente en la Orinoquia. En 1981 en A&O el arroz ocupaba 69.3 mil hectáreas, 36% del área en cultivos de esa región, y producía 298 mil toneladas de arroz paddy. A fines de la década del 90, el área plantada se había más que duplicado, situándose alrededor de 155 mil hectáreas, para una producción total de casi 730 mil toneladas. (Rivas, 2000) El avance de los rendimientos en producción de arroz en A&O, es un de los principales indicadores del progreso técnico en esa región de Colombia. En efecto en el período 1967-1997 los rendimientos crecieron desde 1509 a 4530 kg/ha. (Cuadro11)

Cuadro 11. Producción, área y rendimientos de arroz en Colombia. 1967-1997

Región	Producción ('000 tm)		Área cultivada ('000ha)		Rendimiento (kg/ha)	
	1967	1997	1967	1997	1967	1997
Central 1/	205 (31.0)	688 (37.6)	70.7	112.8	2902	6102
Llanos 2/	119 (18.0)	571 (31.2)	78.9	126.1	1509	4530
Bajo Cauca 3/	172 (26.0)	253 (13.8)	100.6	79.2	1709	3191
Costa Norte 4/	93 (14.0)	170 (9.3)	29.8	38.0	3105	4479
Santander 5/	33 (5.0)	104 (5.7)	20.3	20.4	1633	5109
Sur – Occidente 6/	40 (6.0)	44 (2.4)	15.5	13.5	2561	3244
Colombia	662 (100.0)	1830 (100.0)	315.8	390.0	2095	4693

() La cifra entre paréntesis corresponde a la distribución porcentual

1/ Central: Huila, Tolima, Caldas, Cundinamarca y Boyacá. 2/ Meta, Casanare, Arauca, Caquetá, Amazonas, Putumayo y Vichada. 3/ Antioquia, Bolívar, Córdoba y Sucre. 4/ Cesar, Guajira y Magdalena. 5/ Santander y Norte de Santander. 6/ Cauca, Valle, Nariño y Chocó.

Fuente: Cifras del Ministerio de Agricultura de Colombia, agrupadas según la regionalización de la producción aportada por Fedearroz (1997).

La adopción tecnológica ha estado íntimamente relacionada con cambios sustanciales en los sistemas de producción y en su distribución regional. En la primera mitad del siglo pasado, la producción arrocería del país se concentraba en la Costa Norte (28%) y el Magdalena Medio (35%), en tanto que la producción de los Llanos Orientales solo representaba el 6% del total del país (Scobie & Posada, 1977). La información del Ministerio de Agricultura para 1997 muestra una reducción sustancial de la participación de la Costa Norte en la oferta nacional de arroz, 9.3%, y un avance muy significativo de los Llanos Orientales, 31.2% (Cuadro 11)

Los estudios de Scobie & Posada (1977) y de Fedearroz (1997) documentan claramente como el predominio de los sistemas de producción de secano que prevalecieron en el escenario de la producción de arroz en la primera mitad del siglo XX, ha declinado paulatinamente. En 1954 ellos representaban el 42% de la producción total, en 1975 esa

proporción había caído a 9% y en 1997 solo llegó a 2%. Entre 1981 y 1997 el área cultivada bajo el sistema de secano manual cayó de 200 a 28 mil hectáreas. (Fedearroz, 1997)

El desarrollo tecnológico que aportó variedades de alto rendimiento que se utilizan masivamente en los sistemas de producción bajo riego y de secano mecanizado, implicó como ya ha dicho, importantes avances de la producción, la productividad y el consumo en Colombia. La adopción tecnológica ha sido permanente y dinámica. Los principales indicadores del progreso técnico alcanzado son el empleo de insumos modernos como la semilla certificada y uso de equipos cada vez mas sofisticado como tractores y cosechadoras. (Fedearroz, 1997)

Con base en lo anterior y dada la heterogeneidad de los sistemas de producción a través de las regiones arroceras del país, se plantea que el impacto económico del cambio técnico resultó de distinta magnitud e intensidad por regiones y sistemas de producción.

8.1 Impacto económico del cambio técnico

Para evaluar el impacto *ex - post* de las nuevas tecnologías de producción de arroz en Colombia se utilizaron los modelos económicos MODEXC (Rivas, et al, 1999) y DREAM (Wood y Baixt, 1998), que evalúan el impacto tecnológico desagregando por región, sistema de producción, grupo social (productores y consumidores) y tipo de tecnología.

La base teórica de esos modelos se fundamenta en la teoría Marshalliana de excedentes económicos, tanto a productores como a consumidores. A partir de una situación de equilibrio del mercado, un factor exógeno – la tecnología – cambia la oferta inicial, incrementando las cantidades ofrecidas, a menores costos por unidad de producto y generando un flujo de beneficios económicos, que reciben tanto los productores como los consumidores.

Los desplazamientos de la función de oferta, están sincronizados con el proceso de adopción tecnológica, por lo cual los modelos simulan la difusión y adopción de la nueva tecnología a través del tiempo y estiman los flujos anuales de beneficios tecnológicos. (Rivas et al, 1999)

En los cálculos iniciales se empleó MODEXC para estimar los beneficios sociales del país como un todo, la Amazonia & Orinoquia y el resto de Colombia (excluida A&O).

Con el modelo DREAM se efectuó una mayor desagregación regional, al considerarse 6 regiones ganaderas y dos sistemas de producción. Las regiones consideradas fueron: Central, Llanos Orientales y Amazonia, Bajo Cauca, Costa Norte, Santanderes y Sur Occidente. Los sistemas de producción evaluados fueron riego y secano mecanizado considerados como uno solo y el secano manual. La distribución geográfica de la producción se presenta en el Cuadro 11.

En la región Central, la más importante en cuanto a volumen de producción, se destacan los departamentos del Tolima y Huila, que presentan los mayores niveles tecnológicos con predominio del sistema de riego. En los Llanos Orientales, la segunda región en importancia, el grueso de la producción se genera en los departamentos del Meta, Casanare y Arauca. En el primero se utiliza frecuentemente el sistema irrigado y el secano mecanizado. En el Casanare predomina el riego y en Arauca el más común es el secano mecanizado. (Fedearroz, 1997)

El bajo Cauca que incluye los departamentos de Antioquia, Bolívar, Córdoba y Sucre, exhibe niveles tecnológicos relativamente bajos, debido al predominio del secano manual. En la Costa Norte del país una alta proporción de su producción se genera en condiciones de riego. Los Santanderes y el Sur Occidente son áreas arroceras relativamente marginales, que en conjunto no superan el 10% de la producción nacional. El hecho relevante es que, la adopción de nuevas tecnologías arroceras ha sido masiva tanto en los Llanos Orientales como en el resto del país. Se puede asegurar que la totalidad de los productores de riego y de secano mecanizado, está utilizando exitosamente las nuevas variedades generadas por los sistemas de investigación nacional e internacional.

El secano manual se ha rezagado ante la carencia de tecnologías apropiadas, quienes lo emplean han perdido competitividad y sus áreas sembradas han declinado notoriamente. En 1961 este sistema predominaba en Colombia, ocupando el 56% del área cultivada. Progresivamente ha caído su importancia y en 1997 aparecía solo en el 7% de la superficie arroceras del país. (Fedearroz, 1998)

La adopción tecnológica ha inducido reducciones del precio al consumidor e incrementos sustanciales del consumo nacional por habitante. Entre 1967 y 1997 el precio real al consumidor declinó casi en una tercera parte. (Figura 21) En ese mismo período, el consumo subió 64% al pasar de 20.7 a 33.9 kg/persona/año. (FAO, 1999)

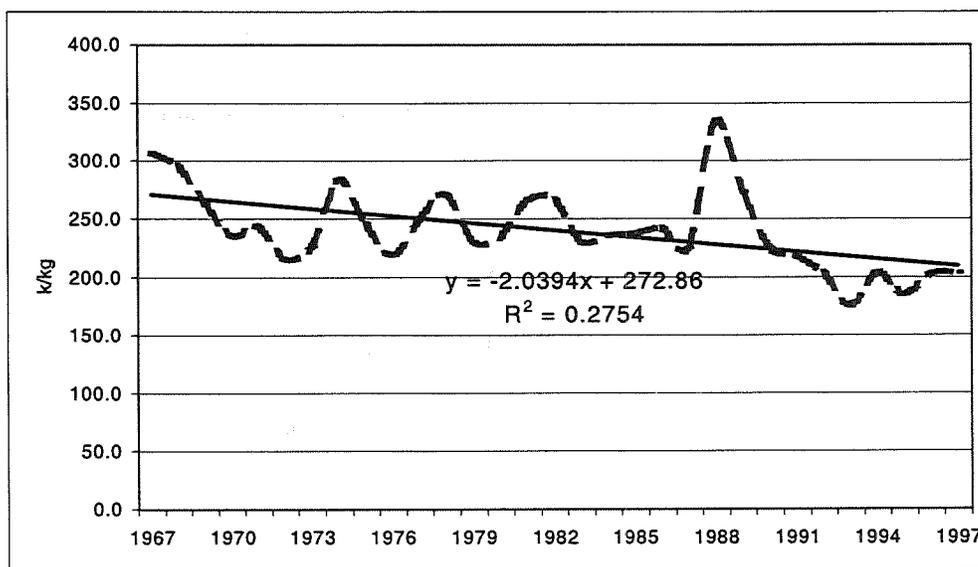
No obstante la modernización del cultivo, los incrementos en producción se han comercializado dentro del mercado doméstico. Colombia no ha logrado consolidar una posición estable como exportador neto en el mercado mundial de éste cereal. Analizando las series históricas, se observa que se intercalan períodos de pequeños excedentes exportables, con otros en los que las importaciones son imprescindibles, para satisfacer el consumo interno. (Cuadro 12)

Los modelos matemáticos utilizados en la evaluación, parten de un sistema simultáneo de ecuaciones que representan las condiciones de oferta y demanda en el mercado de arroz en Colombia. En el caso de MODEXC tales ecuaciones son del tipo Cobb Douglas, en tanto que en DREAM son funciones lineales del precio como variable independiente y la cantidad como variable dependiente.

La formulación de MODEXC corresponde a un mercado nacional de arroz, en el cual las tecnologías que se adoptan, desplazan la curva de oferta del mercado nacional de arroz.

El enfoque DREAM corresponde a múltiples mercados regionales, que tienen sus propias funciones de oferta y demanda y que se integran horizontalmente.

Figura 21 Precios Reales de Arroz al Consumidor en Bogotá
\$ de 1990/kg



1/ Precios de arroz de primera, deflactados por el Índice de Precios al Consumidor 1990=100
Fuente: Cálculos basados en cifras del DANE y el Banco de la República

Cuadro 12 Producción, Comercio, Consumo y Autosuficiencia de arroz en Colombia 1/

Período	Producción (00tm)	Importaciones netas ("000 tm)	Consumo (Kg/habitante/año)	Índice de autosuficiencia
1960 – 1969	417	2	21.1	99.5
1970 – 1970	888	-23	34.4	102.7
1980 – 1989	1184	-13	37.4	101.1
1990 – 1999	1172	97	33.2	92.3

1/ Las cifras corresponden a los valores promedios de cada década
Fuente: Cálculos basados en cifras de la base datos de la FAO.

Ambos modelos consideran factores autónomos, independientes de las tecnologías evaluadas, que afectan la dinámica de los mercados. La adopción tecnológica se simula mediante una función logística o sigmoide, que reproduce el efecto de la adopción y difusión de las nuevas tecnologías sobre la oferta del mercado.

A manera de ilustración se presenta el sistema de ecuaciones simultáneas usado en la formulación de MODEXC.

$$D_{a,t} = \beta(1 + \Omega)^t P^n \quad (1)$$

$$S_{a,t} = c(1 + \theta)^t (P - mK)^d \quad (2)$$

$$D_{a,t} = S_{a,t} \quad (3)$$

donde:

$D_{a,t}$ = Cantidad del producto a demandada en el mercado en el período t

Ω = Tasa anual de crecimiento de la demanda del producto a por factores autónomos

β = Intercepción de la función de demanda

η = Elasticidad precio de la demanda del producto a

$S_{a,t}$ = Cantidad del producto a ofrecida en el mercado en el período t

θ = Tasa anual de crecimiento de la oferta del producto a por factores autónomos

P = Precio de mercado del producto a

K = Factor de desplazamiento de la función de oferta debido a la adopción tecnológica

m = precio mínimo de oferta del producto a.

c y d = Constantes de la función de oferta; t = tiempo

Los parámetros utilizados por los modelos son de dos clases: tecnológicos y económicos. Los primeros se relacionan con el uso de la nueva tecnología, los niveles de productividad logrados, la reducción de costos, las áreas afectadas y los niveles de producción obtenidos.

Los parámetros tecnológicos se sintetizan en un coeficiente que en la literatura sobre el tema se conoce como K , o factor de desplazamiento de la función de oferta. (Véase ecuación 2) Este factor, se puede medir de dos maneras: 1) Como un desplazamiento horizontal de la oferta (aumento porcentual de la cantidad producida) y 2) Como un desplazamiento vertical de la oferta, en cuyo caso se interpreta como una reducción porcentual de los costos unitarios de producción.

A través de la elasticidad de oferta es posible transformar el desplazamiento horizontal en su equivalente vertical, de la siguiente forma:

$$\ell_p = \frac{\partial \%Q}{\partial \%P} \quad (4)$$

Siendo : ℓ_p = Elasticidad precio de oferta

$\partial\%Q$ = Cambio porcentual en cantidad

$\partial\%P$ = Cambio porcentual en precio, por lo tanto:

$$\partial\%Q = \partial\%P \ell_p : \text{Desplazamiento horizontal} \quad (5)$$

$$\partial\%P = \frac{\partial\%Q}{\ell_p} : \text{Desplazamiento vertical} \quad (6)$$

El K horizontal se calculó a partir de la formulación que aparece en la ecuación 7

$$K_i = \frac{Q_{0,c} + \partial Q_i}{Q_{0,c}} \quad (7)$$

Siendo $Q_{0,c}$ la producción observada en Colombia en el año inicial y ∂Q_i el cambio en términos absolutos de la producción en la región i, entre el año inicial (1967) y el año final. (1997) Una vez estimado el K horizontal, se calculó el K vertical tal como se plantea en la ecuación 6.

El modelo MODEXC se corrió asumiendo un desplazamiento de la oferta de tipo horizontal y el DREAM uno de tipo vertical.

En el Cuadro 13 aparecen los valores de K para las regiones arroceras del país.

Cuadro 13. Valores del factor de desplazamiento de la función de oferta (K) en las regiones arroceras del país

Región	K horizontal (aumento porcentual de la producción)	K vertical (reducción porcentual de los costos unitarios de producción)
Centro	73.0	91.3
Llanos	68.3	85.4
Bajo Cauca	12.2	15.2
Costa Norte	11.7	14.7
Santanderes	10.8	13.5
Sur - Occidente	0.6	0.8
Colombia	176.7	220.9

Los parámetros económicos permiten introducir al modelo las especificidades propias del mercado de un determinado producto, en este caso el arroz, en términos de elasticidades precio de oferta y demanda, precio mínimo de oferta, tasas de crecimiento autónomo de oferta y de demanda y la situación de equilibrio inicial de dicho mercado, antes de producirse el proceso de adopción tecnológica. Los parámetros económicos utilizados se presentan en el Cuadro 14.

Estos coeficientes están dentro de los rangos que marcan diversos estudios que han analizado el mercado colombiano de arroz, entre los cuales están: Gutiérrez y Hertford, 1974; Sanint et al, 1985; Scobie y Posada, 1977; Gutiérrez, 1996.

Cuadro 14. Parámetros Económicos utilizados para la evaluación del Impacto de la Adopción de Nuevas Tecnologías de Arroz en Colombia

Parámetro	Valor
Elasticidad precio de oferta (ρ)	0.80
Elasticidad precio de demanda (η)	-0.50
Precio mínimo de oferta - \$ de 1997/tm - (m) 1/	308.0
Precio inicial de equilibrio - \$ de 1997/tm - (P_0) 1/	592.7
Cantidad inicial de equilibrio - 000tm - (Q_0)	661.5
Tasa de crecimiento autónomo de la demanda (Ω)	2.7
Tasa de crecimiento autónomo de la oferta (θ)	2.6

1/ Precios de 1967, expresados en \$ de 1997

Debido a que el proceso de adopción tecnológica en arroz, ha sido muy dinámico lográndose el techo de adopción en unos pocos años, contrario a lo que sucede con las pasturas, se le considera como un proceso maduro y masivo, en el cual las nuevas variedades y técnicas de producción son rápidamente adoptadas a escala de finca.

El cambio técnico observado ha sido de gran intensidad y cobertura. La gran mayoría de los productores del país usan permanentemente las nuevas variedades y métodos de producción de arroz, tan pronto son liberados por los sistemas de investigación nacional e internacional. Solo productores muy marginales, pertenecientes al sistema de secano manual, han quedado por fuera del cambio técnico.

El impacto del desarrollo tecnológico sobre la producción y los precios de mercado ha sido muy importante. En el período 1967-1997 la producción colombiana de arroz más que se duplicó y los precios reales del mercado declinaron 42%. En A&O durante el período de análisis la producción se incrementó en 378%. Los rendimientos del cultivo crecieron notoriamente, 176% en promedio para todo el país y 380% en A&O.

(Cuadro15)

Cuadro 15. Evolución de la producción, la superficie cultivada y los rendimientos de arroz en Colombia: 1967-1997

Región	Crecimiento porcentual acumulado de:		
	Producción	Area	Rendimiento
Centro	235.6	59.6	110.3
Llanos	379.6	59.8	200.2
Bajo Cauca	46.9	-21.3	86.7
Costa Norte	83.8	27.4	44.2
Santanderes	215.4	0.8	212.8
Sur - Occidente	10.7	-12.6	26.7
Colombia	176.7	23.5	124.1

Fuente: Fedearroz, varios años.

Las figuras 22 y 23 muestran las cantidades y precios anuales de equilibrio, observadas y estimadas a través del período de evaluación, por los modelos aplicados.

Figura 22. Precios de equilibrio Observados y Estimados
Colombia: Mercado de Arroz, 1967-1997

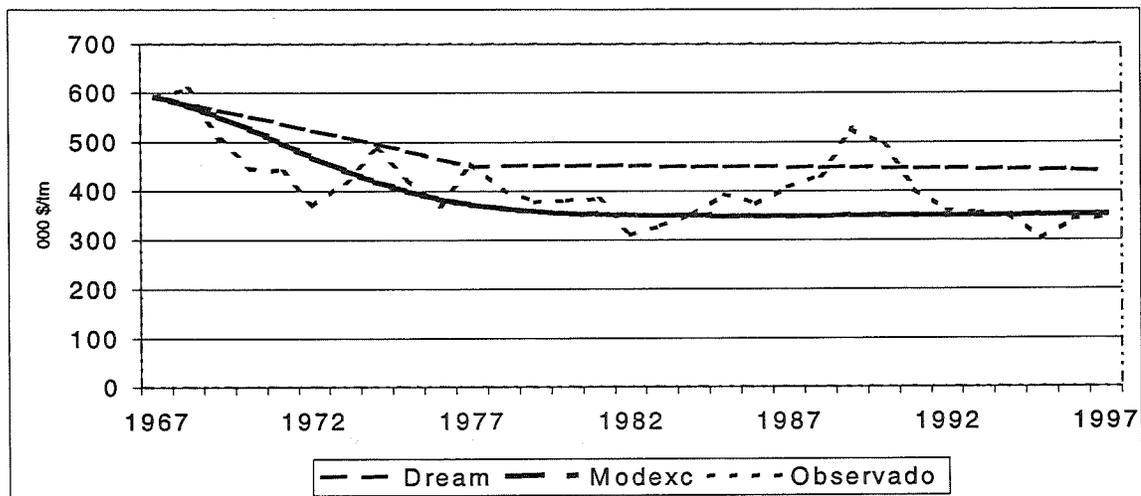
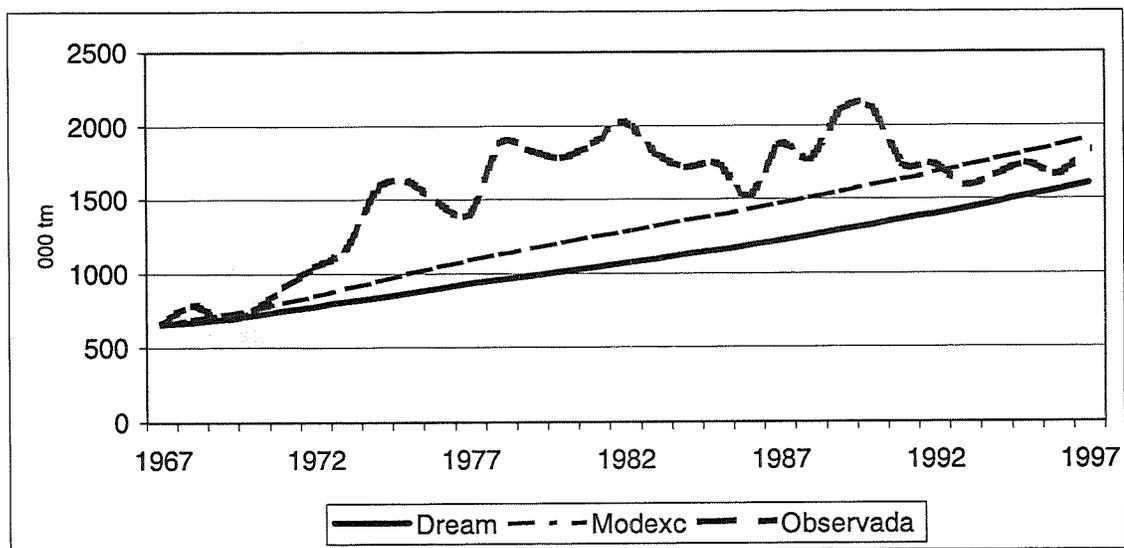


Figura 23. Cantidades de equilibrio Observadas y Estimadas
Colombia: Mercado de Arroz, 1967 - 1997



Las ganancias en productividad permitieron expandir sustancialmente la producción, con un incremento muy moderado de las superficies cultivadas. En efecto, el área arrocera total en Colombia durante el período observado creció 24% y en A&O 60%.

Para estimar el valor de los beneficios sociales según regiones geográficas y consumidores y productores, se corrieron los modelos con los parámetros técnicos y económicos anteriormente descritos. El valor presente total de los beneficios sociales logrados (VP), luego de un proceso de 30 años de cambio técnico, en el que las variedades mejoradas de arroz fueron adoptadas masivamente tanto en Colombia en conjunto como en la Amazonia & Orinoquia del país, se muestran en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Beneficios sociales de la adopción tecnológica en arroz. Colombia, Amazonia y Orinoquia: 1967-1997. (valores en US\$ millones) 1/

Modelo	Valor presente (VP, i=10%)	Anualidad (A, i=10%)
MODEXC		
Colombia	1283	136
A&O	495	53
Resto de Colombia	788	84
DREAM		
Colombia	1454	154
A&O	450	48
Resto de Colombia	1004	107

1/ Cifras en pesos de 1997, convertidas a US\$ usando la tasa de cambio de \$col 1141/ 1us\$.

El VP estimado para Colombia en conjunto de los beneficios recibidos por productores y consumidores se sitúa entre 1.3 y 1.4 billones de dólares, equivalente a flujo anual que ésta entre 136 y 154 millones de dólares, durante lapso de 30 años.

Para tener mejor idea de la magnitud relativa de las cifras anteriores, se anota que en 1997 la producción colombiana de arroz se estimaba en US\$ 551 millones a precios al productor y en US\$ 1.4 billones a precios al consumidor. Dado lo anterior, la anualidad estimada (US\$ 136 –154 millones), representa entre un 10 y un 28% del valor de la cosecha de arroz de ese año, dependiendo de los precios utilizados para valorarla.

El VP de los beneficios aportados por la modernización del cultivo de arroz en A&O se estimó ubica en el en el rango US\$450 - 495 millones. (Cuadro 16)

Los beneficios totales atribuibles a la adopción tecnológica en A&O, equivalen a una fracción que varía entre el 30 y el 39% de los beneficios globales estimados para el país. Lo anterior, refleja la importancia indiscutible de A&O en la economía arrocera nacional.

El cambio tecnológico evaluado, concentró la mayor parte de beneficios en los consumidores, debido a la fuerte reducción de los precios reales al consumidor. Los resultados de DREAM señalan que si bien el beneficio total recibido por los productores es positivo e importante en cuanto a magnitud, no todos ellos, en todas las regiones productoras y en todos los sistemas de producción de arroz, resultaron ganadores en el proceso de modernización de ese cultivo en el país. (Cuadros 17 y Figura 24)

Los beneficios al productor se concentraron en la Región Central de Colombia y en el área de los Llanos Orientales. En esas dos regiones, se aprecian altas tasas de crecimiento

de las áreas plantadas, asociadas con rápidos avances de los rendimientos. Lo anterior, derivó en incrementos sustanciales de la oferta en esas regiones del país.

Cuadro 17. Distribución de los beneficios sociales del cambio técnico en arroz según regiones productoras (US\$ millones)

Región	Valor Presente (VP, 10%)	
	Productores	Consumidores
Central	556.2	
Llanos Orientales	231.9	
Bajo Cauca	-84.3	
Costa Norte	-53.4	
Santanderes	-25.3	
Región Sur - Occidental	-44.1	
Colombia	580.7	873.5
	1454.2	
Distribución porcentual (%)	39.9	60.1

En las regiones en donde el área cultivada se redujo durante el período de análisis, como el Bajo Cauca y la región Sur – Occidental, se presentaron excedentes negativos para los cultivadores de arroz. La región santandereana, con tasas muy bajas de expansión de las áreas cultivadas, a pesar de mostrar rápidos avances de la productividad del cultivo, también presentó pérdidas netas para los arroceros.

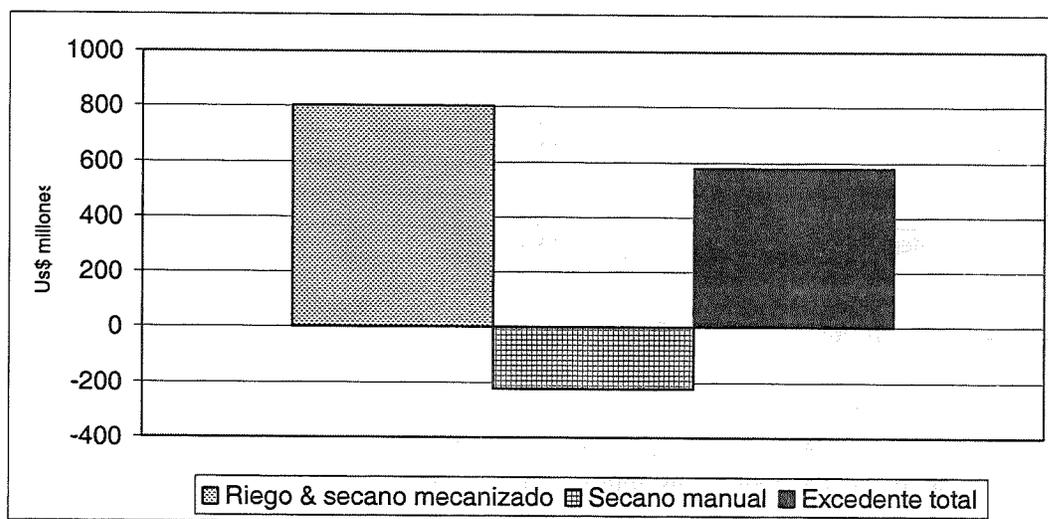
Al desagregar los beneficios totales capturados por los productores de arroz según el sistema de producción utilizado, se encontró que los ganadores netos en este proceso de cambio técnico, fueron aquellos sistemas de producción que pudieron apropiarse del nuevo germoplasma, de los novedosos métodos de cultivo y de los insumos modernos, los cuales propiciaron los avances de la productividad, que en definitiva resultaron en sustanciales reducciones de los costos unitarios de producción. Estos fueron los sistemas mecanizados, tanto en condiciones de riego como de secano. La totalidad de las ganancias obtenidas por los productores se concentraron en esos sistemas. (Figura 24)

El tradicional secano manual permaneció al margen del proceso de cambio técnico, sus áreas plantadas como reiteradamente se ha señalado mostraron un acentuado declive, en tanto que sus rendimientos se estancaron. Este sistema de producción que en la actualidad es característico de las áreas más marginales y frágiles desde la óptica ambiental, es frecuentemente utilizado por colonos, minifundistas y aparceros, quienes muchas veces lo utilizan como cultivo introductorio en el proceso de desarrollo de nuevas áreas ganaderas. Resulta muy coherente que la región del Bajo Cauca presente beneficios negativos a los productores, ya que es la principal región que utiliza el sistema de secano en Colombia. Es probable que algunas áreas arroceras que antiguamente estuvieron en secano manual se hayan reconvertido principalmente a secano mecanizado, en tanto que los cultivadores que no lo hicieron, paulatinamente fueron desplazados y se constituyeron en perdedores netos en el proceso de cambio técnico.

La tecnología evaluada representa el conjunto de nuevas opciones de germoplasma, insumos y formas de producción, adoptadas por los productores durante ese período y los esfuerzos de diversas instituciones nacionales e internacionales que hicieron

contribuciones de diferente naturaleza, tanto en el desarrollo de las nuevas técnicas como en los procesos de extensión y de difusión.

Figura 24. Distribución de los beneficios capturados por los productores de arroz según sistema de producción



Los resultados anteriores sugieren que a pesar de que el cambio tecnológico en un cultivo específico se justifique plenamente por el alto nivel de beneficios recibidos por la sociedad, es preciso reconocer que algunos actores en el sector donde ocurre la modernización pueden resultar perdedores, bien pueden ser productores individuales, regiones geográficas específicas o sistemas de producción.

La implicación es que el portafolio de programas y proyectos de investigación debe ser muy variado, para buscar por un lado la diversificación de la producción agropecuaria y por otro para ofrecer alternativas productivas a aquellos que por sus condiciones particulares, no adoptan ciertas tecnologías y puedan resultar perdedores en un proceso de cambio técnico.

9. Ahorro de tierra por el uso de mejores tecnologías de arroz

Como se señaló anteriormente los incrementos de productividad implican un ahorro de tierra, ya que se pueden generar mayores volúmenes de producción con los mismos o menores recursos de tierra que se empleaban con la tecnología tradicional.

El alza dramática de la producción por hectárea en Colombia y en la Amazonia y Orinoquia, ha conllevado un importante ahorro de tierra. Se estima que en 1999, en todo el país las nuevas tecnologías de producción permitieron un ahorro cercano al medio millón de hectáreas. De ese total aproximadamente un 39% (186 mil hectáreas) se ubica en A&O. El ahorro de tierra del año en referencia en Colombia equivale al 110% de la superficie cultivada en ese año. Lo anterior significa que de no haber ocurrido la

modernización de la producción arrocera en el país, el área cultivada que en 1999 era de 431 mil hectáreas, se hubiese más que duplicado, llegando a 905 mil hectáreas.

Se estima que en A&O hacia 1997 y en condiciones de tecnología tradicional, el cultivo de arroz hubiese ocupado una superficie de 308 mil hectáreas, más del doble de las que efectivamente utilizó. En las Figuras 25 y 26 se ilustra la evolución en el tiempo del ahorro de tierra en Colombia y en A&O, propiciado por la modernización del cultivo.

Figura 25. Impacto del cambio tecnológico sobre el uso de tierra en el cultivo de arroz en Colombia: 1967- 1999

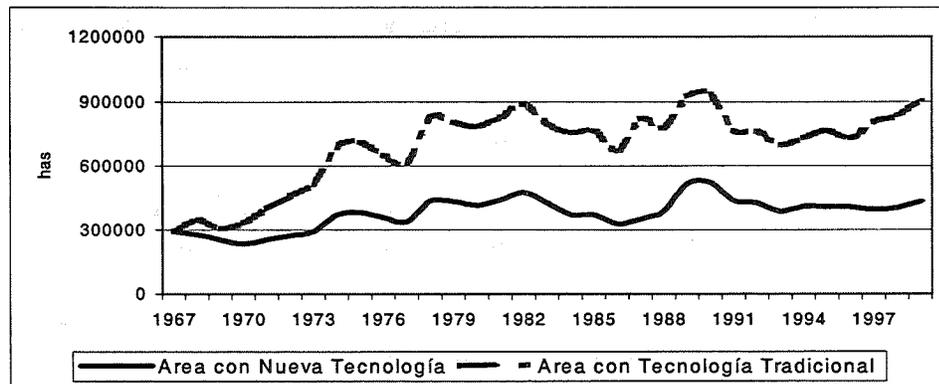
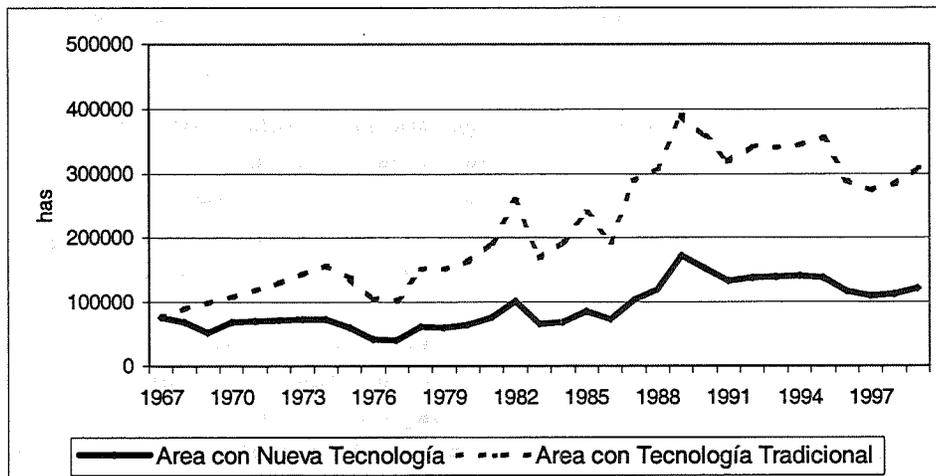


Figura 26. Impacto del cambio tecnológico sobre el uso de tierra en el cultivo de arroz en A&O: 1967- 1999



10. Conclusiones

En el presente estudio se ha efectuado una evaluación del impacto *ex-post* de los procesos de adopción de nuevas tecnologías de producción, en dos actividades agropecuarias muy importantes en A&O como son la ganadería vacuna y el cultivo del arroz.

Las dos presentan patrones de adopción contrastantes que responden a distintas particularidades económicas, de calidad y cantidad de recursos disponibles, de organización gremial, de disponibilidad de insumos y de infraestructura, que enfrenta cada una de ellas.

El desarrollo y adopción de nuevas tecnologías de arroz ha sido uno de los éxitos de mayor resonancia tanto en Colombia, como en América Latina en general. Por tratarse de un cultivo de ciclo corto, una elevada proporción de las inversiones y de los gastos del cultivo se recuperan en un lapso relativamente breve.

En contraste la ganadería, en particular la de tipo extensivo como la de A&O, presenta ciclos de producción de 4, 5 y hasta más años, que implican mantener una alta proporción del capital de la finca (pastos y ganado) inmovilizado durante el ciclo productivo. Esto determina que el productor ganadero frente al de arroz, tiene menor flexibilidad para cambiar sus estrategias de producción y sus decisiones de inversión. Estas particularidades ayudan a explicar, aunque sea parcialmente, las diferencias observadas en los patrones de adopción.

La evaluación del impacto de la adopción de nuevos forrajes se efectuó en dos áreas muy específicas de la región bajo estudio. Aprovechando los trabajos de seguimiento de la adopción de pastos, efectuados en el pasado por CIAT en la zona de Puerto López – Puerto Gaitán en la Altillanura colombiana y en el Caquetá, se estimaron en términos monetarios, los incrementos de productividad implicados en el proceso de adopción de nuevas pasturas.

Aunque la adopción de pasturas no ha sido tan generalizado como la del arroz, las observaciones de la región de Puerto López- Puerto Gaitán, permiten inferir que hubo gran dinámica en el uso de nuevos materiales forrajeros como las brachiarias y las pasturas mezcladas de gramíneas y de leguminosas. El gran interrogante que surge es si esa dinámica se mantuvo en las fases posteriores al período de observación. (1978-1992)

Las difíciles condiciones económicas y de orden público de la nación, en especial durante los tres últimos años de la década pasada no permiten albergar mucho optimismo con respecto a la expansión de la superficie en pastos mejorados en A&O. En consecuencia, se adoptaron supuestos muy conservadores para estimar las superficies en pasturas del período 1993-2000.

La otra región evaluada fue el piedemonte del Caquetá, en donde el CIAT conjuntamente con la firma Nestlé de Colombia, efectuó dos muestreos en fincas ganaderas en los años 1986 y 1997, para estudiar la adopción de pasturas en esa región del país. Al igual que en

los Llanos, en el Caquetá las nuevas pasturas presentaron un alto ritmo de crecimiento, observándose un importante proceso de sustitución de pasturas nativas por pastos mejorados y una mayor diversificación del germoplasma forrajero, en un proceso donde la *Brachiaria decumbens*, el pasto mejorado más común, progresivamente ha sido reemplazado por las nuevas especies de brachiaria: dictyoneura, humidicola y brizantha.

Para elaborar las estimaciones de las áreas en pastos mejorados del periodo posterior al de observación y por las razones anotadas, se adoptaron supuestos conservadores sobre el crecimiento del área en pastizales.

La evaluación se efectuó aprovechando la información obtenida en trabajos pasados del CIAT en la región bajo análisis, en particular en el caso de las pasturas. En cierta forma es tomar la historia, para elaborar proyecciones, pero teniendo la precaución de que el pasado no es totalmente extrapolable, ya que muchas de las condiciones económicas, sociales y políticas que tuvieron vigencia en el pasado, en la actualidad han desaparecido.

Para la evaluación del cultivo de arroz se contó con información histórica, tanto de CIAT como de otras fuentes nacionales.

Debido a diferencias en calidad de la información disponible, en intensidad y cobertura de los dos procesos de adopción estudiados - ganadería y arroz - se emplearon enfoques metodológicos diferentes para estimar el impacto logrado.

La evaluación ganadera incluye los impactos sobre la productividad y sobre el uso de tierra. La de arroz es más completa e integra las ganancias en productividad, las reducciones del precio de mercado que generan beneficios a consumidores y el ahorro de tierra debido al empleo de mejores técnicas productivas.

En ambos casos el impacto obtenido en términos económicos es muy significativo: Para comparar los logros en pasturas como los de arroz, es conveniente tener presente que: En las primeras se ha considerado período más corto, en áreas específicas de A&O. En el segundo, la evaluación representa tres décadas de cambio técnico, de gran intensidad y cobertura no solo en A&O sino en todo el país.

El Valor Presente de las ganancias de productividad debidas a la adopción de nuevas pasturas en la zona de Puerto López - Puerto Gaitán se estima que puede llegar a US\$ 44 millones, equivalentes a una anualidad de US\$ 5 millones, durante el período 1978-2000.

En el piedemonte del Caquetá en el período 1986 –2000 el VP se estima en US\$ 23 millones, que anualizados equivalen a US\$ 3 millones.

El ahorro en tierra relacionado con el cambio técnico observado en el año 2000 se estima en un cuarto de millón de hectáreas en Puerto López – Puerto Gaitán y cerca de 30 mil hectáreas en el piedemonte caqueteño.

Para la evaluación del impacto económico del cambio técnico en arroz en Colombia y en A&O se utilizaron dos modelos económicos MODEXC y DREAM. Independiente del modelo utilizado, se concluye que el impacto económico resultante de la adopción tecnológica en el cultivo de arroz, fue de gran magnitud en Colombia en general y en A&O en particular, en términos monetarios y en ahorro de tierra utilizada por el cultivo.

Para el país en conjunto los beneficios económicos del período 1967-1997, expresados como valor presente se estiman entre US\$ 1.3 billones. (MODEXC) y 1.4 (DREAM) Expresados como un flujo anual, tales beneficios se sitúan en el rango 136 – 154 millones de dólares. Para dar idea de la magnitud relativa de estas cifras, se anota que la producción colombiana de arroz en 1997 valorada a precios al productor se calculó en US\$ 551 millones y en US\$ 1.4 billones a precios al consumidor.

Los beneficios del cambio técnico en arroz en la región de interés se estimaron en US\$ 495 millones de acuerdo a MODEXC y en US\$ 450 millones según DREAM. El flujo anualizado de estos beneficios está en el rango 48 –53 millones de dólares.

Dada la acentuada caída de los precios reales al consumidor durante el período evaluado y el limitado nivel de apertura del mercado de arroz, los beneficiados de la adopción de nuevas tecnologías se concentraron principalmente en los consumidores.

A&O se caracteriza por su baja densidad de población, lo cual le permite ser una exportadora neta de alimentos y materias primas al resto del país. En consecuencia una parte importante de los beneficios que se deriven de la modernización de su sector agropecuario, favorecerá ampliamente a los consumidores urbanos del resto de Colombia.

Los beneficios tecnológicos estimados en forrajes y arroz son el resultado del esfuerzo conjunto de numerosas entidades nacionales e internacionales, públicas y privadas, que han colaborado en la modernización del sector agropecuario nacional y de la región de referencia, en particular.

Resulta difícil identificar exactamente la contribución individual de cada una de ellas, sobre todo si se considera que se trata de una función de producción tecnológica, en el que cada insumo institucional, es absolutamente necesario para que los otros expresen plenamente su potencial.

Es difícil y complejo determinar todos los costos y las inversiones efectuados por las diversas instituciones, por esto elaborar indicadores de la eficiencia económica de las inversiones efectuadas, como tasas internas de retorno (TIR) o relación beneficio/costo (B/C), no es posible. Sin embargo, hay que anotar los montos de los beneficios superan largamente los gastos anuales en investigación y desarrollo. ISNAR elaboró una encuesta en el país para estimar las inversiones en ciencia y tecnología de los sectores público y privado y estimó que a comienzos de los años 90, tales gastos estaban alrededor de US\$100 millones, expresados en dólares constantes de 1985. (Falconi & Pardey, 1993)

En los procesos de cambio técnico evaluados, es importante destacar el rol que han desempeñado los Centros Internacionales de investigación como el CIAT y el IRRI, en un esfuerzo conjunto con las instituciones nacionales, para lograr estos impactos tecnológicos. Esto pone de presente que este tipo de asociaciones resultan muy beneficiosas y potencializan el esfuerzo nacional por hacer más eficiente y sostenible la producción agropecuaria.

Los resultados de la evaluación efectuada, permiten plantear una reflexión sobre el impacto del cambio técnico y su dimensión temporal. Para llevar a cabo los ejercicios de evaluación del impacto técnico, se requiere una visión de largo plazo, que se enmarca dentro de un proceso en el cual a través de los años se van logrando resultados intermedios, que conducen a los impactos finales de largo plazo. Estos últimos están más íntimamente ligados con las metas sociales de desarrollo, tales como alivio de la pobreza, conservación del medio ambiente y de los recursos naturales y crecimiento de la economía.

Lo anterior implica que es preciso un seguimiento (monitoreo) sistematizado de los resultados intermedios que se van logrando a medida que avanza la investigación, con el propósito de entender los procesos, aplicar los correctivos necesarios cuando se detecten fallas o cuellos de botella y de esta manera asegurar que el trabajo de investigación y desarrollo efectuado, tenga a largo plazo un claro y significativo impacto social.

10. Referencias

- Cadavid, José Vicente; Carlos Seré; Raúl Botero y Libardo Rivas (1990) Adopción de Pastos en la Altillanura Oriental de Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Programa de Pastos Tropicales, Sección de Economía, Mimeografiado, Cali, Colombia, Julio.
- Cadavid Herrera, José Vicente (1995) Comportamiento y Limitantes de la Adopción de Pastos y de Cultivos Asociados en Los Llanos Orientales de Colombia, Tesis de Maestría en Economía aplicada, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas – Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Santiago de Cali, Colombia.
- Charry Sánchez, Alvaro (1980) Tipologización Económica de Tecnologías Ganaderas. Llanos Orientales de Colombia: Zona de Estudio; Costa Norte: Zona de Referencia. Universidad Nacional de Colombia – Instituto Colombiano Agropecuario, Tesis M.Sc., Bogotá, Colombia.
- Falconi Cesar and Philip G. Pardey (1993). Statistical Brief on the National Agricultural Research System of Colombia, ISNAR Indicator Series Project: Phase II, No 6, December.
- Fedearroz (1998) Arroz en Colombia 1980-1997, Santafé de Bogotá, D. C.

- Fedearroz (1998) Arroz en Colombia 1980-1997, Santafé de Bogotá, D. C.
- Fedearroz (1990). Primer Censo Nacional Arrocerero, División de Investigaciones Económicas, Bogotá, Colombia.
- Fedearroz (2000) II Censo Nacional Arrocerero, Fondo Nacional del Arroz, División de Investigaciones Económicas, Santafé de Bogotá, Abril.
- Gutiérrez Alemán Néstor y Reed Hertford (1974) Una Evaluación de las Intervenciones del Gobierno en el Mercado de Arroz en Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Folleto Técnico No. 4, Cali, Colombia.
- Gutiérrez Palacio, Uriel (1979) Evaluación Económica – Financiera de tecnologías disponibles con relación al tamaño de finca: El caso de la ganadería en los Llanos Orientales de Colombia. Universidad de los Andes. Facultad de Economía (PEG) Tesis de Maestría, Bogotá D.E., Colombia.
- Gutiérrez Alemán Néstor (1996) Análisis de los Costos de Producción para el Cultivo de Arroz en Colombia 1988 –1995, en: *Coyuntura Colombiana*, Bogotá, Marzo.
- Leal Monsalve, Darío (1994) Sistemas de Producción Agrícola Actuales y Potenciales en la Orinoquia. Universidad de Los Llanos. Instituto de Investigación de la Orinoquia Colombiana, Facultad de Agronomía y Recursos Naturales, Villavicencio, Colombia
- Michelsen Heike (1990) Análisis del Desarrollo de la Producción de Leche en la Zona Tropical Húmeda: El caso del Caquetá, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Documento de Trabajo No 60, Cali, Colombia, Enero.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Anuario de Estadísticas Agropecuarias, Santafé de Bogotá, D.C. varios años.
- Montes Gabriel, Ricardo Candelo y Ana Milena Muñoz de Gaviria (1980) La Economía del Arroz en Colombia. Departamento Nacional de Planeación, Unidad de Estudios Agrarios, en: *Revista de Planeación y Desarrollo*, Vol. XIII, No1, Enero – Abril.
- Pardo Barbosa Oscar, Alvaro Rincón Castillo y Hess Hans Dieter (1999) Alternativas Forrajeras para los Llanos Orientales de Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Boletín Técnico No 18, Villavicencio, Meta, Colombia, Junio.

- Rivas R., Libardo, Alvaro Ramírez & Carlos Seré (1990) Economic analysis of grazing trails: The case of *Brachiaria decumbens* versus *Brachiaria decumbens* with *Pueraria phaseoloides* on the Eastern Plains of Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Programa de Pastos Tropicales, draft, Cali, January.
- Rivas R., Libardo, 1997. Metodologías para la Evaluación de Adopción e Impacto de Pasturas Mejoradas: El caso de la Adopción Temprana de *Arachis pintoi* en Colombia en: Lascano C. y F Holmann (edit) *Conceptos y Metodologías de Investigación en Fincas con sistemas de Producción Animal de Doble Propósito*, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Consorcio Tropicheche, Cali, Colombia.
- Rivas Libardo y Federico Holmann (2000) Early Adoption of *Arachis pintoi* in the humid tropics: the case of dual-purpose livestock systems in Caquetá, Colombia. In: *Livestock Research for Rural Development: (12)*. 3.2000.
- Rivas R., Libardo (1999) Desarrollo Tecnológico y Crecimiento Económico en la Orinoquia y Amazonia colombianas. Pasado, Presente y Futuro. Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR – CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Proyecto de Evaluación de Impacto, Cali, Colombia, Junio.
- Rivas R. Libardo, James A. García, Carlos Seré, Lovell S. Jarvis, Luis R. Sanint and Douglas Pachico (1999) Economic Surplus Analysis Model (MODEXC), Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Proyecto de Evaluación de Impacto, Cali, Colombia, January.
- Sanint Luis Roberto, Libardo Rivas, Myriam Duque y Carlos Seré (1985). Análisis de los patrones de consumo de alimentos en Colombia partir de la encuesta de hogares Dane/Dri de 1981, en: Revista de Planeación y Desarrollo, vol. XVII, No 3, Bogotá, Septiembre.
- Scobie Grant M. and Rafael Posada T (1977) The Impact of High – Yielding Rice Varieties in Latin America with special emphasis on Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Centro de Documentación Económica para la Agricultura Latinoamericana (CEDEAL), Series JE- 01, April.
- Seré Carlos y Raúl Vera. Edit. (1985) Sistemas de Producción Pecuaria Extensiva: Brasil, Colombia, Venezuela. Instituto de Producción Animal, Universidad Técnica de Berlín (TUB) – Sociedad Alemana de Cooperación Técnica Internacional (GTZ) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Proyecto ETES, Cali, Colombia, Mayo.

- Silva Perdomo, María Elena (1968) Colombia: Estadísticas Agropecuarias 1950-1966. Proyecto Cooperativo, Sección de Economía Agrícola de la División de Ciencias Sociales y Económicas de la Universidad del Valle y el Instituto Colombiano Agropecuario, Cali, Colombia, Febrero.
- Smith Joyotee, J.V. Cadavid H., Alvaro Rincón and Raúl Vera, 1994. Land speculation and intensification at the frontier: a seeming paradox in the Colombian savanna, CIAT, Cali, Colombia.
- Tróchez, Carmen Helena (1971) Colombia: Estadísticas Agropecuarias 1966-1970, Sección de Economía Agrícola, División de Ciencias Sociales y Económicas de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Valencia Acevedo, Leonardo (1990) Evaluación Financiera de la Siembra Asociada de Arroz –Pastos en el Piedemonte y la Altillanura del Departamento del Meta, Colombia. Universidad EAFIT, Programa de Formación Avanzada, Tesis de M. SC., Medellín, Colombia.

Capítulo 3

Monitoreo y Evaluación del Convenio MADR – CIAT

1999 – 2003

1. Introducción

En 1998 se firmó un convenio especial de cooperación técnica y científica entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), encaminado al desarrollo de nuevas alternativas de producción agropecuaria para las regiones de la Orinoquia (Llanos Orientales) y la Amazonia del país, con el propósito de incrementar y diversificar la producción, con particular énfasis en la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, el avance de la productividad y la competitividad de la producción nacional y en general el desarrollo económico del país como un todo.

Una de las premisas básicas en las que se sustenta el acuerdo es la experiencia de 30 años del CIAT en investigación en el tema de los recursos naturales y en el desarrollo y manejo de nuevo germoplasma adaptado a las condiciones edáficas y ambientales de este enorme territorio de la geografía nacional. Se busca aprovechar las ventajas comparativas del CIAT, para generar tecnologías que complementen los esfuerzos de las agencias nacionales de investigación, para mejorar los sistemas de producción agropecuaria de los Llanos Orientales y la Amazonia.

Para el logro de estos objetivos, se diseñó un programa de investigación que incluye diferentes áreas de trabajo agrupadas en las siguientes metas: 1) Evaluación del Impacto. 2) Biotecnología – Frutas. 3) Arroz de secano. 4) Gramíneas y leguminosas tropicales. 5) Sistemas de información geográfica, suelos y aguas. 6) Recursos genéticos. 7) Desarrollo y adaptación de nuevo germoplasma de maíz. 8) Capacitación y divulgación y 9) Diseño y ajuste de nuevos sistemas de producción en el CNI de Carimagua.

Con el propósito de evaluar la eficiencia y los logros previstos en el Programa de Investigación, este incluye un componente denominado Evaluación del Impacto, el cual pretende monitorear la evolución en el tiempo de las actividades y logros del Convenio e identificar y cuantificar sus efectos sobre los sistemas agropecuarios de la región objetivo.

Para efectos del monitoreo y evaluación de los resultados del Convenio, se parte de la idea que el proceso de investigación obedece a una secuencia definida de eventos en el tiempo, los cuales en definitiva resultan en procesos de adopción de nuevas técnicas de producción por parte de los productores y finalmente en cambios en los niveles de producción, productividad y en el uso de los recursos en la finca, región o ecosistema.

Un estudio auspiciado por ISNAR (1994) y otras instituciones sobre las experiencias en las Américas en el área de la administración de la investigación agropecuaria, plantea que el término monitoreo o seguimiento varía ampliamente a través de los casos analizados. En algunos de ellos se concibe como una simple función de control de las actividades de investigación impuesta desde afuera, principalmente por los donantes. Pero también existen concepciones más avanzadas de la función del monitoreo, en donde éste se concibe como una actividad sistemática interna de recolección y análisis de información, para tomar decisiones sobre la marcha de los proyectos, en un proceso donde existe una clara intercomunicación entre los niveles de decisión y los niveles de ejecución. (Novoa y Horton, 1994)

Por lo general el monitoreo es utilizado en la región como un instrumento que permite verificar la marcha de las actividades o proyectos, el manejo de los recursos asignados y el cumplimiento de las metas intermedias. En otras palabras, el énfasis se concentra en el nivel operativo y en los cambios en el contexto donde se ejecuta la investigación, pero en muy pocos casos para verificar el desempeño de los productos y resultados de la misma y su impacto en los ámbitos económico, social y ambiental.

El seguimiento no se debe plantear como una función aislada, sino como una parte integral de un complejo denominado Planeación Seguimiento y Evaluación (PS&E), en el cual los diferentes eslabones se retroalimentan, para asegurar la efectividad y eficiencia de la investigación y sobre todo, que ella responda a las necesidades y a los objetivos preestablecidos. (Novoa y Horton, 1994)

No obstante, en los casos estudiados por ISNAR, se encuentra muy poca articulación entre la planeación, el seguimiento y la evaluación. Los planificadores tienden a trabajar en el plano macro de las políticas, concentrándose en los grandes temas de prioridades y lineamientos institucionales. Los responsables del monitoreo trabajan en el campo operativo en el contexto del uso de los recursos y la ejecución de actividades puntuales o coyunturales. Los evaluadores responden a solicitudes de los donantes y de los estamentos directivos, en el marco de los procesos de reestructuración y reorientación de los institutos de investigación (ISNAR, 1994)

El presente trabajo, se concentra principalmente en las actividades de monitoreo y evaluación del impacto de los resultados y productos tecnológicos generados por el Convenio. El objetivo general de este documento, es plantear un esquema conceptual que sirva de base para adelantar las funciones de monitoreo y evaluación del impacto de las actividades de investigación cofinanciadas por el gobierno colombiano.

Los temas considerados son: 1) Rutas críticas para lograr impacto sobre el desarrollo. 2) Estructuración del Convenio MADR – CIAT en términos de Metas y logros esperados. 3) Etapas secuenciales del monitoreo y la evaluación del impacto. 4) Articulación de las Metas del Convenio y sus relaciones con los objetivos generales. 5) Identificación y categorización de los productos/resultados científicos logrados durante el período 1999-2000. 6) Enfoques metodológicos para monitorear la adopción y medir el impacto de las alternativas tecnológicas desarrolladas.

2. Rutas críticas para lograr impacto sobre el desarrollo

Para que los productos tecnológicos, bien sean nuevas variedades, metodologías, conocimientos, componentes y sistemas de producción, influyeran en el desarrollo económico de un país o región, deben cubrir un trayecto o ruta que se origina en los centros de investigación, pasando por fases intermedias como son los ajustes y pruebas en fincas, la adopción por parte de los productores, hasta finalmente afectar los indicadores de crecimiento o desarrollo económico, manifestándose en mayores tasas de expansión de la producción y de la productividad física, incremento del empleo, ahorro de divisas, reducción de los costos unitarios de producción y en definitiva mejores condiciones de vida para los diferentes grupos sociales.

Un esquema diseñado para ilustrar las rutas del impacto económico en el agroecosistema de sabanas del CIAT, dentro del cual se enmarcan muchas de las actividades del Convenio MADR – CIAT, es útil para mostrar los diferentes senderos que toman los productos y resultados tecnológicos, en su avance progresivo para alcanzar la meta de acelerar el ritmo de progreso económico y social.

Los distintos tipos de productos tecnológicos una vez liberados emprenden una ruta o camino secuencial hasta llegar a tener un efecto significativo sobre la meta social más importante: el desarrollo económico.

En la Figura 1 las casillas situadas en la parte superior representan los productos tecnológicos que se espera obtener, para impulsar el desarrollo productivo sostenible del ecosistema de sabanas. Estos pueden clasificarse en tres grandes grupos: 1) Herramientas y metodologías para la planificación participativa y para la construcción de capital social. 2) Herramientas de apoyo para la toma de decisiones y 3) Colección, caracterización, conservación y desarrollo de germoplasma y de componentes tecnológicos, adaptados a las condiciones socioeconómicas y ambientales del agroecosistema de referencia.

En la primera columna en el lado izquierdo del diagrama, se observa como el desarrollo de redes de clientes y de socios para discutir limitantes, problemas y oportunidades en el contexto de los sistemas de producción del área objetivo, se constituyen en mecanismos que permiten una mejor identificación y caracterización de los problemas y las oportunidades, lo cual es crucial para el diseño de estrategias de desarrollo con alta probabilidad de éxito.

La interacción con los distintos estamentos comunitarios, permite articular estrategias ajustadas a la dotación de recursos, que sean relevantes, que consideren explícitamente las demandas tecnológicas desde el punto de vista de los productores y que involucren, en la medida de lo posible, a todos los agentes de cambio presentes en el área objetivo. Este proceso genera sinergias que se traducen en un incremento del capital humano y social, lo cual a largo plazo tendrá un significativo impacto sobre el desarrollo económico regional.

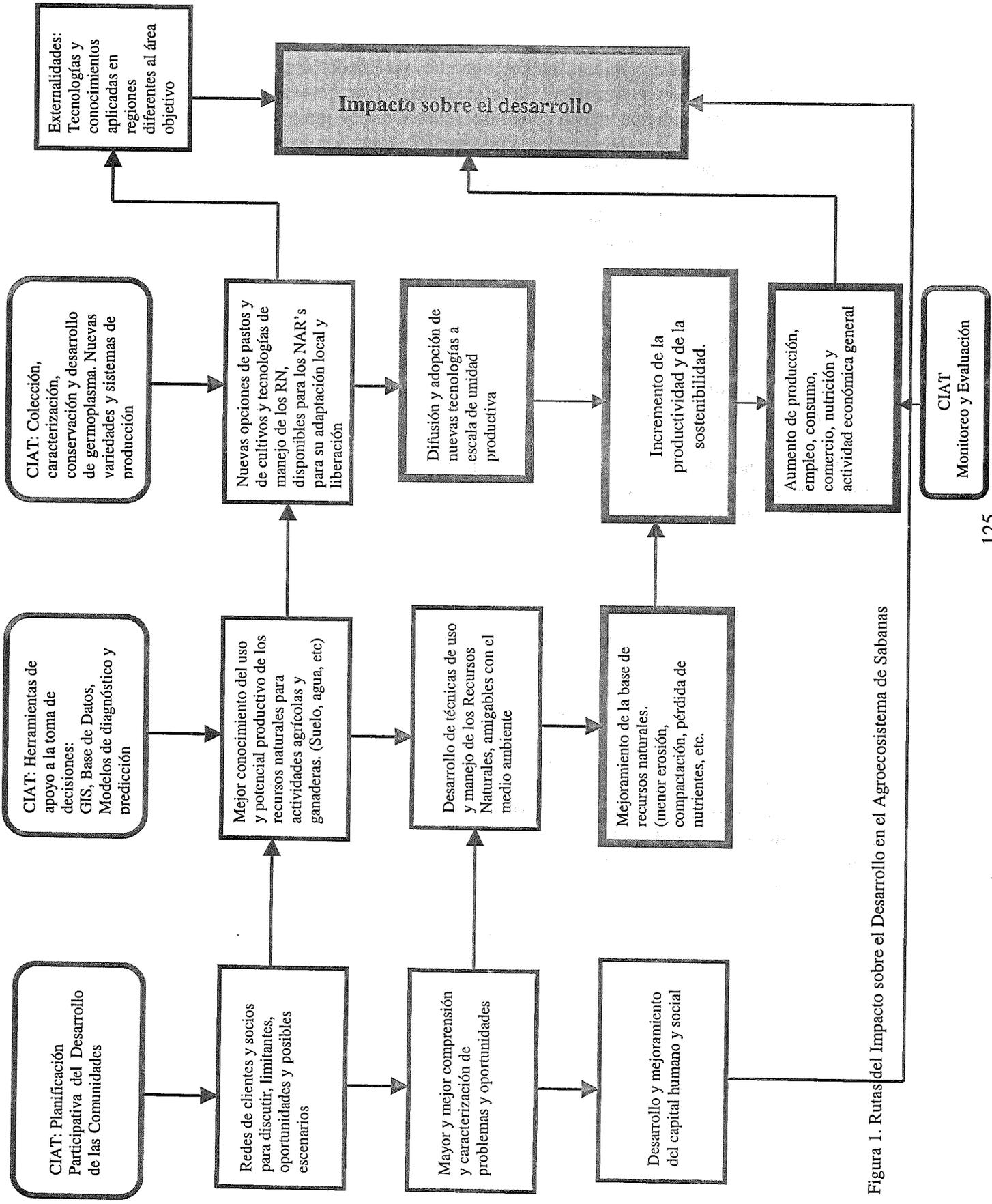


Figura 1. Rutas del Impacto sobre el Desarrollo en el Agroecosistema de Sabanas

Además de las herramientas y métodos para promover y fortalecer la acción colectiva, es necesario contar con instrumentos que apoyen la toma de decisiones. Para ello es importante implementar una adecuada base de información económica, social, ambiental y de recursos naturales, necesaria para determinar la magnitud y el potencial productivo de los recursos disponibles, y que aporte información que ayude a establecer una rigurosa priorización de las alternativas de desarrollo y a la formulación de estrategias y planes, conducentes a un crecimiento sostenible y equitativo.

Los productos tecnológicos que se catalogan como herramientas para la toma de decisiones son las bases de datos, los sistemas de información geográfica y los modelos de diagnóstico y predicción, que ayudan a plantear y evaluar diferentes escenarios alternativos, que representan distintas estrategias de desarrollo.

La mejor caracterización de los problemas y oportunidades y un conocimiento más preciso de los potenciales productivos, brinda la oportunidad de diseñar y aplicar técnicas de manejo de los recursos naturales, más amigables con el medio ambiente.

El manejo sostenible de los recursos naturales se manifiesta, a largo plazo, en avances de la producción y de la productividad, lo cual a su vez promueve el crecimiento global.

El tercer grupo de productos tecnológicos se relaciona con las actividades de colección, caracterización, conservación y desarrollo de nuevo germoplasma y de los diversos componentes de los sistemas de producción, que permiten la implementación en el área objetivo de nuevos esquemas de producción eficientes, competitivos y sostenibles.

Los diferentes grupos de productos tecnológicos, deben estar relacionados entre sí. Es necesaria la interacción entre ellos, para lograr una acción conjunta, que propicie el desarrollo productivo con las características deseadas: Equidad, sostenibilidad y eficiencia. La mejor caracterización y comprensión de los problemas y de las oportunidades, el desarrollo y la aplicación de un acervo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones, la disponibilidad de germoplasma y de componentes tecnológicos adaptados a las condiciones ambientales y socioeconómicas de la región, son indispensables para lograr la meta social de impulsar el crecimiento, para contribuir a superar las condiciones de pobreza, de grandes núcleos sociales y revertir las tendencias hacia la degradación de los recursos naturales.

El impacto esperado del desarrollo tecnológico no es instantáneo, una vez liberados los productos de la investigación, estos deben llegar hasta las fincas para su adopción y uso por parte de los agricultores. En consecuencia, previo al impacto final sobre los indicadores de desarrollo, ocurre un proceso de adopción con varias fases, antes de que se observe algún impacto significativo sobre los sistemas de producción y en la base de recursos naturales. En la medida en que avanzan los procesos de adopción, se notan cambios positivos en los indicadores de productividad y sostenibilidad y que conducen a un gradual mejoramiento de los niveles de producción agregada, consumo, nutrición y de la actividad económica general.

Estos beneficios de la tecnología, tangibles y cuantificables en términos económicos, junto las inversiones desembolsadas para financiar el cambio técnico, permiten establecer la eficiencia económica del mismo, mediante el cálculo de indicadores como la tasa interna de retorno (TIR), el valor presente neto (VPN) y la relación beneficio – costo (B/C)

La distribución de los beneficios tecnológicos entre los diferentes estratos sociales de consumidores y productores, permite aportar indicadores de la equidad social del cambio técnico bajo evaluación.

Las casillas situadas hacia la parte inferior derecha de la Figura 1 y que aparecen con líneas más gruesas, representan las actividades que deben ser monitoreadas por el Proyecto de Impacto del CIAT, para garantizar una adecuada labor de seguimiento y posterior evaluación del impacto.

3. Estructura del Convenio MADR – CIAT: Metas y logros esperados

El trabajo de investigación del Convenio está estructurado alrededor de 9 metas o subproyectos específicos, claramente definidas en cuanto actividades y objetivos o logros. Las metas se pueden agrupar en tres grandes componentes: 1) Recursos genéticos y desarrollo de germoplasma. 2) Herramientas para la toma de decisiones y para la planificación del desarrollo y 3) Diseño de sistemas de producción y actividades de capacitación y divulgación. (Figura 2)

El primer componente tiene dos áreas de trabajo: 1) Recursos genéticos y 2) Desarrollo de nuevo germoplasma. Dentro de Recursos genéticos (Meta 6), se efectúan actividades de colección, conservación, caracterización y distribución de materiales genéticos de forrajes y de cultivos, relevantes para las condiciones edafoclimáticas prevalecientes en la Amazonia & Orinoquia.

El trabajo en germoplasma, se enfoca hacia la generación de nuevos cultivares adaptados y se concentra en las metas 2, 3, 4 y 7 (Biotecnología – frutas, arroz de secano, gramíneas y leguminosas tropicales y maíz) Los esfuerzos en recursos genéticos y en el desarrollo de nuevos cultivares, están estrechamente vinculados en una relación de doble vía tal como lo muestra la Figura 2.

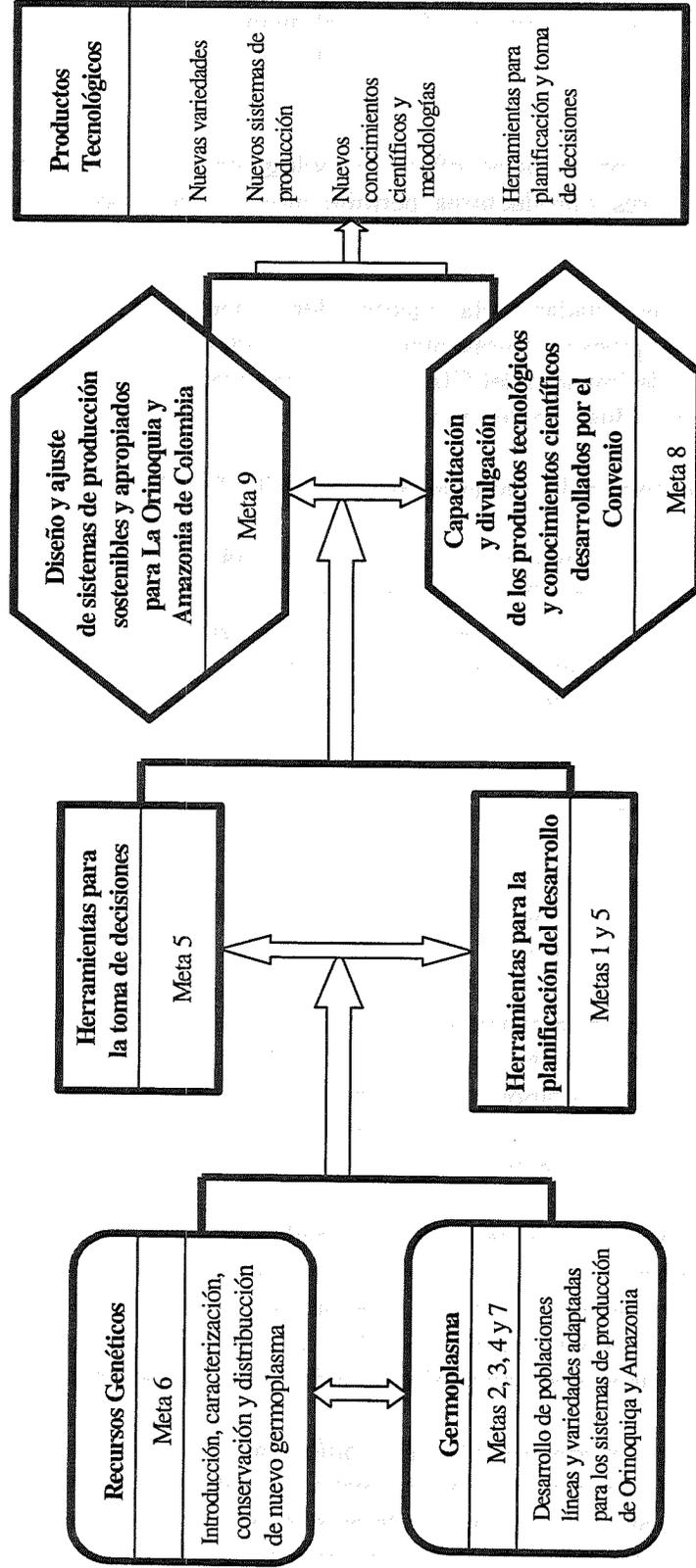
El segundo componente está conformado por las herramientas para la toma de decisiones y los instrumentos para la planificación participativa del desarrollo. Las actividades dentro de este componente son efectuadas por la Metas 5 (Sistemas de información geográfica, suelos y aguas) y la Meta 1 (Evaluación de Impacto), relacionada esta última con el análisis económico, el monitoreo y la evaluación del impacto *ex-ante* y *ex-post*.

Los diferentes componentes que conforman el Convenio, interactúan y se complementan estrechamente, para buscar los objetivos fijados. Se pueden considerar como insumos críticos dentro de una función de producción de nuevas tecnologías. Aparte de tener una adecuada oferta de nuevo germoplasma adaptado, se requiere una correcta identificación

Figura 2. Convenio MADR - CIAT

Estructuración del trabajo de Investigación

Metas y Logros



de los nichos, donde ese germoplasma está en capacidad de expresar su máximo potencial productivo.

La selección del germoplasma a pesar de ser un trabajo de orden técnico, requiere considerar de manera explícita los conocimientos, necesidades y condiciones socioeconómicas específicas, de los usuarios potenciales. Por lo anterior, es importante el desarrollo de bases de datos y fuentes de información, de sistemas de análisis y de herramientas para la priorización y la toma de decisiones, tanto para diseñar la tecnología, como para aplicarla en la finca. Para mejorar la probabilidad de éxito de la adopción tecnológica, es crítico considerar la demanda tecnológica de los usuarios finales – los productores – y la cantidad y calidad de los recursos de que disponen.

El tercer componente se refiere al ensamble de las diferentes tecnologías y componentes tecnológicos producidos, dentro de nuevos sistemas de producción más complejos y diversificados (agrícolas, ganaderos, forestales y agrosilvopastoriles), con el propósito mejorar la competitividad, hacer un empleo más sostenible de los recursos naturales y diversificar la producción agropecuaria regional.

Esta parte del trabajo es realizada en el CNI de Carimagua, en los Llanos Orientales, se enmarca dentro de la Meta 9. En este componente también aparece la Meta 8, que tiene como propósito la capacitación técnica y la divulgación y disseminación de los productos tecnológicos y de los conocimientos científicos, generados por el Convenio.

Se espera que este trabajo que incluye un conjunto de metas o subproyectos, bien articulados, con alto grado de coherencia y complementariedad, aporte un grupo de productos y resultados técnicos, ajustados a las condiciones económicas y ambientales de la región, que apuntalen su patrón de crecimiento.

En términos prácticos las inversiones efectuadas para adelantar el Convenio deben traducirse en: 1) Mejores herramientas para la planificación del desarrollo regional y la toma de decisiones sobre el uso de los recursos naturales. 2) Nuevas alternativas de germoplasma adaptado, p e. variedades, híbridos. 3) Nuevos conocimientos científicos y metodologías, que sirvan de base para los desarrollos tecnológicos futuros. 4) Modernos sistemas de producción, con múltiples componentes ganaderos, agrícolas y forestales, que propicien el uso óptimo de los recursos naturales.

Las actividades que se desarrollan en los tres componentes arriba citados, producirán resultados técnicos claramente identificables. Se apunta a que la investigación sistemática de los recursos disponibles, las limitantes y las posibilidades de producción, genere nuevos conocimientos y metodologías científicas, que permitan adelantar una transformación productiva de gran magnitud en la región seleccionada.

Las actividades de investigación en germoplasma y en sistemas de producción, ampliarán la disponibilidad de nuevas opciones productivas, con base en variedades mejoradas de pastos y de cultivos, tanto de especies ya conocidas, como de especies nuevas en la región.

El diseño y la aplicación de herramientas de planificación, de priorización y de toma de decisiones y la formación de capital social, permitirán diseñar estrategias de desarrollo regional con alta participación social, eficaces y equitativas. en cuanto a los beneficios sociales esperados.

4. Marco general de la evaluación del impacto económico

4.1 Monitoreo, adopción e Impacto

El monitoreo de las actividades de investigación y desarrollo, se puede concebir como un proceso continuo en el tiempo, que tiene inicio en las fases de planeación y diseño en los centros de investigación, y que alcanza sus etapas más avanzadas cuando la tecnología se utiliza masivamente en las fincas de los productores, para finalmente producir un impacto cuantificable en términos de ganancias de producción, productividad, empleo, comercio, reducción de costos y de precios al consumidor y mayor eficiencia en la utilización y manejo de los recursos naturales.

La Figura 3 muestra tres columnas que representan las diferentes etapas en el proceso de monitoreo del cambio técnico. Ellas son secuenciales en el tiempo. La Fase 1, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías (I&D), se efectúa en el ámbito de las instituciones de investigación. El resultado esperado en esta fase es proveer a la sociedad de nuevos conocimientos y alternativas para la producción agropecuaria. En ella el monitoreo se concentra en determinar si las actividades de investigación incluidas en los planes de trabajo se efectúan en el tiempo y las condiciones previstas, y en la identificación de los productos y resultados técnicos, que va generando la investigación con el transcurso del tiempo.

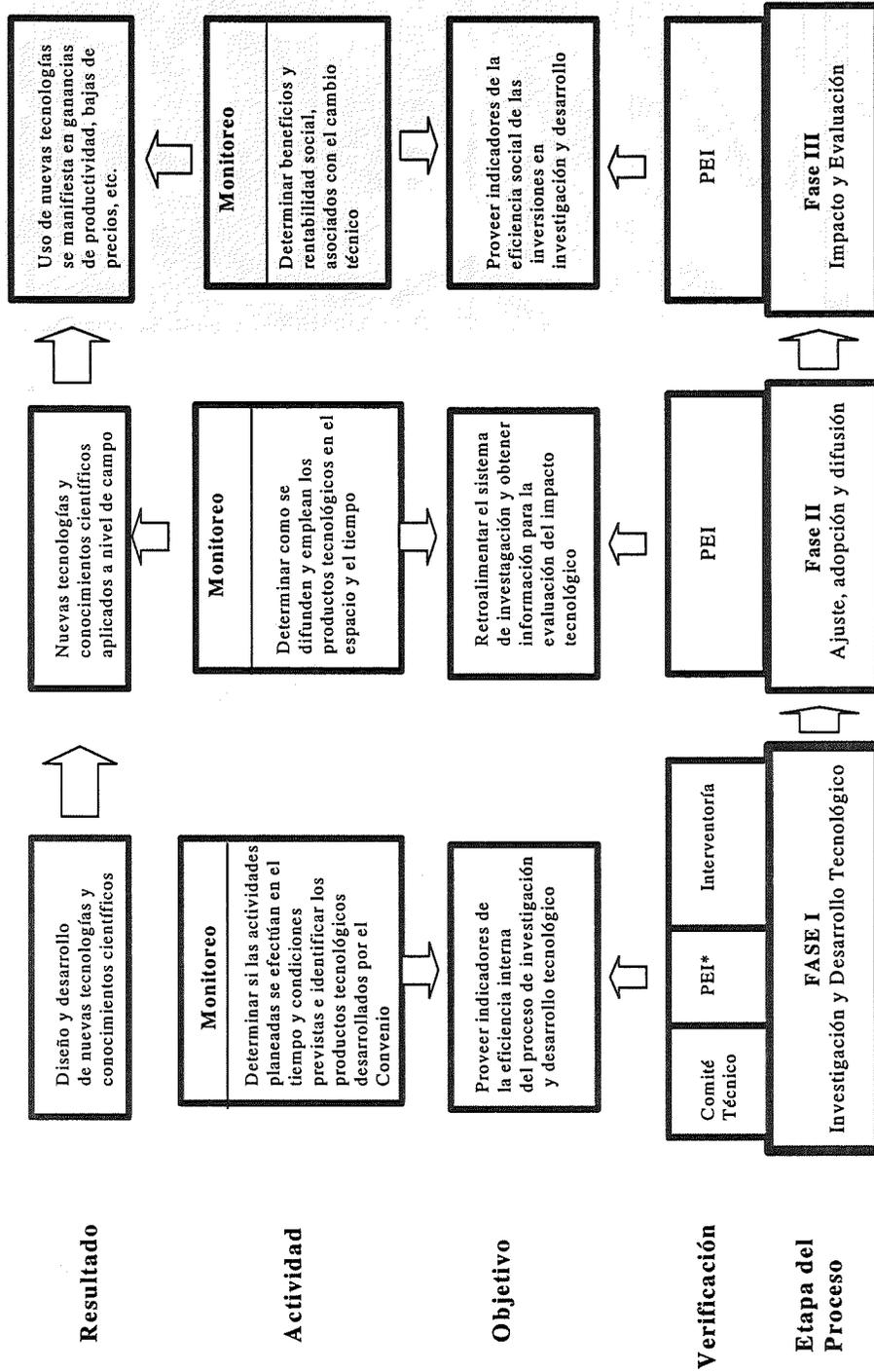
El objetivo principal del monitoreo en la fase de I&D es aportar indicadores sobre su eficiencia interna, con el propósito de hacer oportunamente los correctivos necesarios.

Dentro de la actual organización del Convenio MADR – CIAT tres instancias verifican el desarrollo de las actividades previstas: 1) El Comité técnico, 2) la Interventoría técnica y financiera del Convenio y 3) el Proyecto de Evaluación de Impacto del CIAT.

Una vez culminada la fase de I&D y están listos los resultados y productos tecnológicos esperados, se inicia la fase de ajuste, adopción y difusión tecnológica en las fincas de los productores. Esta última puede considerarse como conformada por cuatro períodos o tramos: 1) Adopción temprana o aceptabilidad. (AT) 2) Adopción consolidada o masiva (AC) 3) Adopción final o terminal (AF) y 4) Obsolescencia o desadopción (O)

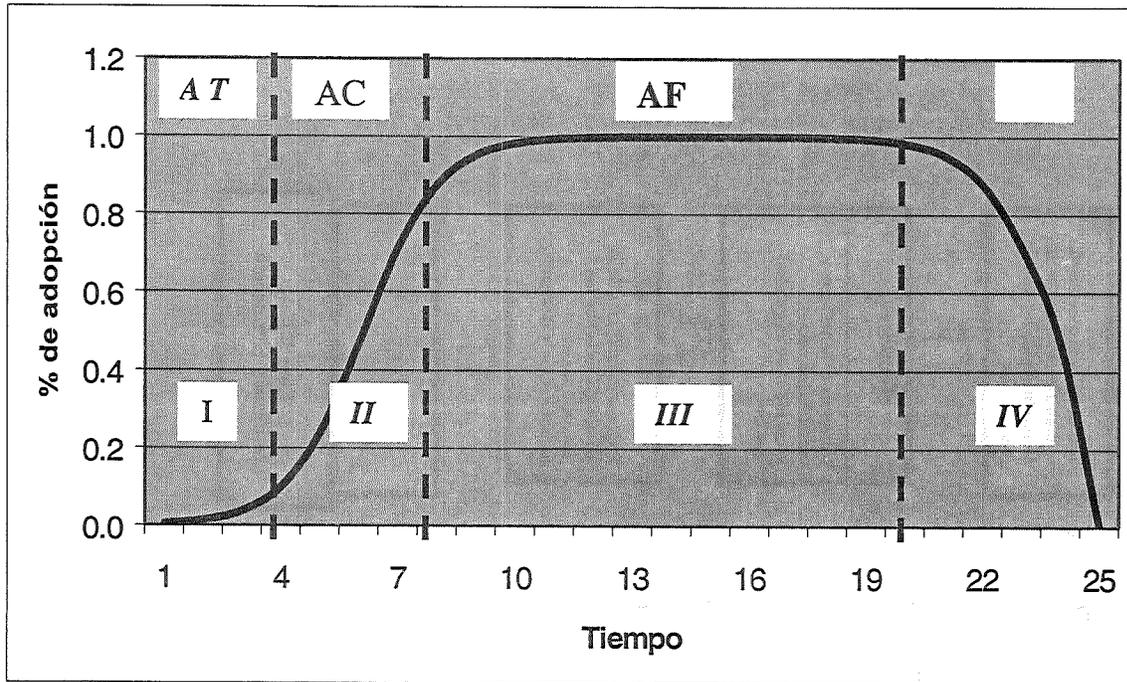
La Figura 4 ilustra las diferentes facetas del proceso de adopción técnica. La primera de ellas, la adopción temprana también conocida como aceptabilidad, es un período conocimiento, ensayo y evaluación de la nueva tecnología, por parte de los productores en sus fincas o parcelas, para ajustarla a sus condiciones específicas y tomar decisiones bien fundamentadas, sobre su uso y nivel de adopción. En esta fase, participa un grupo

Figura 3 Convenio MADR - CIAT: Secuencia del Monitoreo



* PEI: Proyecto de Evaluación de Impacto del CIAT

Figura 4. Evolución en el tiempo de la adopción de nuevas tecnologías



reducido de productores, generalmente quienes tienen cierto liderazgo, son propensos al cambio y tienen menor aversión al riesgo. Cuando en el diseño y la evaluación de la tecnología, se involucra a los productores mediante esquemas de investigación participativas, se espera que la fase de aceptabilidad sea breve y la adopción más dinámica.

Superada la etapa de aceptabilidad, la adopción cobra fuerza cuando otros productores conocen las experiencias de los adoptadores tempranos, y se pasa de las parcelas de prueba, a una adopción en mayor escala donde el número de usuarios y las áreas bajo nueva tecnología, se incrementan sustancialmente. Se configura entonces un proceso de adopción consolidado.

En esta fase, la tasa de adopción (porcentaje de productores que utilizan la nueva técnica o porcentaje del área total sembrado con la nueva variedad) crece a tasas crecientes. La información para los productores, sobre las características de las nuevas tecnologías, su utilización y rendimientos físicos y económicos, es crítica para lograr altas tasas de adopción en períodos cortos de tiempo.

Conforme avanza la adopción, el número de potenciales usuarios de la nueva tecnología se agota progresivamente, por lo cual la tasa de adopción continúa siendo positiva, pero crece a tasas decrecientes. Esta fase de la adopción se conoce como adopción final o terminal. Si consideramos que la adopción (A) es una función del tiempo (t), lo anterior se expresa matemáticamente como:

$$A = f(t) \quad \delta A / \delta t > 0 \quad \text{y} \quad \delta^2 A / \delta t^2 < 0$$

Cuando el universo de potenciales usuarios se ha agotado y con el tiempo, aparecen nuevas opciones tecnológicas, que sustituyen a las existentes, se entra en la última fase u obsolescencia y desadopción, que puede ser muy rápida o durar varios años y que se traduce en una caída persistente de la tasa de adopción.

El esquema teórico mostrado en la Figura 4, es útil para conceptualizar la dinámica de la adopción, sin embargo es conveniente advertir, que ésta puede cambiar sustancialmente en cuanto a duración, velocidad e intensidad, dependiendo del tipo de tecnología, del producto específico afectado por el cambio técnico y del entorno cultural, económico y político de la región o país en donde se introduce la innovación.

En general, se puede establecer que la adopción es mucho más rápida en los cultivos comerciales altamente organizados y con vínculos estrechos con el mercado, que en las actividades de producción pecuaria extensiva, las que adicionalmente presentan complejidades metodológicas adicionales para medir su adopción. (Seré et al, 1993)

El resultado final de un proceso de adopción exitoso, es la aplicación masiva en el mundo real de la producción agropecuaria, de las nuevas tecnologías y conocimientos científicos, generados por la investigación, El monitoreo en ésta fase se concentra en establecer como se difunden y utilizan los productos y los resultados tecnológicos a través del espacio y el tiempo. El propósito es retroalimentar la investigación, con el fin de efectuar ajustes oportunos a los planes y programas, cuando sea necesario. Gran parte de la información obtenida durante la adopción y difusión de la nueva tecnología es básica para adelantar los estudios de evaluación del impacto socioeconómico y ambiental *ex – post* del cambio técnico.

La verificación y ejecución del monitoreo en la etapa de difusión y adopción, dentro del Convenio, corresponde al ámbito del Proyecto de Evaluación del Impacto del CIAT. Los estudios de adopción, tanto en su fase temprana como en la terminal, requieren un intensivo trabajo de campo que incluye muestreos y entrevistas selectivos y al azar con productores, interlocutores calificados y empresas productoras de semillas e insumos, sondeos rápidos (Rapid rural appraisal) y análisis basados en información de grupos de enfoque. (focus group)

Esta clase de trabajos aporta información relevante sobre la magnitud y dinámica de la adopción - tasas de adopción, número de hectáreas sembradas, cantidad de adoptadores y sus variaciones en el tiempo - y adicionalmente, identifican los factores positivos y negativos que influyen la adopción, para sugerir los correctivos necesarios y oportunos, bien sea en el campo técnico o en el orden de la política económica.

La tercera etapa del monitoreo se relaciona con la identificación y medición del impacto del cambio técnico. A esta fase se llega cuando el uso de las nuevas tecnologías es masivo y se traduce en incrementos importantes de los niveles de producción, productividad, consumo, comercio y en bajas significativas en los costos y precios.

Aparte de los impactos económicos, se esperan otros efectos positivos sobre los recursos naturales y el medio ambiente y sobre el volumen y calidad del capital social disponible. En esta fase, el monitoreo se concentran en la evaluación del impacto agregado, en el contexto de grandes unidades fisiográficas como cuencas, regiones, ecosistemas y países.¹

Para esas evaluaciones se emplean frecuentemente modelos económicos tales como MODEXC y DREAM², que estiman los beneficios que recibe la sociedad debido a las mejoras técnicas en la producción. Los modelos citados, desagregan los beneficios por regiones, tipo de tecnología, agroecosistema y grupos sociales. (diferentes estratos de consumidores y productores) Estos instrumentos metodológicos aportan información necesaria, para el cálculo de los indicadores de la eficiencia social de las inversiones en desarrollo tecnológico. (TIR, VPN y B/C)

Las actividades de evaluación del impacto agregado, en el Convenio MADR – CIAT, están en la órbita del Proyecto de Evaluación de Impacto del CIAT. Es importante destacar que los conceptos de adopción, difusión e impacto están íntimamente asociados con el tiempo. Es decir, el impacto del cambio técnico no es visible instantáneamente, tan pronto como las nuevas tecnologías son liberadas. Debe transcurrir un cierto lapso de tiempo, para que este esfuerzo se refleje en cambios significativos en las variables agregadas, como por ejemplo producción, precios y consumo.

La Figura 5 muestra como los productos y resultados técnicos que aparecen en las casillas de la parte superior, se relacionan y complementan para generar productos más avanzados como son la formación de capital humano y social y la generación de materiales genéticos en fases avanzadas de desarrollo. Estos últimos, eventualmente pueden pasar a los centros nacionales de investigación para su evaluación y ajuste final en las condiciones específicas, económicas y ambientales, de los ecosistemas en donde se van a introducir.

Posteriormente se cumplen las etapas de adopción y difusión, para finalmente observar un impacto significativo y positivo sobre el desarrollo económico del país.

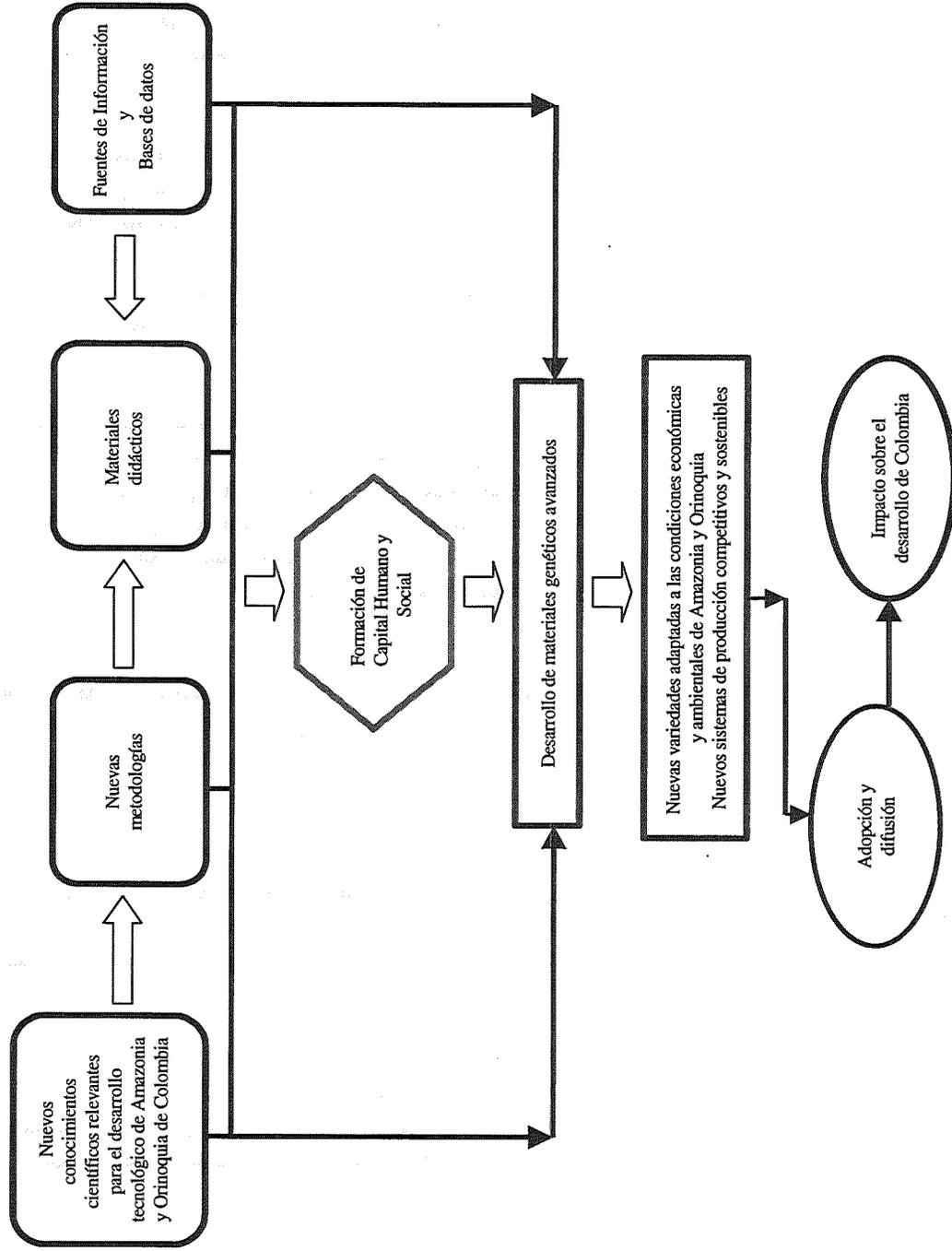
4.2 Condiciones necesarias para asegurar la adopción y el impacto

El desarrollo de nuevas técnicas de producción es absolutamente necesario para modernizar el sector agropecuario, pero por si solo, no garantiza el logro de éste propósito.

¹ En la literatura corriente el monitoreo y la evaluación se consideran como funciones distintas. No obstante cabe la posibilidad de considerar a la evaluación del impacto *ex-post* como la fase final del monitoreo.

² MODEXC: Modelo de Excedentes Económicos, desarrollado por el CIAT. Para mayor información véase Rivas et al (1999). DREAM: Dynamic Research Evaluation for Management, desarrollado por IFPRI, BID, CIAT e IICA. Para mayor información véase Wood S. & Baitx, (1998).

Figura 5 Convenio MADR - CIAT: Productos Tecnológicos e Impacto



Una vez los productos/resultados tecnológicos están listos, para lograr una adopción masiva es necesario que se cumplan varias condiciones: 1) que se ajusten a las necesidades y condiciones de los agricultores, 2) que sean viables desde la óptica financiera y técnica y 3) que sean lo suficientemente atractivas económicamente, para inducir a los productores a sustituir las prácticas tradicionales por las nuevas técnicas.

Es crítico en el diseño de la nueva tecnología, tanto en las estaciones experimentales como en las pruebas en condiciones de finca comercial, tomar en cuenta estos aspectos para asegurar un aceptable nivel de adopción.

Un factor crítico para lograr una rápida y masiva adopción, es la oportuna disponibilidad para los productores de información técnica y económica adecuada, que les permita evaluar riesgos y tomar decisiones. La información técnica se refiere principalmente a los rendimientos físicos y a la forma de utilización correcta de la tecnología. La económica se relaciona con los costos e inversiones asociadas con las nuevas técnicas y los beneficios monetarios esperados, para diferentes tipos de finca y condiciones económicas.

Existen factores externos a la finca y ajenos al control de los productores, que afectan sus decisiones de inversión. Ellos constituyen lo que se puede denominar el entorno económico, social y político, en el que se desenvuelve la producción agropecuaria nacional. Como se conoce ampliamente, las políticas macro y sectoriales juegan un rol decisivo en la inversión en el sector rural. Debe existir una armonización en el marco de las políticas: cambiaria, monetaria, fiscal, comercial y tecnológica, que cree un clima propicio a la inversión rural.

El desarrollo, la ampliación y promoción de mercados, de la infraestructura de transporte, procesamiento y de comercialización, son esenciales para impulsar un crecimiento económico sostenido, con base en el empleo de nuevas técnicas de producción agropecuaria. (Véase Michelsen, H, 1990)

La industria proveedora de insumos básicos, por ejemplo, semillas de las nuevas variedades, debe crecer y modernizarse, para garantizar un adecuado suministro de insumos críticos a precios atractivos. Son frecuentes los casos, en los cuales la falta de semilla y sus altos precios, han limitado seriamente la adopción de las nuevas variedades. (Rivas y Holmann 2000; Seré et al 1993)

La estabilidad social es prerequisite indispensable para obtener altos niveles de adopción. La seguridad para los productores de que pueden invertir en la agricultura, visitar y manejar sin riegos sus fincas y obtener un retorno económico por su esfuerzo, es sin duda un punto crucial y muy relevante para Colombia, en el tema de la adopción.

5. Las Metas del Convenio MADR – CIAT: Objetivos, Actividades y Resultados esperados

Esta sección incluye en detalle las diferentes metas o subproyectos del Convenio y los productos / resultados esperados de cada una de ellas.

5.1 Meta 1: Evaluación del Impacto

Las actividades que ejecuta están dirigidas a mejorar la eficacia y la eficiencia de las inversiones efectuadas para adelantar los propósitos del Convenio. Incluye cuatro grandes líneas de acción:

1) Marco económico general y análisis de las grandes tendencias socioeconómicas en el área objetivo 2) Evaluación económica del impacto *ex-ante* de alternativas tecnológicas promisorias, en la región de interés. 3) Monitoreo de la adopción tecnológica y 4) Evaluación económica del impacto *ex-post* de nuevas alternativas tecnológicas en A&O.

El establecimiento de un marco económico general de la región de referencia, muestra el punto de partida o línea de base (“base line”) en el momento de empezar el proceso de desarrollo técnico. El análisis de las tendencias socioeconómicas muestra la evolución a través del tiempo, de variables críticas que pueden ser afectadas por las nuevas técnicas de producción tales como áreas cultivadas, niveles de producción, rendimientos etc.

La línea de base y las grandes tendencias socioeconómicas del pasado, son importantes, ya que una vez culminado el proceso de adopción, son necesarias para establecer en que medida ha variado la situación inicial y como se han modificado los patrones de crecimiento. Estos son elementos críticos para identificar y medir los impactos *ex-post* de la tecnología. La evaluación del impacto *ex-ante* del cambio técnico, es empleada para priorizar la investigación y para la formular los planes y programas de investigación. Se trata de un ejercicio basado en escenarios tecnológicos alternativos e hipotéticos, que se evalúan en función de sus beneficios potenciales. Esta evaluación aporta criterios para la priorización y la asignación de fondos en la investigación.

Los trabajos de monitoreo o seguimiento, pretenden principalmente identificar los productos y resultados de la investigación y determinar en que medida avanzan los procesos de adopción de los mismos, su aceptación, dificultades para su empleo y el nivel adopción. Como ya se mencionó, esta información retroalimenta al sistema de investigación, y da pautas para introducir cambios cuando se estime necesario y para el diseño de políticas económicas, que propicien la adopción y el progreso técnico.

La evaluación económica *ex-post* tiene por objetivo identificar y cuantificar los impactos resultantes de la adopción. Se desarrolla cuando el uso de las tecnologías se encuentra en sus etapas más avanzadas y emplea como insumos los estudios iniciales de línea de base y los trabajos de monitoreo y seguimiento de la adopción.

Los estudios de impacto *ex-post* aportan estimativos de la magnitud de los beneficios del cambio técnico, su distribución regional, por sistema de producción, por tipo de tecnología y por grupos sociales. (Estratos de consumidores y productores) A partir de los beneficios estimados y de las inversiones en investigación efectuadas, se calculan los indicadores de la eficiencia de asignar fondos públicos, a la investigación agropecuaria.

La Meta 1 genere los siguientes productos: 1) Información básica para la toma de decisiones referentes al desarrollo regional. 2) Identificación de factores positivos y negativos que afectan la adopción y el cambio técnico. 3) Documentación del impacto económico esperado y logrado. 4) Suministro de información pertinente para la toma de decisiones al interior del Convenio. 5) Desarrollo de un sistema de información para evaluar el desempeño del mismo. La figura 6 ilustra la articulación de las diferentes actividades de ésta meta y los productos esperados.

5.2 Meta 2: Biotecnología – Frutas

El objetivo específico de ésta meta es contribuir al mejoramiento de frutales apropiados para los Llanos Orientales mediante la biotecnología.

Las dos grandes áreas de trabajo en esta meta son: 1) Identificación de germoplasma promisorio y 2) Desarrollo de tecnologías para la multiplicación clonal, usando cultivo *in vitro* de tejidos y bio-reactores. (Términos de Referencia del Convenio MADR – CIAT, 1998)

Las actividades específicas que ejecuta son: a) Colección y caracterización de recursos genéticos, con énfasis en germoplasma de frutales de importancia económica para la región objetivo. b) Multiplicación rápida de especies frutales de interés como guanábana, lulo, tomate de árbol, pasifloras etc. c) Mejoramiento genético de las especies frutales seleccionadas, empleando técnicas moleculares. d) Desarrollo de estrategias que reduzcan las actuales limitaciones de la producción comercial, por ejemplo plagas y enfermedades. (Figura 7)

La integración y complementariedad de estas actividades, busca también el fortalecimiento de la capacidad científica nacional, dado que muchas de ellas se ejecutan mediante la vinculación de jóvenes investigadores, para efectuar tesis de pre y post grado. Se trata de un proceso de doble vía, que permite al país apropiarse de las técnicas científicas más avanzadas e incrementar su capital humano.

Los productos de esta meta se concretan en la entrega a las instituciones nacionales de semilla limpia y de líneas avanzadas para su ajuste y posterior liberación. Se pretende obtener múltiples opciones de frutales, adaptadas a las condiciones ambientales y económicas de A&O, al igual que metodologías avanzadas para su conservación y mejoramiento y el diseño de prácticas y recomendaciones, para el manejo agronómico de las especies frutales más promisorias.

Figura 6 Convenio MADR - CIAT
Meta 1: Evaluación del Impacto
Actividades y Productos Tecnológicos

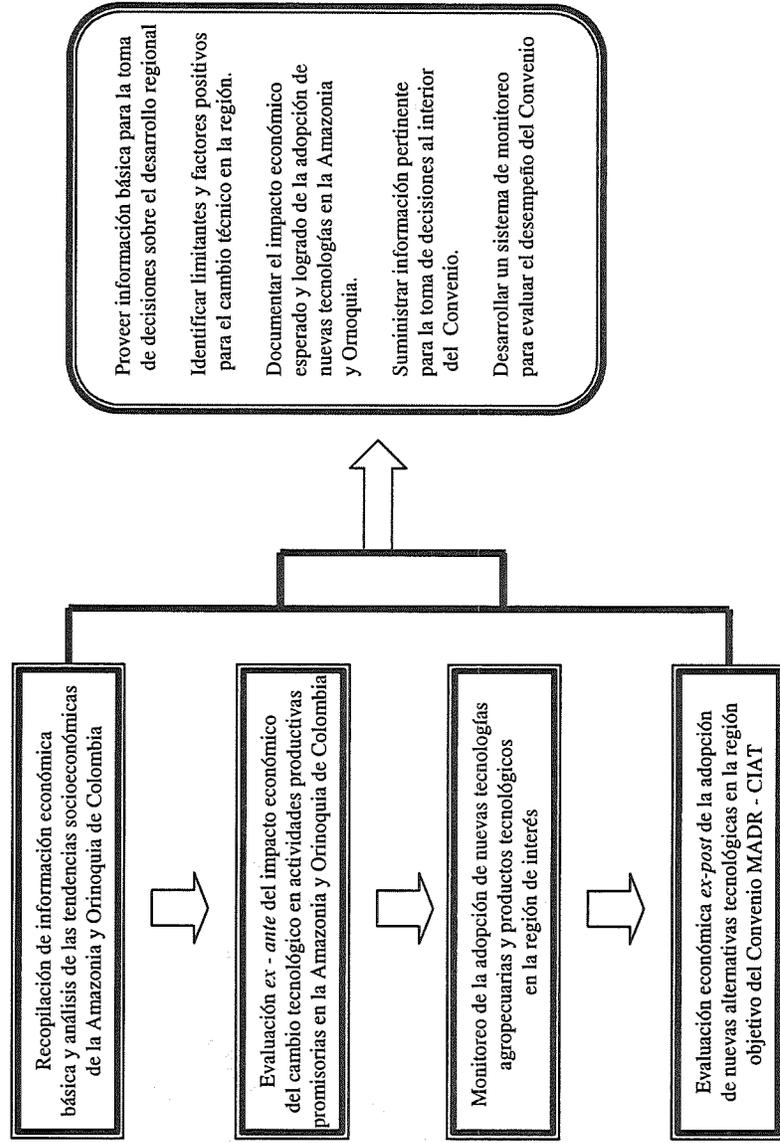
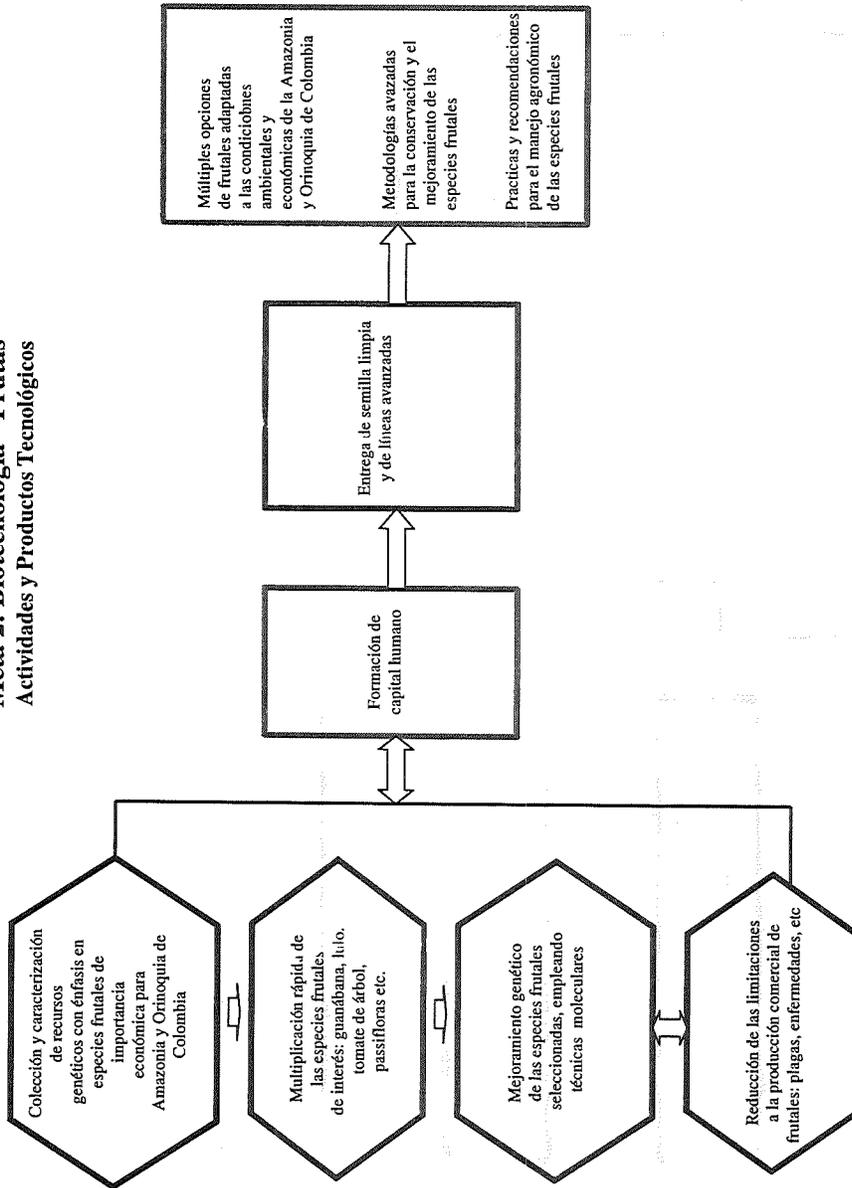


Figura 7 Convenio MADR - CIAT
Meta 2: Biotecnología - Frutas
Actividades y Productos Tecnológicos



5.3 Meta 3: Arroz

Su propósito fundamental es acrecentar el acervo genético del arroz cultivado en condiciones de secano tradicional y secano favorecido. Las actividades que se ejecutan para impulsar el mejoramiento de este cultivo son: a) Incrementar la diversidad genética y efectuar mejoramiento del arroz de secano utilizando tanto técnicas tradicionales como moleculares. b) Caracterización de las interacciones plaga – hospedero en el arroz. c) Capacitación y transferencia a personal nacional de los nuevos conocimientos y metodologías producidos por la investigación. d) Desarrollo de estrategias encaminadas a fortalecer la investigación en arroz secano en el país. (Figura 8)

Se busca desarrollar poblaciones con las características tales como adaptabilidad, resistencia a las plagas y las enfermedades, que frecuentemente atacan el cultivo en esa zona y con buena calidad del grano. Una vez desarrolladas las poblaciones, estas pasan a evaluación en pruebas regionales en los Llanos Orientales. Todo el proceso alcanza su punto culminante cuando se obtienen líneas avanzadas, las cuales se entregan a los programas nacionales de investigación, para su adaptación y ajuste a las diversas condiciones de las regiones arroceras de Colombia.

Los productos y resultados técnicos se manifiestan en nuevas y más productivas variedades adaptadas a los Llanos Orientales y mejores sistemas arroceros, más competitivos y sostenibles. Dada la importancia del cultivo en la economía regional, se anticipa que su modernización tendrá un claro impacto sobre el crecimiento regional.

5.4 Meta 4: Gramíneas y leguminosas tropicales

Las actividades de investigación en este campo se orientan hacia la generación de nuevo germoplasma de gramíneas y de leguminosas forrajeras, de alta productividad, con amplia adaptación a las condiciones de clima y suelo de A&O y con resistencia/tolerancia a las principales plagas y enfermedades. La conservación de los recursos naturales en los diferentes sistemas de producción, es de alta prioridad dentro este trabajo.

Las actividades para el objetivo propuesto, están muy relacionadas y comprenden: a) La ampliación de la base genética. b) La identificación de factores de calidad nutritiva. c) La identificación de mecanismos de adaptación a suelos ácidos e infértiles y d) La identificación de factores de resistencia a plagas y enfermedades (Figura 9).

Este trabajo desemboca en la evaluación de selecciones avanzadas de gramíneas y de leguminosas, en las condiciones particulares de las fincas comerciales de los Llanos Orientales. Lo anterior, permite obtener y ofrecer nuevos cultivares de gramíneas y de leguminosas adaptados a condiciones de suelos ácidos e infértiles, sequía, mal drenaje y con resistencia a plagas y enfermedades.

Los resultados de la investigación se concretan en nuevos cultivares de uso múltiple para su utilización en los distintos ambientes de A&O. Se anticipa que las nuevas opciones

forrajeras serán componentes muy importantes dentro de nuevos sistemas de producción más complejos, que incluyan actividades agrícolas y forestales.

El tema de la rápida degradación de las pasturas en la región, es considerado de alta prioridad, por lo cual los nuevos métodos de recuperación de pasturas que resulten del trabajo de la Meta 4, tendrán un alto impacto económico y ambiental.

La aparición de nuevo germoplasma forrajero, que puede ser empleado de forma estratégica y con múltiples usos en las fincas ganaderas, implicará diferentes formas de manejo de los suelos, las praderas y el ganado. El diseño y aplicación de dichos métodos de manejo, serán un producto clave de la de investigación en gramíneas y leguminosas forrajeras, para A&O.

La sistematización en bases de datos de las actividades de investigación, principalmente de los resultados experimentales, constituye un valioso apoyo para la futura investigación agropecuaria de la región, buscando reducir sus costos, evitar la duplicidad de esfuerzos y aminorar el tiempo de duración de la misma.

5.5 Meta 5: Sistemas de Información geográfica, suelos y aguas

Se pretende contribuir al desarrollo agrícola sostenible de la Orinoquia colombiana, a través del diseño de nuevos métodos y herramientas (guías, modelos de simulación, sistemas de información geográfica (SIG) y bases de datos, que apoyen la planificación, el diseño y aplicación de estrategias que aceleren el desarrollo regional.

En este esfuerzo participan varios proyectos de investigación del CIAT (manejo de tierras, suelos, agroempresas rurales) así como numerosos socios e instituciones de investigación, en los contextos comunitario, municipal, departamental y regional. La labor realizada está estrechamente vinculada, con las actividades de planeación y ordenamiento territorial adelantadas por entidades de orden municipal de la región.

Las actividades de esta meta se resumen en: a) Implementación de estrategias para contrarrestar la degradación de los suelos y para su uso productivo con mínimo impacto ambiental. b) Diseño y aplicación de metodologías participativas, para la planificación del uso de la tierra y de herramientas para la evaluación de los mercados y la calidad de los suelos. c) Creación de bases de datos, sistemas de información geográfica y de sistemas de apoyo a los Planes de Ordenamiento territorial (POT) en el ámbito municipal y regional (Figura 10).

Como complemento a las actividades anteriores, se ejecutan labores de monitoreo de la implementación del POT de Puerto López, en cuyo diseño hubo una activa participación de la Meta 5.

La capacitación de personal nacional y la elaboración de materiales didácticos, es una estrategia apropiada, para multiplicar en la región y en el país, el impacto de los productos y resultados tecnológicos que se logren.

Figura 8 Convenio MADR - CIAT
Meta 3: Arroz de secano
Actividades y Productos Tecnológicos

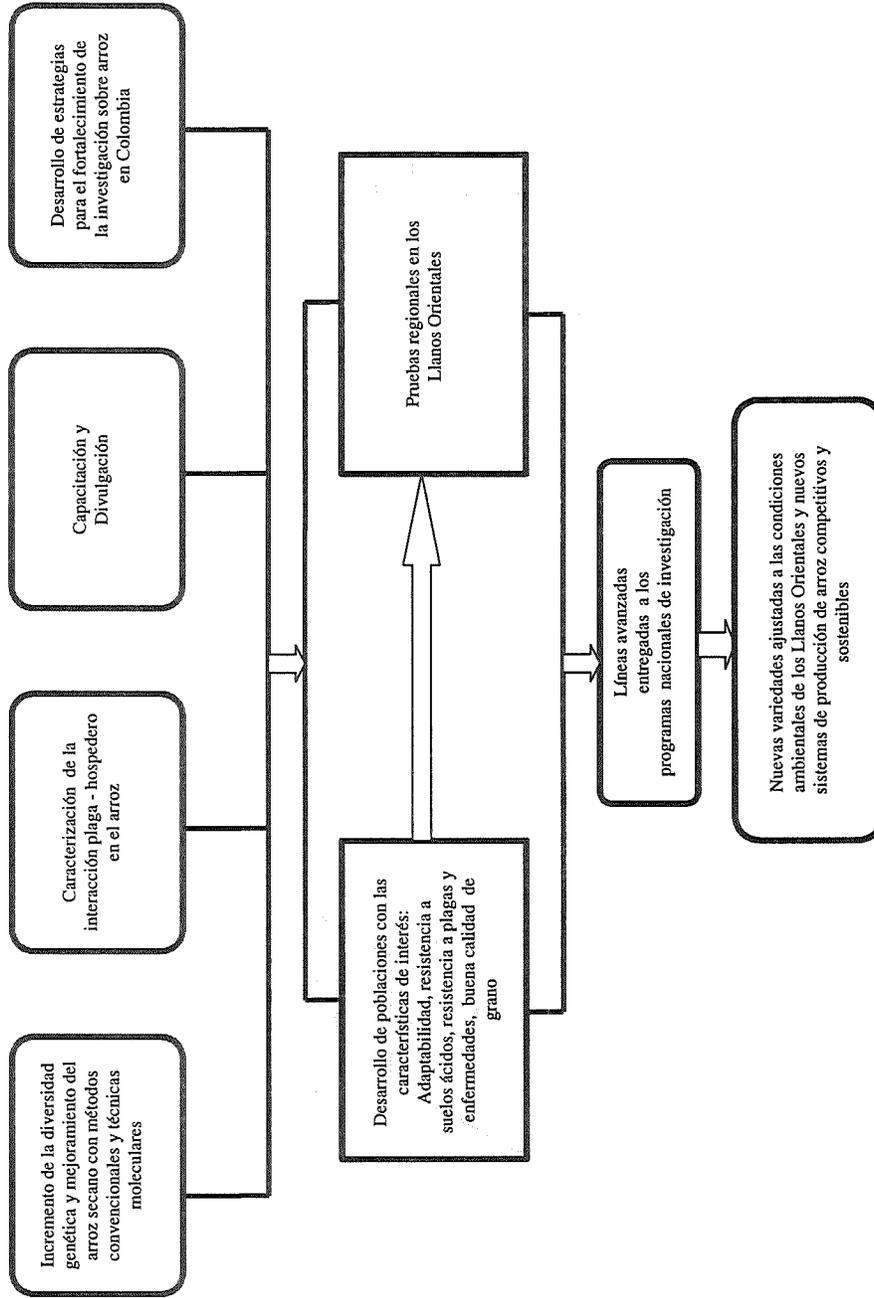


Figura 9 Convenio MADR- CIAT
Meta 4: Gramíneas y Leguminosas Tropicales
Actividades y Productos Tecnológicos

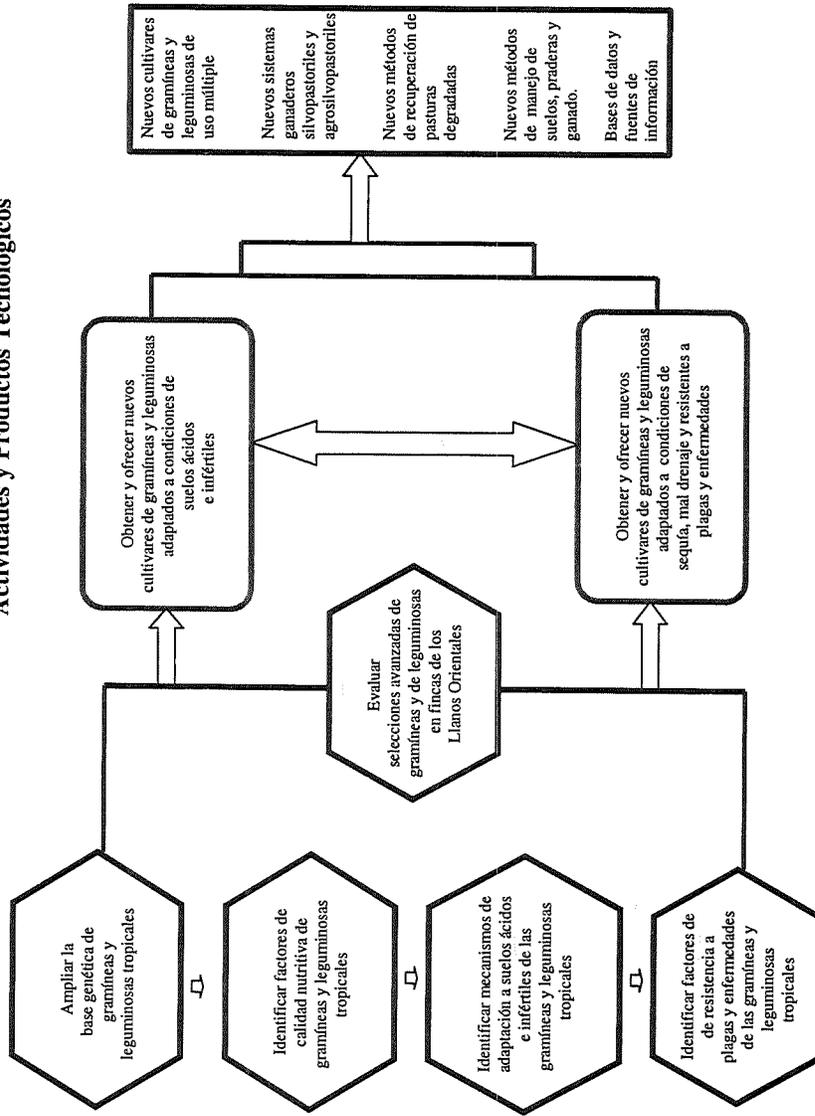
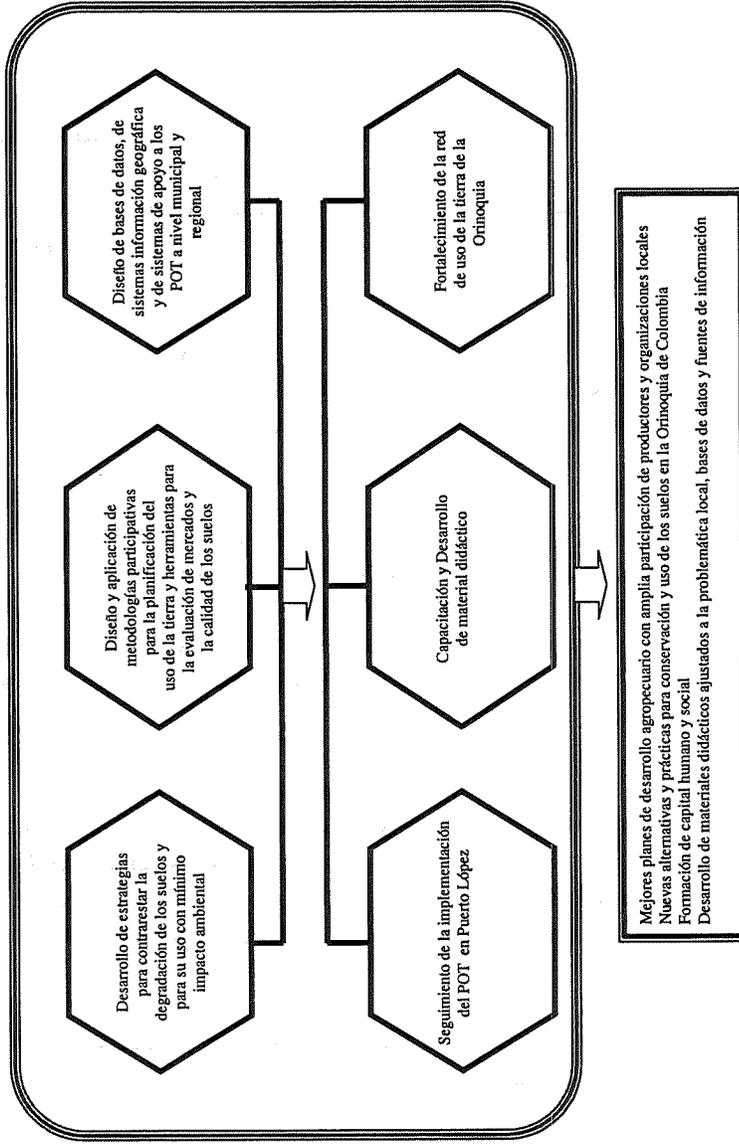


Figura 10 Convenio MADR - CIAT
Meta 5: Sistemas de Información Geográfica, Suelos y Agua
 Actividades y Productos Tecnológicos



Se considera que los esfuerzos para fortalecer la red regional de uso de la tierra, son esenciales para conseguir un desarrollo eficiente y sostenible.

Los resultados previstos de las actividades señaladas, se manifestarán en: a) El diseño de mejores planes de desarrollo agropecuario con amplia participación de los productores y de las organizaciones locales. b) Mayor disponibilidad de métodos y prácticas alternativas, para el uso y conservación de los suelos de la Orinoquia. c) Incremento del capital social y humano de la región. d) Producción de material didáctico ajustado a la problemática y necesidades locales, bases de datos y fuentes de información.

5.6 Meta 6: Recursos Genéticos

El tema de la disponibilidad y conservación de los recursos genéticos es crítico cuando se plantea una modernización agrícola, cuyas bases son el mayor acceso de los agricultores a germoplasma más productivo y adaptado y la implementación de sistemas agrícolas complejos, que involucran múltiples componentes de pastos y de cultivos, anuales y perennes.

El objetivo más específico de la Meta 6 es identificar y hacer disponible para las entidades nacionales, germoplasma elite, para los diversos sistemas agrosilvopastoriles del país, con particular énfasis en los Llanos Orientales y algunas áreas de los Valles Interandinos.

Para cumplir el objetivo los esfuerzos en el área de los recursos genéticos se concentran en: a) Caracterización de germoplasma. b) Documentación de parámetros de conservación de especies frutales de importancia económica. c) Elaboración de investigaciones para establecer protocolos de conservación de especies frutales nativas. d) Distribución de germoplasma y e) Capacitación de investigadores nacionales y difusión de los resultados de la investigación. (Figura 11)

Se espera lograr los siguientes productos: a) Germoplasma viable, caracterizado, documentado y distribuido. b) Germoplasma de interés para los centros de investigación nacional caracterizado. c) Inventario de parámetros de conservación de especies frutales de importancia económica. d) Establecimiento de protocolos de conservación para especies frutales nativas. e) Formación de capital humano, creación de bases de datos y difusión de los resultados logrados.

5.7 Meta 7: Desarrollo de tecnologías para sistemas de producción sostenible con maíz en los Llanos Orientales de Colombia

Este trabajo es ejecutado por el Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), en estrecha cooperación con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (CORPOICA) La investigación incluye dos grandes componentes: a) Desarrollo de germoplasma adaptado a las condiciones edafoclimáticas de la altillanura Oriental y b) Realización de estudios agronómicos sobre los requerimientos del cultivo de maíz en esa región del país. (Figura 12)

Figura 11 Convenio MADR - CIAT
Meta 6: Recursos Genéticos
Actividades y Productos Tecnológicos

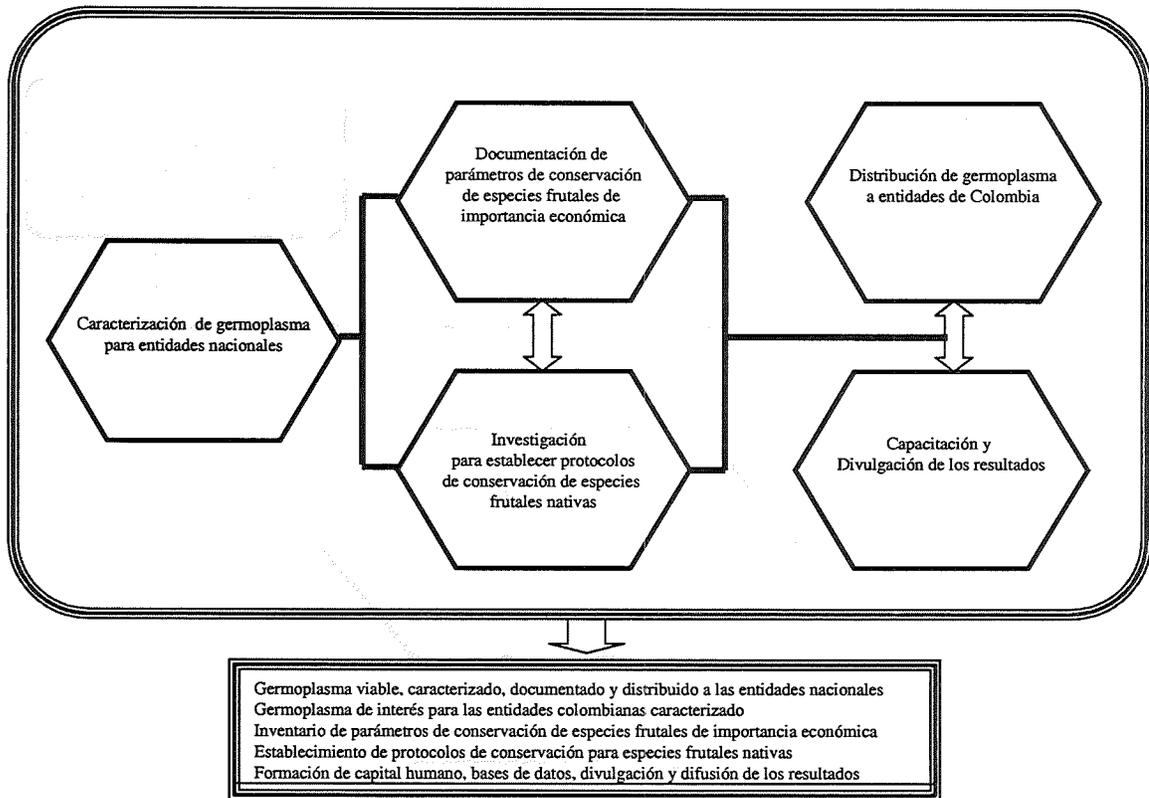
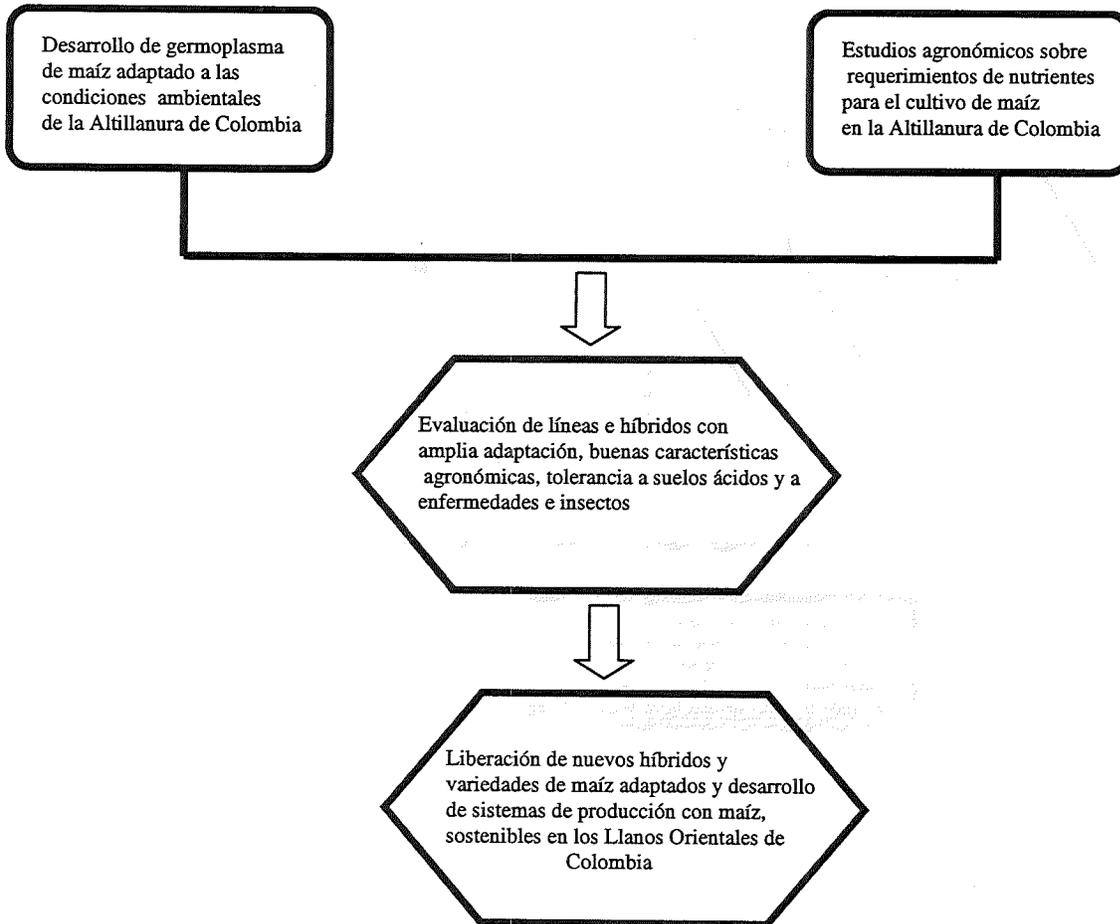


Figura 12 Convenio MADR - CIAT
Meta 7: Maíz
Actividades y Productos Tecnológicos



El resultado inmediato de éstas actividades es la obtención para su evaluación de nuevas líneas e híbridos, con amplio rango de adaptación, buenas características agronómicas, tolerancia a suelos ácidos y a enfermedades e insectos. Superada la fase de evaluación, se entregan los materiales mejorados a los productores de la región: nuevas variedades e híbridos de alta productividad y adaptación a diversos ambientes. Se anticipa que el nuevo germoplasma de maíz, será un componente muy importante en los nuevos sistemas agrícolas, en el contexto de una producción agropecuaria regional sostenible eficiente y diversificada.

5.8 Meta 8: Capacitación y divulgación de los resultados técnicos

Uno de los principales objetivos de esta área es el fortalecimiento de la capacidad científica de los profesionales nacionales, vinculados a entidades de investigación, desarrollo y fomento, universidades y ONGs, para el diseño y ejecución individual o de forma colaborativa, de proyectos e iniciativas de investigación y difusión tecnológica.

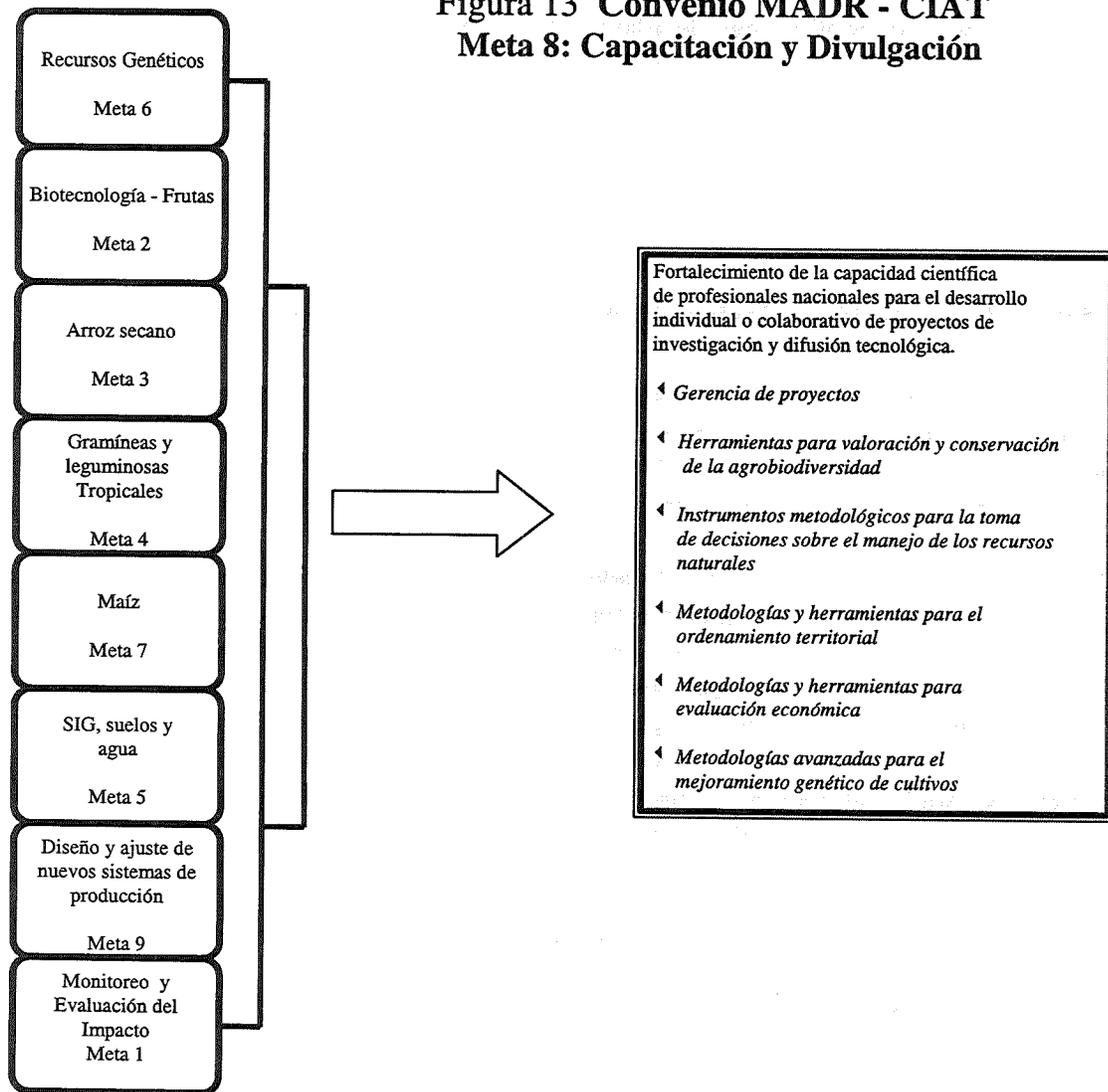
La divulgación y transferencia a las entidades nacionales de los resultados, conocimientos y metodologías obtenidas, es de importancia crítica para lograr el impacto esperado, tanto en la región de referencia como en otras áreas de Colombia. La Meta 8 coordina, refuerza y complementa las acciones de capacitación y divulgación emprendidas individualmente por las otras metas o subproyectos. (Figura 13) Los grandes temas en los cuales se está trabajando en cuanto a capacitación y divulgación, son: a) Gerencia de proyectos. b) Herramientas para la valoración y conservación de la agrobiodiversidad. c) Instrumentos metodológicos, para la toma de decisiones sobre el uso y el manejo de los recursos naturales. d) Metodologías y herramientas para el apoyo de actividades de ordenamiento territorial. e) Metodología y herramientas para la evaluación económica. f) Técnicas avanzadas para el mejoramiento genético de los cultivos.

5.9 Meta 9: Ensamble y ajuste de sistemas de producción en el CNI Carimagua

Esta meta utiliza como insumos básicos gran parte de los resultados y productos técnicos obtenidos por las otras metas. Dada la importancia estratégica de los aspectos de sostenibilidad, eficiencia y diversificación de la producción, la Meta 9 cumple una función integradora, encaminada al diseño y ensamble de sistemas mixtos de producción que incluyen diversos componentes de cultivos, pastos y árboles, que posibiliten un uso más sostenible de los recursos naturales y al mismo tiempo propicien la diversificación de la producción de forma eficiente.

Las actividades ejecutadas en el CNI Carimagua, en la Orinoquia colombiana, son: a) Evaluación agronómica y productiva de especies herbáceas en avanzado estado de desarrollo. b) Caracterización y evaluación de árboles y arbustos en sistemas de producción animal. c) Evaluación de germoplasma y desarrollo de prácticas sostenibles para el manejo de cítricos y frutales. d) Diseño, evaluación y ajuste de esquemas de alimentación y de manejo animal. e) Desarrollo de sistemas sostenibles de producción integrada de cultivos, pastos y árboles adaptados a suelos ácidos. f) Producción de un

Figura 13 Convenio MADR - CIAT
Meta 8: Capacitación y Divulgación



sistema de indicadores de adopción y degradación de pasturas en el Piedemonte y la Altillanura, basado en sensores remotos. (Figura 14)

Los resultados esperados de esta meta sintetizan y consolidan los logros de las distintas metas del Convenio y se traducen en múltiples opciones para la producción agropecuaria sostenible en la Orinoquia y Amazonia de Colombia en la forma de: a) Nuevas variedades de pastos, forrajes y cultivos anuales y perennes. b) Nuevos sistemas integrados de producción pastoriles, agropastoriles, agrosilvopastoriles. c) Nuevas opciones de uso y manejo de los pastos, el ganado, los cultivos y los recursos naturales.

6. Productos/resultados científicos

La identificación de los resultados obtenidos por el Convenio en el período 1999-2000, se hizo a través de la revisión de los planes de trabajo y de los informes de avance semestrales y anuales de dicho período, reportados por las diferentes Metas que constituyen el Convenio.

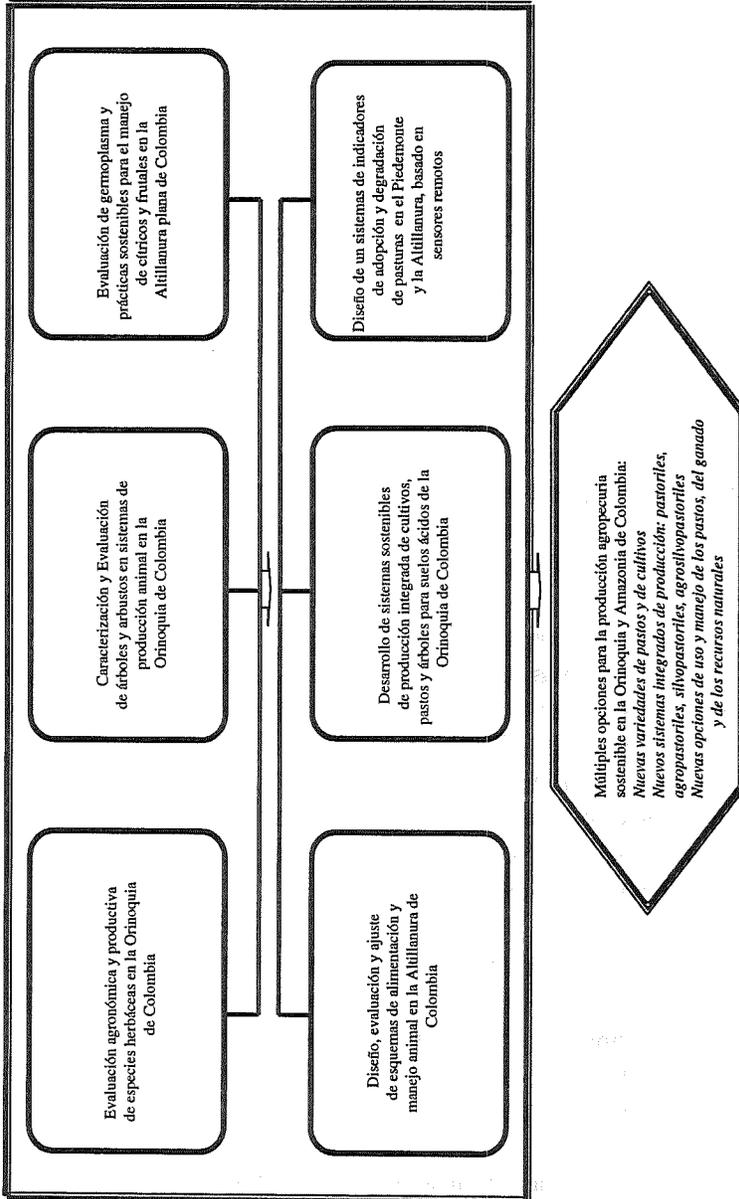
Los resultados científicos se pueden agrupar de diversas formas, una de ellas es por tipo o clase de resultado. Para el efecto, se organizaron en ocho categorías a saber: 1) Nuevas metodologías y conocimientos científicos. 2) Nuevos conocimientos para su aplicación por los productores y usuarios. 3) Avances en recursos genéticos. 4) Desarrollo de nuevos cultivares de pastos y de cultivos y de sistemas de producción. 5) Investigación y validación en fincas. 6) Capacitación y Divulgación. 7) Desarrollo de bases de datos y fuentes de información y 8) Liberación de cultivares.

El cuadro 1 muestra 36 resultados tecnológicos que corresponden al grupo de metodologías y conocimientos científicos generados en el período de referencia. Estos logros se pueden catalogar como pertenecientes al área de investigación más básica, y se constituyen en pilares para nuevos avances científicos. Resultados de investigación de carácter más aplicada, se consignan en el Cuadro 2, el cual incluye 10 nuevos conocimientos y metodologías de aplicación inmediata, por los productores y/o usuarios. Estos logros técnicos están disponibles para su utilización en el campo de la producción, en la medida que ellos se difundan entre los grupos interesados.

Los esfuerzos de la investigación en recursos genéticos se reflejan en los resultados consignados en el Cuadro 3. Este incluye 13 logros en diferentes áreas de trabajo que van desde la creación y mantenimiento de bancos de germoplasma, el desarrollo de protocolos de conservación y almacenamiento, la distribución y adquisición de materiales genéticos, hasta la identificación de nuevos clones.

El desarrollo de nuevos cultivares y de sistemas de producción es un área de trabajo clave tanto para mejorar la productividad como para conservar la base de recursos naturales. En el Cuadro 4 se presentan 39 resultados técnicos resultantes del trabajo efectuado en gramíneas y leguminosas forrajeras, arroz de secano, maíz, y en sistemas de producción en el CNI Carimagua.

Figura 14 Convenio MADR - CIAT
Meta 9: Carimagua. Ensamble y ajuste de sistemas de producción
Actividades y Productos Tecnológicos



Cuadro 1. Nuevos Conocimientos Científicos y Metodologías. 1999-2000

No.	Descripción	Meta
1	Método de propagación in vitro de guanábana (microinjertación cíclica)	Biotecnología - frutas
2	Método de optimización de la propagación in vitro del lulo	Biotecnología - frutas
3	Empleo de <i>A. montana</i> como patrón resistente a antracnosis, generando materiales para uso en invernadero	Biotecnología - frutas
4	Identificación de fuentes de diversidad genética en <i>Capsicum peppers</i>	Biotecnología - frutas
5	Regeneración in vitro de lulo a partir de tejidos somáticos	Biotecnología - frutas
6	Avances en el establecimiento de un sistema de propagación clonal in vitro para 8 selecciones de lulo y 5 de tomate de árbol	Biotecnología - frutas
7	Estudios usando técnicas retrocruzamiento y marcadores moleculares sugieren que algunas regiones del genoma de especies silvestres de arroz, contienen genes utilizables para el mejoramiento del arroz cultivado	Arroz seco
8	Los QTL's derivados de <i>O. rufipogon</i> se expresan en ambientes y constitución genética diferentes	Arroz seco
9	Se identificaron en el cruce <i>Caiapo/O. rufipogon</i> , 25 QTL's asociados con varias características agronómicas. Con el cruce <i>Bg90-2/O. rufipogon</i> se detectaron otras 22.	Arroz seco
10	Se identificó la combinación de resistencia Pi-1, Pi-2 y Pi-11, como la más apropiada para potencialmente conferir resistencia durable a todos los linajes genéticos y diversidad patogénica de <i>Pyricularia grisea</i> en el país.	Arroz seco
11	Se desarrollaron estrategias, para ser implementadas por los productores, sobre el manejo del virus de hoja blanca y su vector	Arroz seco
12	Identificación de posibles biotipos de <i>Tagosodes orizicolus</i> , en diferentes zonas arroceras de Colombia. Se efectuaron mediciones de agresividad.	Arroz seco
13	Inicio del programa de retrocruzamiento, ayudado por inoculaciones controladas y asistido por marcadores moleculares, para inoculación de genes de resistencia a <i>Pyricularia</i> en variedades de arroz.	Arroz seco
14	Se registran progresos en la introgresión de características agronómicas deseables del nuevo tipo de planta desarrollado por el IRRRI en el germoplasma latinoamericano. Se han identificado tanto líneas F4 como doble haploides con las características buscadas.	Arroz seco
15	Líneas avanzadas seleccionadas fenotípicamente en el cruzamiento <i>Bg90-2/O. rufipogon</i> han mostrado potencial de rendimiento superior al padre recurrente a través de generaciones diferentes	Arroz seco
16	Se demostró que la actividad biológica de los taninos presentes en muchas especies de leguminosas tropicales, está asociada con su composición química y peso molecular, que a su vez cambian con factores edáficos y climáticos.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
17	Se determinó que la digestibilidad de leguminosas leñosas con taninos, estaba más correlacionada a la fibra, que con las fracciones de tanino condensado.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
18	Se identificaron atributos fisiológicos y bioquímicos en <i>Brachiaria</i> que fueron útiles para desarrollar métodos de selección de híbridos de <i>Brachiaria</i> por adaptación a suelos ácidos, dentro del programa de mejoramiento de esta especie.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
19	Se implementó un procedimiento rápido y confiable de selección para evaluar la resistencia a Al de híbridos de <i>Brachiaria</i> , utilizando estacas caulinares. Se identificaron híbridos con moderada de resistencia a Al	Gramíneas y leguminosas Tropicales
20	Se desarrolló una metodología rápida para seleccionar híbridos de <i>Brachiaria</i> por resistencia a <i>Rhizoctonia</i>	Gramíneas y leguminosas Tropicales
21	Se demostró que la aplicación de fósforo y el uso de labranza al establecer <i>A. pintoi</i> , ejercieron efectos mínimos en la persistencia de esta	Gramíneas y leguminosas Tropicales

No.	Descripción	Meta
	leguminosa en suelos degradados en Caquetá, Colombia.	
22	Se demostró que el desempeño superior en época seca del híbrido FM9503-S046-024 de <i>Brachiaria</i> , el cual conservó una mayor proporción de hojas verdes en la época seca, está relacionado con bajos niveles de K y N en las hojas verdes.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
23	Se avanzó en la comprensión de los mecanismos de resistencia que tienen Híbridos de <i>Brachiaria</i> a cuatro especies comunes de salivazo.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
24	Se desarrollaron marcadores moleculares (microsatélites) para identificar el modo reproductivo de progenies en el Programa de Mejoramiento de <i>Brachiaria</i> .	Gramíneas y leguminosas Tropicales
25	Se identificaron marcadores moleculares (QTL's) tentativos para seleccionar híbridos de <i>Brachiaria</i> por resistencia a salivazo.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
26	Se lograron avances significativos en el mapeo molecular de <i>Brachiaria</i> usando microsatélites y marcadores AFLP.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
27	Se estableció que la semilla de papaya puede ser conservada completamente en nitrógeno líquido	Recursos Genéticos
28	Desarrollo de una estrategia para monitorear el impacto de la adopción de las metodologías sobre "mejor manejo de la tierra", diseñadas por CORPOICA-CIAT.	SIG, Suelos y Agua
29	Diseño de una guía metodológica para involucrar a la comunidad en la toma de decisiones sobre el uso de la tierra. Se capacitaron 60 profesionales y se distribuyó material didáctico.	SIG, Suelos y Agua
30	Desarrollo de una metodología sencilla de planificación participativa, para la integración de condiciones deseables, tareas y solicitudes de los grupos interesados, a diferentes niveles administrativos.	SIG, Suelos y Agua
31	Los ensayos para determinar los requerimientos de nutrientes para la producción de maíz en la Altillanura, permitieron evaluar los requerimientos de Zn y N, las densidades de siembra y los niveles adecuados de cal y yeso.	Maíz
32	Adquisición de 6 imágenes de Landsat -7 para los Llanos Orientales, que se aplicaron a 14 coberturas vegetales, para el monitoreo del uso del suelo en esa región	CNI Carimagua
33	Clasificación de las coberturas del suelo fáciles de identificar mediante el uso de sensores remotos.	CNI Carimagua
34	Se identificaron posibles aplicaciones para trabajos de ordenamiento territorial en el ámbito de la finca.	CNI Carimagua
35	Se diseñaron protocolos de evaluación de campo para pasturas en diferentes estados de degradación y se estandarizaron las técnicas de análisis digital de imágenes.	CNI Carimagua
36	Identificación de áreas de estudios piloto: 8 en el Piedemonte, 5 en la Altillanura plana, 4 en zonas disectadas de Puerto López y 4 en Carimagua.	CNI Carimagua

Cuadro 2. Nuevos Conocimientos Científicos y Metodologías para ser usadas por los Productores / Usuarios. 1999-2000

No.	Descripción	Meta
1	Se encontró que un sistema de pastoreo directo de <i>Cratylia argentea</i> en asociación con una gramínea condujo a un rendimiento mayor de leche, comparado con el sistema de corte y acarreo	Gramíneas y leguminosas Tropicales
2	Se encontró que las diferencias en el valor forrajero de la leguminosa arbustiva <i>Calliandra calothyrsus</i> suministrada a ovinos, como suplemento eran afectadas por la procedencia, la fertilidad del suelo y el manejo poscosecha del forraje cosechado (fresco vs secado al sol)	Gramíneas y leguminosas Tropicales
3	Se confirmó que la producción de leche por vaca con <i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26110 cv Toledo, es inferior que con otros cultivares comerciales del mismo genero, pero que dada su alta producción de biomasa, la producción de leche por hectárea puede ser mayor que con otros cultivares comerciales.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
4	Se constató que la producción de leche por vaca con el híbrido <i>Brachiaria</i> CIAT 36061, cv. Mulato, el primer híbrido en alcanzar el estado de cultivar, fue mayor que con otros cultivares comerciales de <i>Brachiaria</i> .	Gramíneas y leguminosas Tropicales
5	Se encontró que el <i>Desmodium ovalifolium</i> CIAT 13651 es una alternativa económica, como cobertura en plantaciones de caucho y palma africana en los Llanos Orientales.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
6	Se estableció que el caupí (<i>Vigna unguiculata</i>) como abono verde, aumentaba hasta dos veces el rendimiento del maíz en comparación con el cultivo no fertilizado, y hasta 50% más del rendimiento, en comparación con el cultivo fertilizado con 80 kg/ha de N.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
7	Desarrollo del modelo CLIMCROP como herramienta para la toma de decisiones sobre selección de cultivos en concordancia con las limitaciones climáticas de cada municipalidad.	SIG, Suelos y Agua
8	Actualización del CD - Rom que incluye diferentes herramientas desarrolladas para un mejor uso de la tierra: Map maker popular – Guía de aprendizaje de Map maker – Guía de evaluación de la capacidad de los suelos – Metodología para la toma de decisiones en las comunidades, sobre el uso de la tierra – Los principios del ordenamiento territorial.	SIG, Suelos y Agua
9	Desarrollo de estrategias para el manejo del virus de hoja blanca y su vector. para ser aplicadas por los productores	Arroz seco
10	Entrega del modelo MODEXC para evaluación económica del cambio técnico.	Evaluación de Impacto

Cuadro 3. Avances en el área de Recursos genéticos. 1999-2000

No.	Descripción	Meta
1	Elaboración para mantenimiento <i>in situ</i> de bancos genéticos de <i>Capsicum peppers</i>	Biotecnología - frutas
2	Colectas de pasifloras en la zona Andina. Análisis de 126 entradas pertenecientes a 26 especies.	Biotecnología - frutas
3	Desarrollo de protocolos para almacenar en frío (-20° Celsius) semillas de frutas	Biotecnología - frutas
4	Desarrollo de protocolos para almacenamiento de largo plazo de <i>Passiflora</i> y <i>Carica</i> (papaya)	Biotecnología - frutas
5	Identificación de 3 nuevos clones de guanábana con resistencia a antracnosis, que se llevarán a pruebas en finca en 2001	Biotecnología - frutas
6	Caracterización de 5068 accesiones de fríjol y 780 de forrajes. Las características estudiadas fueron: Hábito de crecimiento, altura al comenzar la floración, inicio y fin del período de cosecha, presencia de plagas y de enfermedades	Recursos Genéticos
7	Distribución de 6949 entradas a partir de la colección FAO: 4256 de fríjol, 517 de forrajes y 2176 de yuca. Los mayores receptores fueron CORPOICA y los proyectos de investigación del CIAT.	Recursos Genéticos
8	Introducción con el apoyo de CORPOICA, de la colección de leguminosas forrajeras de CSIRO (Australia), incrementando la disponibilidad de nuevos pastos.	Recursos Genéticos
9	Listado de especies frutales de importancia económica, incluyendo familia, genero, especie y nombres comunes.	Recursos Genéticos
10	Siembra y cosecha en las estaciones de Popayán y Quilichao de materiales forrajeros y de fríjol, que no cumplen con los estándares de la FAO. Se estudiaron 12 características de interés morfoagronómico.	Recursos Genéticos
11	Avances en la recopilación de parámetros claves para la conservación de especies frutales nativas de Colombia: Fisiología de la semilla, biología reproductiva, etc.	Recursos Genéticos
12	Logros en el establecimiento de protocolos de conservación <i>in vitro</i> para especies frutales de importancia económica: Diferentes métodos de conservación evaluados, protocolos, parámetros de viabilidad, de humedad y de tamaño de fruta/semilla establecidos.	Recursos Genéticos
13	Trabajos en marcha con materiales <i>in vitro</i> de los siguientes frutales promisorios: lulo, tomate de árbol, aguacate, papaya: Perfeccionamiento de los protocolos de extracción de yemas, brotes y de esterilización.	Recursos Genéticos

Cuadro 4. Desarrollo de cultivares de pastos y de cultivos y de Sistemas de Producción. 1999-2000

No	Descripción	Meta
1	Se identificaron híbridos de <i>Brachiaria</i> con alta resistencia a varias especies de salivazo y con mediana adaptación a niveles altos de Al en el suelo.	Gramíneas y Leguminosas Tropicales
2	Identificación de accesiones sobresalientes de <i>Paspalum</i> (<i>P. plicatulum</i>) CIAT 26980, <i>P. arundinellum</i> CIAT 26987. Por su adaptación a suelos mal drenados, frecuentes en los Llanos de Colombia.	Gramíneas y Leguminosas Tropicales
3	Se seleccionó <i>Arachis pintoi</i> CIAT 22159 como genotipo promisorio para suelos ácidos de baja fertilidad.	Gramíneas y Leguminosas Tropicales
4	Se identificaron accesiones de <i>Arachis pintoi</i> para diferentes ambientes y para distintos sistemas de producción en Colombia.	Gramíneas y Leguminosas Tropicales
5	Se demostró que las accesiones <i>P. maximum</i> CIAT 16061 y 36000 presentan un crecimiento radicular superior al del cultivar comercial <i>P. maximum</i> cv. Vencedor y que en consecuencia su adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad es mayor.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
6	Se identificaron varias accesiones de <i>Calliandra calothyrsus</i> (CIAT 22310, 22312 y 22316) como promisorias para sistemas silvopastoriles en los Llanos.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
7	Multiplicación y distribución a diferentes colaboradores en Colombia de semilla experimental y básica de gramíneas y leguminosas promisorias.	Gramíneas y leguminosas Tropicales
8	El trabajo de investigación para suelos ácidos en maíz en los Llanos ha permitido obtener 2850 líneas al nivel de endocría, seleccionadas por su resistencia a suelos ácidos y otras características.	Maíz
9	Con base en ensayos efectuados en 1999 se seleccionaron 70 líneas avanzadas de grano amarillo y 24 de grano blanco de poblaciones heteróticas. De las cruza resultantes se generaron híbridos (25 amarillos y 12 blancos), los cuales se incluyeron en los ensayos de suelos ácidos.	Maíz
10	Multiplicación de la semilla de los híbridos aprobados para su liberación en los Llanos.	Maíz
11	Inició de la evaluación de 13 híbridos blancos tolerantes a suelos ácidos, para su eventual validación y liberación.	Maíz
12	Selección de 57 líneas eficientes de maíz en condiciones de bajos niveles de fósforo.	Maíz
13	Selección y siembra de 5 híbridos en pruebas de validación, para supervisión del ICA, considerando la posible liberación de algunos de ellos.	Maíz
14	Prueba en la costa Atlántica de 8 híbridos para su liberación futura.	Maíz
15	Desarrollo de las primeras poblaciones mediante selección recurrente con base genética estrecha para el arroz seco, que se están evaluando en pruebas regionales en los Llanos Orientales.	Arroz seco
16	Varias líneas avanzadas seleccionadas fenotípicamente en el cruzamiento Bg90-2/O. <i>rufipogon</i> han mostrado un potencial de rendimiento superior al padre recurrente a través de generaciones diferentes.	Arroz de seco
17	Desarrollo de poblaciones para las condiciones de arroz seco mediante el método de selección recurrente, buscando resistencia al VHB, pyricularia y otras características agronómicas deseables.	Arroz de seco
18	Evaluación de más de 1200 líneas por resistencia a VHB. Resultados superiores a 50% en cuanto a resistencia.	Arroz de seco
19	Entrega de 100 líneas segregantes a la Universidad del Tolima, para evaluaciones en esa región.	Arroz de seco
20	Evaluación de nuevos materiales forrajeros herbáceos introducidos: <i>Pueraria phaseoloides</i> y <i>B. Humidicola</i>	CNI Carimagua

No	Descripción	Meta
21	Evaluación en el campo para producción de semilla de <i>B. brizantha</i> CIAT 26110, 26318, 16121 y <i>B. humidicola</i> , considerando cuatro niveles de fertilización.	CNI Carimagua
22	Evaluación del potencial de producción de semilla de 5 ecotipos de <i>D. ovalifolium</i> , bajo diferentes condiciones de suelo, sombra y libre exposición.	CNI Carimagua
23	Evaluación del potencial de producción y multiplicación de semillas de los materiales forrajeros promisorios: <i>B. brizantha</i> , <i>D. ovalifolium</i> .	CNI Carimagua
24	Introducción de los ecotipos <i>A. pintoii</i> (CIAT 18748, 18744, 22160 y 17434 como testigo), en praderas ya establecidas de <i>B. dictyoneura</i> y <i>B. Decumbens</i> , en suelo franco arcilloso, para evaluar su compatibilidad y persistencia bajo pastoreo.	CNI Carimagua
25	Evaluación de la producción de carne de animales en pastoreo sobre una pastura de <i>P. maximum</i> . CIAT 33000.	CNI Carimagua
26	Evaluación del efecto de la fertilización con elementos menores sobre la calidad y palatabilidad de <i>D. Ovalifolium</i> .	CNI Carimagua
27	Evaluación bajo pastoreo, de gramíneas forrajeras en avanzado estado de selección.	CNI Carimagua
28	Evaluación de la respuesta en la producción animal, de materiales forrajeros en avanzado estado de selección. <ul style="list-style-type: none"> • <i>B. brizantha</i> 26110 + kudzú • <i>B. brizantha</i> 26318 + kudzú • <i>B. brizantha</i> 16121 + kudzú • <i>B. brizantha</i> cv. la Libertad + kudzú • <i>B. decumbens</i> + kudzú ▪ <i>P. maximum</i> cv. <i>Tanzania</i> + Kudzú 	CNI Carimagua
29	Evaluación de ecotipos de <i>A. pintoii</i> asociados con <i>B. decumbens</i> y <i>B. dictyoneura</i> bajo pastoreo.	CNI Carimagua
30	Evaluación del efecto de la suplementación en verano en el crecimiento de novillas de reemplazo en hatos de cría en la altillanura.	CNI Carimagua
31	Evaluación del efecto de la suplementación antes y después del parto sobre el comportamiento productivo y reproductivo de vacas en hatos de cría de la altillanura.	CNI Carimagua
32	Determinación de la Influencia del factor sombra artificial en las ganancias de peso de ganado bovino en un hato del C.I. Carimagua.	CNI Carimagua
33	Evaluación de esquemas de alimentación para disminuir la edad de sacrificio en novillos en pastoreo.	CNI Carimagua
34	Caracterización y evaluación de árboles y arbustos en sistemas de producción animal en la Orinoquia.	CNI Carimagua
35	Evaluación en dos localidades típicas de la Altillanura, de 16 especies arbóreas con potencial multipropósito, para conocer su adaptación edafoclimática a la altillanura.	CNI Carimagua
36	Evaluación de un sistema silvopastoril, <i>Anacardium occidentale</i> y <i>B. decumbens</i> asociado, para recuperación de pasturas bajo un dosel de árboles.	CNI Carimagua
37	Establecimiento de parcelas con 6 gramíneas promisorias para evaluar su calidad y persistencia bajo pastoreo flexible.	CNI Carimagua
38	Establecimiento de 10 has de cítricos en el C.I. Carimagua: naranja valencia, limón tahití, mandarina arrayana, tangelo minneola, bajo 5 tratamientos de labranza y fertilización, para evaluación de germoplasma y desarrollo de prácticas de cultivo.	CNI Carimagua

No	Descripción	Meta
39	<p>Continuación de 10 tratamientos de la Fase I del proyecto CULTICORE, que busca desarrollar sistemas sostenibles de producción de cultivos y de pastos, para los suelos ácidos de la Altillanura Colombiana.</p> <p><u>Siembra Directa</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - arroz monocultivo - arroz - caupí - arroz - abono verde - sabana nativa - arroz - agropastoriles <p><u>Labranza Reducida</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - maíz monocultivo - maíz - soya - maíz - abono verde - sabana nativa - maíz - agropastoril <p>- Monitoreo y registro de cambios en:</p> <ul style="list-style-type: none"> Química de suelos (Ca, Mg, P, K, Al) Física de suelos (penetrabilidad y ruptura) Agronomía y fisiología (rendimientos) MIP 	CNI Carimagua

Los materiales genéticos más avanzados generados por el proceso de desarrollo de germoplasma, se prueban y validan en las condiciones de las fincas de los productores, como paso previo a su liberación como cultivares comerciales. En el Cuadro 5 se muestran 7 resultados obtenidos de los trabajos de investigación y validación en fincas.

Cuadro 5. Investigación y Validación en fincas. 1999-2000

No	Descripción	Meta
1	Siembra de nuevas accesiones de <i>Brachiaria brizantha</i> (CIAT 26110, 26124, 26318 y 26556) en fincas de la Altillanura y el Piedemonte. Los resultados iniciales muestran que la accesión 26610 es una buena alternativa para el Piedemonte, mientras que la accesión 26124 es una alternativa para la Altillanura.	Gramíneas y Leguminosas Tropicales
2	Se encontró que la introducción de <i>Arachis pintoii</i> en pasturas degradadas en fincas en la Altillanura no fue exitosa, independientemente del ecotipo usado o la densidad de la siembra. Sin embargo, se demostró que <i>Arachis pintoii</i> si es una alternativa para recuperar pasturas degradadas de <i>Brachiaria</i> en el Piedemonte; y que <i>Desmodium ovalifolium</i> es una buena alternativa para recuperar pasturas en la Altillanura.	Gramíneas y Leguminosas Tropicales
3	Se demostró que la leguminosa arbustiva <i>Cratylia argentea</i> es una buena alternativa forrajera para vacas lecheras en la época seca en fincas del Piedemonte y la Altillanura.	Gramíneas y Leguminosas Tropicales
4	Se demostró que el <i>Desmodium ovalifolium</i> (CIAT 13651) es una mejor cobertura en plantaciones de caucho en los Llanos que el Kudzú o el <i>Arachis</i> .	Gramíneas y leguminosas Tropicales
5	Evaluación en 6 fincas de microinjertos de guanábana	Biotecnología - frutas
6	Distribución de 200 plantas de guanábana en 5 fincas seleccionadas de Huila y Valle para ensayos de producción.	Biotecnología - frutas
7	Evaluación del comportamiento de los clones Elita, sembrados en fincas de los productores	Biotecnología - frutas

Una de los grandes problemas que enfrentan los investigadores agrícolas en el país es la acentuada escasez de información tanto de tipo biológico como socioeconómico. Además

de lo anterior, gran parte de ella no está ordenada ni sistematizada, por lo cual es difícil su obtención y empleo.

En el desarrollo de las actividades del Convenio MADR – CIAT se ha colocado particular énfasis en la documentación de la información obtenida, mediante la implementación de bases de datos y la elaboración de documentos, que faciliten su utilización por otros investigadores y que además reduzcan la posibilidad de la duplicidad de esfuerzos, la cual tiene implicaciones negativas, en términos de costos y de recursos humanos. En el Cuadro 6 se incluyen 15 resultados, en el tema de desarrollo de bases de datos y de fuentes de información.

Cuadro 6. Diseño de Bases de Datos y Fuentes de Información. 1999-2000

No	Descripción	Meta
1	Desarrolló una versión preliminar de una base de datos enfocada al diagnóstico de suelos, para las condiciones de la Altillanura Plana de Colombia.	SIG, Suelos y Aguas
2	Desarrolló una versión electrónica del Plan de Ordenamiento Territorial de Puerto López en CD-ROM.	SIG, Suelos y Aguas
3	Actualización de la base de datos de todos los ensayos de suelos en los Llanos Orientales.	SIG, Suelos y Aguas
4	Diseño de un mapa de suelos aptos para mecanización en los Llanos Orientales.	SIG, Suelos y Aguas
5	Estudio de mercado en Puerto López, Villavicencio y Bogotá, para productos promisorios en las comunidades.	SIG, Suelos y Aguas
6	Elaboración del perfil socioeconómico de 5 comunidades seleccionadas de Puerto López (Puerto Guadalupe, El Turpial, Puerto Alicia, y los resguardos indígenas de Umapo y La Victoria).	SIG, Suelos y Aguas
7	Realización de varios sondeos para identificar los cultivos actuales y los de mayor interés para los agricultores de Puerto López, así como para conocer los problemas de comercialización.	SIG, Suelos y Aguas
8	Diseño en forma participativa con las comunidades de Puerto López, de varios escenarios de producción factibles.	SIG, Suelos y Aguas
9	Selección para su medición de un conjunto de indicadores sobre la calidad de los suelos.	SIG, Suelos y Aguas
10	Elaboración de una versión preliminar de un mapa de riesgo de degradación de los suelos en la Altillanura.	SIG, Suelos y Aguas
11	Identificación y Análisis de la situación y las tendencias socioeconómicas del período 1970 -1997 en la Amazonia y Orinoquia colombianas.	Evaluación de Impacto
12	Evaluación económica <i>ex-ante</i> de los beneficios sociales del desarrollo tecnológico para actividades productivas seleccionadas de A&O.	Evaluación de Impacto
13	Evaluación económica <i>ex-post</i> del desarrollo tecnológico en ganadería y arroz en A&O.	Evaluación de Impacto
14	Creación de una base de datos de 60 frutales neotropicales con los siguientes parámetros: Ciclo de vida, régimen reproductivo, tipo y comportamiento de los propágulos, tipo de conservación y referencias bibliográficas.	Recursos Genéticos
15	Desarrollo de una base de datos con interfase gráfica, que contiene información sobre las características agronómicas de 5374 accesiones de gramíneas y leguminosas, en Santander de Quilichao y Carimagua (Colombia).	Gramíneas y Leguminosas Tropicales

La capacitación y divulgación es una actividad complementaria a la anterior, ya que permite la difusión oportuna de los avances técnicos, como su correcta aplicación. Es la fuente de la mayor parte de las externalidades, es decir la aplicación en otros sitios del país (“spillovers”) de los conocimientos y resultados obtenidos. El Cuadro 7 resume 24 logros en ésta área de trabajo.

Cuadro 7. Capacitación y Divulgación. 1999-2000

No	Descripción	Meta
1	Curso sobre Gerencia de proyectos y herramientas para la conservación y valoración <i>ex situ</i> de la agrobiodiversidad. (15 participantes)	Capacitación & Divulgación
2	Curso sobre Metodologías y herramientas para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales (18 participantes)	Capacitación & Divulgación
3	Curso sobre metodologías y herramientas para la elaboración del plan de ordenamiento territorial municipal. (35 participantes)	Capacitación & Divulgación
4	Curso sobre aplicación integrada de métodos convencionales y moleculares, en el mejoramiento del cultivo del arroz (15 participantes)	Capacitación & Divulgación
5	Curso sobre promoción de la agroempresa rural para el desarrollo microrregional sostenible (12 participantes).	Capacitación & Divulgación
6	Manejo Integrado del Cultivo: estudio de caso del fríjol (18 participantes).	Capacitación & Divulgación
7	Perdomo Gladys, Tesis de pre - grado, Universidad del Valle. Evaluación de la tecnología de microinjertación <i>in vitro</i> de guanábano con nuevos clones promisorios. Finalizada en enero de 2001.	Biotecnología - frutas
8	Ruiz Juan, Evaluación del comportamiento agronómico de clones de guanábano propagados <i>in vitro</i> en diferentes localidades del Valle del Cauca y Huila. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Palmira. Iniciada en enero de 2000.	Biotecnología - frutas
9	Royero Nelson, Análisis de la variabilidad genética nativa de guanábano y especies anonáceas afines, por medio de marcadores moleculares. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Iniciada en enero de 2000.	Biotecnología - frutas
10	Capacitación para el diseño de Planes de Ordenamiento Territorial y en este contexto, la manera de utilizar el software MapMaker y la metodología de planificación participativa desarrollada en el CIAT: Capacitación de cerca de 60 profesionales en la formulación de planes y de cerca de 80 profesionales en el uso del software MapMaker.	SIG, Suelos y Agua
11	Ejecución de talleres de planificación participativa en cinco comunidades de Puerto López.	SIG, Suelos y Agua
12	Blandón Arias Eduin. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima. “Caracterización y Adaptación en las condiciones del Norte del Tolima de poblaciones de Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) de amplia y estrecha base genética desarrolladas con un gen de androesterilidad”.	Arroz seco
13	Ospina Yolima, Proyecto CIAT/CIRAD. Universidad Nacional de Palmira. “Evaluación del progreso genético para las condiciones de suelos ácidos y diferentes características agronómicas”.	Arroz seco
14	Pardey Katty, “Caracterización del mecanismo de resistencia a <i>Tagosodes orizicolus</i> (Muir) [Homoptera: Delphacidae] en cultivares de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Tesis de para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias, área de fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Postgrados sede Palmira, año 2000.	Arroz seco

No	Descripción	Meta
15	Pérez Alexander, Evaluación de insecticidas en el control de <i>Tagosodes orizicolus</i> (Muir) y su impacto sobre la fauna benéfica en arroz (<i>Oryza sativa</i>). Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, área de Entomología, Palmira, año 2000.	Arroz seco
16	Ejecución de un taller en Villavicencio para selección de líneas segregantes y fijas.	Arroz seco
17	Ejecución de un taller sobre bioseguridad en CIAT- Palmira.	Arroz seco
18	Preparación de dos publicaciones sobre la utilización de especies silvestres en el mejoramiento de arroz.	Arroz seco
19	García Díaz, S.X. 2000. Reconocimiento de enfermedades fungosas transmitidas por semilla asociadas al incremento de germoplasma de <i>Brachiaria</i> spp. (Poaceae, Paniceae) Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 178 p.	Recursos genéticos
20	Guzmán Díaz, F.A. 2000. Estudio de la erosión genética, dentro de actividades del banco de germoplasma del CIAT, utilizando como modelo el frijol común silvestre. Universidad del Valle, Cali, Colombia.	Recursos Genéticos
21	Manrique Carpintero, N.C. 2000. Respuesta varietal de 95 genotipos de la colección núcleo de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) a la criopreservación, usando la técnica de encapsulación-deshidratación, Universidad Nacional, Palmira, Colombia, 88p.	Recursos Genéticos
22	Solarte Pérez, I. P. 2000. Estudio de las relaciones interespecíficas de un grupo de especies silvestres mesoamericanas, pertenecientes al género <i>Phaseolus</i> . Universidad del Valle, Cali, Colombia, 115p.	Recursos Genéticos
23	Curso sobre "Conservación <i>ex situ</i> de Recursos Fitogenéticos IPGRI-CIAT-ICA", CIAT, 13-17 Diciembre 1999.	Recursos Genéticos
24	Curso Internacional sobre Sistemas Modernos de Producción y Procesamiento de Yuca", CIAT, 23 Octubre - 10 Noviembre 2.000.	Recursos Genéticos

La liberación de nuevos cultivares representa la fase final del desarrollo de germoplasma. Es una actividad que no necesariamente se ejecuta al interior del Convenio, ya que muchas poblaciones y líneas avanzadas, son entregadas a las instituciones nacionales para sus ajustes finales, a través de ensayos en finca, región y sistema de producción, para su posterior liberación como cultivares comerciales.

En el Cuadro 8 aparecen los cultivares liberados en el período 1999 –2000 para los sistemas de producción de arroz de seco, maíz y gramíneas y leguminosas forrajeras. Un resumen de los productos/resultados científicos del período de referencia se consigna en el Cuadro 9. En total, se contabilizan 152 logros agrupados por Meta y clase de resultado. Es conveniente señalar que los logros no son comparables ni dentro ni a través de las Metas del Convenio, ya que se trata de resultados de muy variada índole, por lo cual no caben las comparaciones. Los Capítulos 4 y 5 complementan la información sobre productos/resultados del Convenio presentados en éste Capítulo.

7. Monitoreo resultados e instrumentos metodológicos

Para diseñar un esquema de seguimiento de los resultados científicos del Convenio, podemos remitirnos al la Figura 3, en donde aparecen las 3 etapas secuenciales del monitoreo: 1) Investigación y Desarrollo, 2) Adopción y difusión y 3) Evaluación del

Cuadro 8. Liberación de nuevos cultivares. 1999-2000

No	Descripción	Meta
1	Liberación del primer híbrido <i>Brachiaria</i> (CIAT 36061) cv. Mulato desarrollado por el CIAT. Entre sus atributos están: Rápido establecimiento, alta producción de forraje, elevada calidad nutritiva y tolerancia a la sequía.	Forrajes y Leguminosas Tropicales
2	La accesión <i>Brachiaria brizantha</i> (CIAT 26110) fue liberada como cv. Toledo. Principales atributos: Rapidez en el establecimiento, alta tasa de crecimiento y elevada capacidad de carga.	Forrajes y Leguminosas Tropicales
3	Liberación de 4 variedades: Fedearroz 2000 Colombia XX1 La Victoria 1 La Victoria 2 Todas estas variedades son derivadas de germoplasma desarrollado en CIAT. Tienen resistencia a sogata, hoja blanca, pyricularia y con excelente rendimiento y calidad de grano	Arroz secano
4	Liberación del primer híbrido de maíz tolerante a suelos ácidos. Corpoica H108.	Maíz
5	Otro híbrido de maíz tolerante a suelos ácidos, aprobado en pruebas de validación, será liberado en 2001.	Maíz

Impacto, esto con en fin de plantear un sistema de monitoreo que es diferente en cada una de ellas.

En la fase de I&D como se señaló anteriormente, el seguimiento es principalmente de carácter operativo para verificar la ejecución de actividades, el empleo de los recursos asignados e identificar los resultados intermedios logrados. La experiencia empírica indica que para implementar adecuadamente un proceso de monitoreo en ésta fase, es indispensable un cierto grado de descentralización institucional, que permita responsabilizar a cada unidad de seguimiento –en este caso cada Meta o subproyecto- de sus propias actividades y progresos. (Uribe y Horton, 1993)

Pero aún más importante que lo anterior, es que la implementación de un eficiente seguimiento debe partir de una decisión gerencial de carácter obligatorio para todas las áreas de la institución, con el propósito de garantizar la obtención de toda la información pertinente. (Uribe y Horton, 1993) El monitoreo debe proveer una retroalimentación al investigador, que le permita introducir ajustes a sus actividades. Los autores citados, señalan que de ésta forma se crea una motivación institucional para mantener y mejorar el proceso.

Para el caso del Convenio MADR – CIAT en la etapa de I&D se propone un sistema de monitoreo sencillo, en el cual la unidad de observación es la Meta o Subproyecto y el periodo de observación es el año laboral en el cual se planifican y ejecutan las actividades y se asignan y utilizan los recursos.

Cuadro 9. Producción científica del Convenio MADR – CIAT, según meta y clase de resultado. Número de resultados: 1999 - 2000

Producción científica	Metas										Total
	Biotecnología frutas	Arroz secano	Gramíneas y leguminosas	SIG Suelos y aguas	Recursos genéticos	Maíz	Capacitación/ Divulgación	Impacto	Carimagua	Total	
1. Nuevos conocimientos científicos: - de apoyo a la investigación - de aplicación por productores/clientes	6	9 1	11 6	3 2	1	1		1	5	36 10	
2. Avances en recursos genéticos	5				8					13	
3. Desarrollo de cultivares y de sistemas de producción		5	7			7			20	39	
4. Investigación y validación en fincas	3		4							7	
5. Diseño de bases de datos y fuentes de información			1	10	1			3		15	
6. Capacitación y Divulgación	3	7		2	6					24	
7. Liberación de cultivares		4	2			2				8	
Total	17	26	31	17	16	10	6	4	25	152	

En la etapa de I&D se consideran como instrumentos del monitoreo los siguientes: a) Planes y programas de trabajo anuales. b) Reportes e informes de avance semestrales y anuales. c) Visitas al campo. (Cuadro 10) El objetivo del seguimiento en esta fase es verificar la ejecución de las actividades planeadas y la identificación de logros y resultados intermedios. Dentro del Convenio, la primera de éstas funciones es ejecutada principalmente por la Interventoría y por el Comité Técnico.

Cuadro 10. Fases del Monitoreo e instrumentos del seguimiento

Elementos	Investigación &Desarrollo	Adopción & Difusión	Evaluación del Impacto
Unidad de observación	Meta o subproyecto	Resultado/producto científico	Resultado/producto científico
Instrumentos del seguimiento	Planes y Programas de trabajo anuales Informes y Reportes de los investigadores Visitas al campo	Encuestas a diferentes niveles: Investigadores, extensionistas, semilleristas, usuarios, etc. Sondeos rápidos Grupos de Enfoque	Aplicación de modelos económicos
Objetivo	Identificación de logros y resultados intermedios.	Determinar el nivel de uso de los productos científicos e identificar los factores que afectan su adopción	Medir el impacto socioeconómico
Consolidación y registro de información para efectos de retroalimentación	Base de datos	Base de datos	Base de datos

En virtud de que es necesario que el monitoreo retroalimente al sistema de investigación, se requiere que la información resultante se consolide, sistematice y esté disponible para consulta. Por lo anterior, es necesario el desarrollo de sistema de información, que incluya objetivos, actividades programadas, informes y reportes de avance y productos y resultados científicos logrados para cada una de las Metas consideradas.

En la fase de adopción y difusión la unidad de observación es el resultado o producto científico, que puede ser una metodología, una práctica o variedad. Con este seguimiento, como ya se dijo, se busca conocer la intensidad de uso de los productos técnicos y los factores positivos o negativos que condicionan su empleo. Algunos resultados pueden ser de utilización inmediata, otros requieren un mayor tiempo y hay casos en los que su utilización e impacto, solo se observan varios años después de finalizados los proyectos de investigación.

Los instrumentos de monitoreo en esta fase son las entrevistas personales, los muestreos y encuestas a diferentes niveles: productores, consumidores, semilleristas, extensionistas, investigadores etc. Otros instrumentos como los sondeos rápidos y los grupos de enfoque, también suelen ser empleados.

Todo la información recolectada en ésta etapa debe ser analizada e incluida en el Sistema de Información, el cual puede implementarse a través del diseño y desarrollo de una base de datos, disponible para investigadores, políticos, administradores, planificadores, estudiantes y público en general interesado en el tema..

Es imposible hacer un seguimiento detallado a todos los resultados y productos científicos, dado que son numerosos y de muy diversa naturaleza. Las inversiones en tiempo, recursos físicos y humanos, para hacer un monitoreo exhaustivo de todos los productos tecnológicos serían de gran magnitud, muy por encima de los recursos actualmente disponibles para desarrollar esta actividad.

Por esta circunstancia, lo más viable es efectuar un monitoreo selectivo de algunos de los resultados técnicos logrados, en especial de aquellos que presenten cierto grado de adopción e impacto en el transcurso del desarrollo del Convenio.

La última fase corresponde a la evaluación del impacto *ex – post* que se efectúa cuando la adopción termina o se encuentre en fases avanzadas. En esta etapa, los modelos matemáticos - económicos de evaluación, constituyen el principal instrumento para cuantificar los impactos del cambio técnico, que se expresan como ya se anotó, en términos de beneficios económicos para diferentes grupos sociales y regiones geográficas, ganancias en producción, productividad y consumo y en reducciones de los precios reales al consumidor.

8. Conclusiones

Con el fin de evaluar la eficiencia y eficacia del Convenio de Cooperación Técnica y Científica No 071 de 1998, entre el MADR de Colombia y el CIAT, una de las metas del mismo, es la evaluación de su impacto, la cual comprende tanto el monitoreo de los resultados científicos logrados, como la evaluación del impacto socioeconómico.

A efectos de diseñar un sistema de monitoreo en el presente estudio, como paso inicial, se elaboró un marco conceptual de referencia que incluye la estructuración y articulación de las diferentes metas y los resultados esperados, así como también elementos conceptuales relacionados con los procesos de adopción y difusión tecnológica y los métodos y herramientas para el monitoreo y la evaluación del impacto.

Un segundo paso fue identificar los productos y resultados técnicos aportados por el Convenio, durante los dos primeros años de ejecución, 1999-2000. Dada la gran heterogeneidad de los resultados científicos, que van desde conocimientos básicos de apoyo a la actual y futura investigación, pasando por nuevas metodologías y procedimientos, hasta productos terminados y listos para su empleo, como son las bases de datos o los cultivares liberados. Por lo anterior, se decidió agrupar los resultados en 7 categorías a saber: 1) Nuevos conocimientos científicos, que incluye a su vez dos grupos: a) De apoyo a la investigación y b) De aplicación inmediata, por productores/usuarios. 2) Avances en recursos genéticos. 3) Desarrollo de cultivares y de sistemas de producción.

4) Investigación y validación en fincas. 5) Diseño e implementación de bases de datos y fuentes de información. 6) Capacitación y divulgación y 7) Liberación de cultivares.

Los resultados se discriminan por Meta y por clase, contabilizándose 152 productos/resultados tecnológicos, aportados por las 9 Metas que conforman el Programa de Investigación. Más de la mitad de ellos (55.9%) se concentra en las categorías de nuevos conocimientos científicos y desarrollo de cultivares y de sistemas de producción.

Si bien la cantidad de logros representa una medida de la actividad del Convenio durante el período de observación, no hay lugar a comparaciones entre los distintos resultados, por tratarse de productos de muy variada naturaleza.

Los conocimientos básicos constituyen el sustento de la investigación actual y futura y se circunscriben al ámbito de las instituciones de investigación. Otros productos tecnológicos pueden ser utilizados directamente por productores/usuarios, p.e. metodologías, bases de datos, nuevas variedades etc. Estos últimos al ser liberados por los centros de investigación, recorren una ruta que, pasando por la adopción y difusión, termina generando beneficios para la sociedad, expresados en ganancias de productividad, producción, consumo, comercio, reducción de precios y avances de la competitividad.

Las funciones de monitoreo y evaluación del impacto, son claramente aplicables a esta clase de resultados técnicos. Sin embargo, no es posible efectuar un seguimiento y evaluación de todos los productos tecnológicos obtenidos, por diferentes razones: 1) Es muy amplia y variada la gama de resultados obtenidos. 2) La adopción y el impacto en algunos casos solo son visibles varios años después de culminado el proceso de investigación. 3) La limitada disponibilidad de recursos para desarrollar estas funciones.

La alternativa es efectuar seguimiento y evaluación selectiva del impacto en casos de resultados tecnológicos en los cuales se observe cierto grado de adopción antes de la culminación del Convenio.

Para establecer un sistema de monitoreo eficiente y funcional se requieren dos condiciones básicas: 1) Que la implementación del mismo debe partir de una decisión gerencial del más alto nivel que, con carácter de obligatoriedad, permita obtener del sistema de investigación la información pertinente. 2) Que el seguimiento debe retroalimentar a la investigación, en una relación de doble vía, que genere motivaciones institucionales para mejorar y mantener el proceso.

Un elemento esencial para la retroalimentación es la organización, sistematización y disponibilidad para consulta de la información obtenida. Para este propósito se propone la implementación de un sistema de información que incluya: 1) Información general sobre la estructura del Convenio, sus metas y objetivos. 2) Actividades planeadas anualmente por cada una de las Metas. 3) Informes de progreso de las diferentes metas. 4) Inventario de los productos/resultados tecnológicos producidos anualmente. 5) Resultados de los estudios de seguimiento y evaluación del impacto.

9. Referencias

- Informe Final 2000. Convenio MADR – CIAT. Cali, Colombia
- Informe Semestral Enero - Mayo (2000) Convenio de Cooperación Científica 071 MADR-CIAT, Cali, Colombia.
- Informe Semestral de Avance (1999) Convenio Especial de Cooperación Técnica y Científica entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT- 1999-2003. No 071-1998, Cali, Colombia, Agosto. Colombia.
- Michelsen Heike, (1990) Análisis del desarrollo de la producción de leche en la zona tropical húmeda: El caso de Caquetá, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Documento de trabajo No 60, Cali, Colombia, Enero.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1998) Términos de Referencia para la Ejecución del Convenio MAG/DR – CIAT 1999 - 2003. Bogotá, Colombia, mimeo.
- Novoa B. Andrés Ricardo y Douglas Horton (1994) Editores. Administración de la Investigación Agropecuaria: Experiencias en las Américas. International Service for National Agricultural Research, ISNAR – Programa Colombiano para el Avance de la Investigación (PROCADI). Tercer Mundo Editores. Bogotá, Colombia, Junio
- Rivas L. and F. Holmann (2000) Early adoption of *Arachis pintoi* in the humid tropics: the case of dual – purpose livestock systems in Caquetá, Colombia, in: *Livestock Research for Rural Development* (12). 3. 2000.
- Rivas R., Libardo; James García C.; Carlos Seré; Lovell S., Jarvis; Luis R. Sanint and Douglas Pachico (1999) MODEXC Release 4.1: A Friendly Computer Model. Impact Assessment and Priorization of Investment Projects in Agricultural Research. International Center of Tropical Agriculture. Impact Assessment Project, Cali, Colombia, January.
- Seré C., R. D. Estrada y J. E. Ferguson (1993). Estudios de Adopción e Impacto en Pasturas Tropicales en: *Investigación con pasturas en fincas*, Documento de Trabajo No 124, CIAT, Cali, Colombia, Mayo.
- Uribe B. y D. Horton (1993) Editores. Planeación, Seguimiento y Evaluación de la Investigación Agropecuaria: Experiencia en las Américas. Informe del Taller Regional. ISNAR –INIFAP – BID – CIID, CIMMYT, México, 15-22 de Octubre de 1992.

Wood Stanley and Baixt Wilfred (1998) DREAM: Manual para el usuario, IFPRI, BID, CIAT, IICA. Proyecto de Fortalecimiento de Capacidades y Aplicaciones para Priorizar Investigación Agropecuaria en América Latina y el Caribe, San José, Costa Rica, Septiembre.

Capítulo 4

Impacto Económico y Resultados: 1994 – 2003

1. Introducción

Las actividades de investigación realizadas dentro del Convenio de Cooperación Técnica y Científica, establecido entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), desde 1994 hasta la fecha, constituyen un programa integral de investigación, cuyo objetivo final es la implementación de sistemas de producción sostenibles y competitivos, en la Orinoquia y Amazonia de Colombia

Esta modalidad de cooperación técnica y científica entre el Ministerio de Agricultura de Colombia y el CIAT, es una alianza estratégica encaminada a ejecutar un plan de investigación, que aprovechando las ventajas comparativas del CIAT, genere tecnologías, metodologías y nuevos conocimientos, que complementen los esfuerzos que en este campo, están realizando las instituciones nacionales.

La financiación de las actividades es cubierta, por partes iguales, por el Ministerio y por el CIAT. Para su correcto funcionamiento, el Convenio está sujeto a varias instancias de dirección y control. El Consejo Directivo que revisa y aprueba los planes de trabajo y efectúa la asignación anual de fondos para las diversas actividades. El Comité Técnico, que supervisa la ejecución de los planes anuales de trabajo y las Interventorías Técnica y Financiera.

El trabajo de investigación incluye diversas áreas estratégicas: 1) Mejoramiento de la productividad. 2) Conservación de la biodiversidad. 3) Protección del medio ambiente. 4) Fortalecimiento institucional y del sistema nacional de investigación.

La primera tiene como propósito, obtener y ofrecer a los productores, nuevos pastos y cultivos, como componentes de los sistemas de producción, que apuntalen el avance de la productividad y de la competitividad, de la agricultura en ésta región del país.

La conservación de la biodiversidad tiene que ver con la introducción conservación, caracterización y distribución de germoplasma, con alto potencial económico en la región. La protección del medio ambiente, incluye el desarrollo de nuevos conocimientos y metodologías sobre uso y manejo de los suelos y de los recursos naturales en general.

El fortalecimiento institucional y de los sistemas nacionales de investigación, se basa en el trabajo conjunto y participativo con numerosas entidades públicas y privadas del país y del exterior (Anexo 1), para el diseño de nuevas metodologías y generación de conocimientos científicos que apoyen el fortalecimiento de los procesos de investigación agropecuaria, la planificación y el uso de los recursos naturales, en el ámbito local y regional.

La formación de capital humano, mediante el adiestramiento y la capacitación de técnicos e investigadores nacionales, ha sido crítica y prioritaria dentro del Convenio, y está diseñada para que el país pueda apropiarse de los resultados científicos obtenidos, y de esta forma acelerar los procesos de cambio técnico y desarrollo en Colombia.

Aunque en Convenio está circunscrito a un área específica de la geografía nacional, muchos de los resultados logrados son extrapolables, directamente o con pequeños ajustes, a otras zonas como son el Cauca, la Zona Cafetera, La Costa Atlántica y el Magdalena Medio.

Para efectos operativos, el Convenio MADR – CIAT está estructurado alrededor de 9 subproyectos o metas, cada uno claramente definido en términos de sus objetivos, recursos y productos esperados. Estas metas se pueden agrupar en 3 grandes áreas de acción: 1) Recursos genéticos y desarrollo de germoplasma. 2) Herramientas y metodologías para la toma de decisiones y la planificación y 3) Diseño y ajuste de sistemas de producción sostenibles, capacitación de personal técnico nacional y divulgación de los resultados científicos obtenidos. (Figura 1)

El componente de germoplasma incluye, por un lado la introducción, caracterización, conservación y distribución de germoplasma y por otro, el desarrollo de poblaciones, líneas y variedades de pastos y de cultivos adaptados a las condiciones ambientales y económicas, características de la región objetivo. En el desarrollo de germoplasma, se trabaja con gramíneas y leguminosas forrajeras, frutales, arroz y maíz.

Las herramientas y metodologías para la toma de decisiones, el diseño de políticas y la planificación del desarrollo, se enmarcan en los trabajos adelantados en las áreas de sistemas de información geográfica, uso y manejo de los suelos y evaluación económica *ex ante* y *ex post* de los resultados científicos logrados.

El tercer componente tiene que ver con el ensamble, de las diferentes tecnologías y productos técnicos producidos por las distintas metas o subproyectos, dentro de sistemas mejorados de explotación agropecuaria, más complejos (agrícolas, ganaderos, forestales, agrosilvopastoriles y más eficientes que los tradicionales. En él se incluyen también las acciones de capacitación y divulgación de resultados.

Las tareas emprendidas dentro del Convenio se ajustan a los lineamientos de política sectorial del MADR que fijan como prioridades la lucha contra la pobreza en y la sostenibilidad de los recursos naturales. Se considera que los resultados logrados hasta el momento, contribuirán de manera significativa al logro de los objetivos fijados por el gobierno nacional.

El propósito de este estudio es documentar el impacto económico y los resultados técnico/científicos logrados en el período 1994 –2003, por las diferentes metas que conforman el Convenio. Se incluyen los resultados y el impacto económico de la investigación en frutales, gramíneas y leguminosas, arroz, sistemas de información geográfica, suelos y agua, recursos genéticos, capacitación y evaluación del impacto.

2. Impacto económico potencial y resultados de la investigación en frutas tropicales¹

2.1 Introducción

Las frutas tropicales han sido identificadas en varios estudios como alternativas importantes para promocionar el desarrollo agropecuario nacional, dada su alta demanda potencial tanto en los mercados domésticos, como en los internacionales. Estos productos se destacan como opciones promisorias de generación de ingresos para los grupos de pequeños y medianos productores, y por su capacidad de dinamizar la economía y generar valor agregado, a través de la de la agroindustria procesadora que los usa como materias primas.

La investigación científica en frutas tropicales es un elemento clave dentro de una estrategia global, orientada a promover el crecimiento productivo nacional, que además de fortalecer y diversificar la capacidad interna de producción, pretende mejorar la competitividad de los frutales, particularmente en los mercados internacionales. Esto implica modernizar y ampliar los canales de comercialización, estabilizar y diversificar la oferta de productos, homogeneizar su calidad y generar una producción libre de plagas y enfermedades, para facilitar su inserción en los mercados externos, que presentan severas normas en materia sanitaria y de calidad.

Las actividades de investigación con frutales dentro del Convenio MADR – CIAT se iniciaron en 1999 y si bien por su naturaleza, en su mayoría perenne y de ciclo largo, la investigación científica consecuentemente es de largo plazo, ya se observan avances notables, que permiten predecir que en pocos años, tendrá un significativo impacto sobre la producción frutícola nacional.

La investigación en frutas tropicales adelantada con fondos provenientes del Convenio MADR – CIAT, enfatiza en la biotecnología como una herramienta, que puede contribuir eficazmente al mejoramiento de frutales para los Llanos Orientales y otras regiones del país, y constituya la base de un desarrollo frutícola eficiente, competitivo y con alto impactosocial.

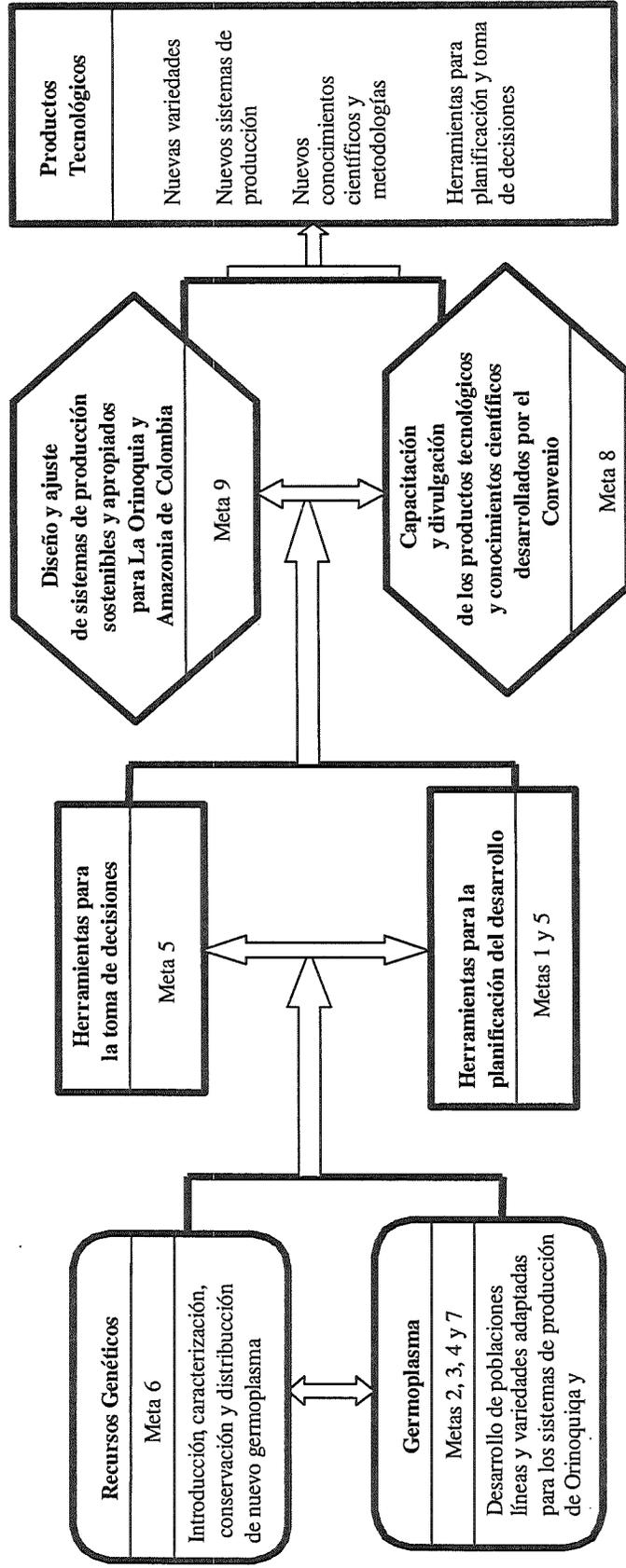
En general los cultivos de frutales de Colombia, que según cifras del MADR en 1999 no superaban las 150 mil hectáreas, están poco tecnificados y enfrentan serias restricciones para expandir su producción, entre las que se pueden señalar las siguientes: alta susceptibilidad a enfermedades y pestes, problemas de deterioro en la fase de poscosecha, acentuada heterogeneidad en calidad y tamaño de las frutas, disponibilidad limitada de material elite libre de patógenos.

¹ Con la colaboración de los Drs. Zaida Lentini y Álvaro Mejía de la Unidad de Biotecnología del CIAT.

Figura 1. Convenio MADR - CIAT

Estructuración del trabajo de Investigación

Metas y Productos esperados



Los principales avances de la investigación realizada hasta el momento dentro del marco del Convenio MADR – CIAT, se concretan en el desarrollo de tecnologías *in vitro* para la multiplicación rápida de materiales promisorios, y en la identificación, caracterización y conservación de germoplasma. En este contexto, el fitomejoramiento genético aparece como un factor clave para obtener variedades de alto rendimiento, con resistencia durable a plagas y enfermedades

Dentro de los cultivos específicos objeto de investigación se destacan los resultados logrados con guanábano (*Annona muricata*), lulo (*Solanum quitoense*) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)

En el caso de guanábana las actividades de investigación se han realizado en estrecha colaboración con otras instituciones nacionales como la Corporación BIOTEC, CORPOICA, y la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, y han recibido apoyo, además del MADR, del Programa Pronatta y de Colciencias.

2.2 Impacto económico potencial de la investigación en frutales

El objetivo final del trabajo de investigación en frutales es ampliar la disponibilidad de nuevas variedades de alta productividad, adaptadas a los diferentes ecosistemas de Colombia, y con resistencia a plagas y pestes. Se pretende, diversificar la producción frutícola en los diferentes ambientes ecológicos del país y ofrecer a los agricultores, nuevas alternativas viables y rentables, para la sustitución de cultivos ilícitos y la generación de divisas.

La evaluación del impacto económico potencial, se efectúa en función de la incorporación a la producción de frutales, de nuevas áreas cultivadas y del incremento en la productividad de las siembras actuales, como resultado de la adopción de variedades mejoradas.

El valor presente de la producción adicional en un horizonte de 10 años se contabiliza como el beneficio económico atribuible al cambio tecnológico evaluado. Dada la escasez en el país de información estadística básica sobre áreas cultivadas, producción, rendimiento, para cada tipo de frutal, y que el desarrollo de las variedades mejoradas aún está en sus fases iniciales, el ejercicio de evaluación de los impactos económicos potenciales se dificulta considerablemente y es necesario plantear diferentes escenarios alternativos, que sean factibles desde el punto de vista técnico y económico. En el presente caso, se evalúa el impacto potencial de la adopción de variedades mejoradas en tres frutales específicos: guanábano, lulo y tomate de árbol.

Los frutales evaluados, en el período 1992-2001, han presentado una importante dinámica de crecimiento de sus áreas cultivadas y de su producción. En el período de referencia, la producción nacional de lulo creció al 7.8% por año, la de tomate de árbol 5.9% y la de guanábana 2.1%. La expansión productiva de los tres cultivos, se ha debido exclusivamente al crecimiento de las superficies sembradas, en tanto que los rendimientos (tm/ha) han declinado. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Evolución de la producción, las áreas sembradas y los rendimientos de lulo, tomate de árbol y guanábana en Colombia, promedios 1992-2001

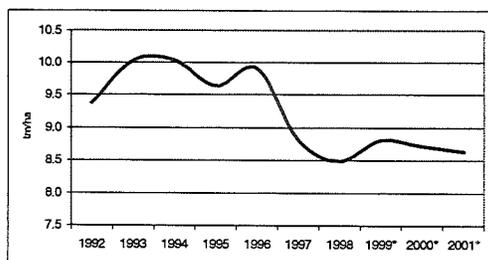
Producto	Tasa anual de crecimiento de: (%)		
	Producción	Área cultivada	Rendimientos
Lulo	7.8	9.5	-1.7
Guanábana	2.1	5.9	-3.8
Tomate de árbol	5.9	6.3	-0.4

Fuente: Cálculos basados en cifras de SIESA y en estimaciones propias.

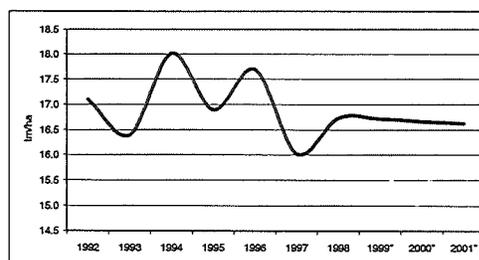
Los cultivos citados se encuentran ampliamente diseminados a lo largo de gran parte de los departamentos de Colombia, son típicos de los pequeños y medianos productores, con bajos niveles tecnológicos y sus rendimientos se caracterizan por su tendencia declinante (Figura 2) y por su gran variabilidad dentro y a través de las regiones productoras.

Figura 2. Rendimientos de lulo, guanábano y tomate de árbol en Colombia, 1992 - 2001

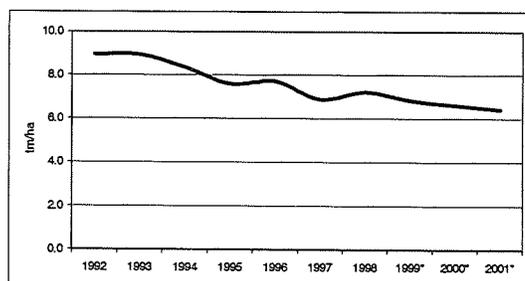
a) Lulo



b) Tomate de árbol



c) Guanábana



Fuente: 1992-1998 cifras de SIESA y 1999-2001 estimaciones propias.

En el ejercicio de evaluación se supone que debido a la disponibilidad de variedades mejoradas de frutales, los rendimientos promedios nacionales se incrementarán en 50%. Es un supuesto conservador, ya que el potencial de aumentar los rendimientos en algunas especies de frutales, es muy grande. En guanábano por ejemplo, reconocidos investigadores consideran que con nuevas variedades de alto rendimiento y resistentes a enfermedades y plagas, es posible incrementar la productividad actual, hasta 3 veces. (Escobar y Sánchez, 1992)

En cuanto a las áreas a impactar también se trabaja con supuestos conservadores. Se asume que las superficies cultivadas, se expandirán al mismo ritmo que lo hicieron en el período 1992-2001. (Cuadro 1) Es probable que con una oferta tecnológica ampliada, y mercados internos y externos en crecimiento, el sector frutícola experimente un dinamismo mayor que el de años recientes. No obstante, para calcular el impacto potencial de la inversión en investigación en frutales, se trabajó con supuestos moderados, para evitar la sobreestimación de los beneficios económicos.

Con los supuestos anteriores y suponiendo que las nuevas variedades de frutales estarán disponibles a partir de 2004, se estimó que el valor presente del flujo de la producción adicional por el uso de variedades mejoradas, del período 2004-2013, equivale a US\$ 98.5 millones en 2002. (Cuadro 2) Tal flujo se presenta en la Figura 3.

Cuadro 2. Impacto económico potencial por el uso de variedades mejoradas de lulo, tomate de árbol y guanábano

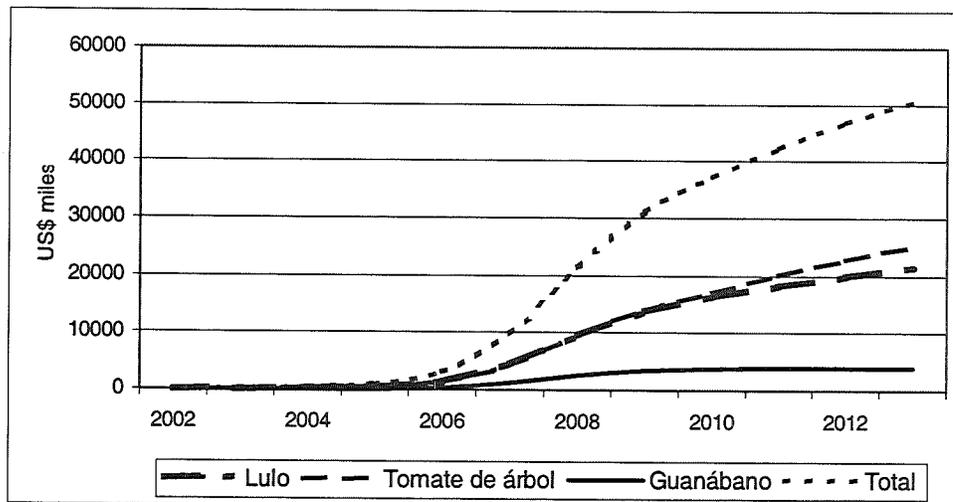
Cultivos evaluados	Superficie 1/ cultivada (has)		Producción total (tm)		Productividad (kg/ha) 2/		Valor presente de la producción adicional por el uso de variedades mejoradas (US\$ millones)
	2001	2013	2001	2013	Con tecnología tradicional	Con tecnología mejorada	
Lulo	5581	16580	48204	222648	9.2	13.8	42.8
Tomate de árbol	7426	15445	123412	377592	16.9	25.4	46.1
Guanábano	1764	3507	11291	41560	7.9	11.9	9.6
Valor presente de la producción total adicional (i=10%)							98.5

1/ Se refiere a la superficie cultivada nacional y se asume que ésta crecerá al mismo ritmo que en el período 1992-2001. 2/ Se supone que las variedades mejoradas incrementan los rendimientos promedios nacionales en un 50%, durante el período de evaluación. Tasa de cambio: \$col 2310.2.

El valor presente de la inversión total del Convenio, en investigación de frutales con base biotecnología, en el periodo 1999 –2001, tiene un valor presente cercano a US\$ 200 mil en el año 2002, cifra muy inferior al beneficio tecnológico potencial. Es importante advertir, que se requiere un flujo de inversión adicional en los próximos años, en las diferentes fases del desarrollo variedades y de productos nuevos derivados de las frutas, como requisito para alcanzar el objetivo de establecer en el país una agroindustria frutícola moderna, eficiente y competitiva.

La adopción de variedades mejoradas implicaría que hacia 2013 la producción nacional de lulo casi se quintuplicaría, la de guanábano aumentaría casi 4 veces y la de tomate de árbol se triplicaría. (Figura 4)

Figura 3. Valor de la producción adicional por el uso de variedades mejoradas de frutales en Colombia, 2002- 2012



Reiterando, para crear una sólida agroindustria basada en frutas tropicales, y lograr el impacto socioeconómico esperado, es indispensable continuar impulsando el trabajo de investigación de variedades mejoradas de alto rendimiento, calidad y con resistencia a plagas y enfermedades.

Se requiere la modernización de los otros eslabones de la cadena productiva en las áreas de poscosecha, transporte, almacenamiento, procesamiento y comercialización. Si bien el beneficio potencial del uso de mejores variedades es alto, la sola disponibilidad de las mismas, no garantiza su difusión e impacto.

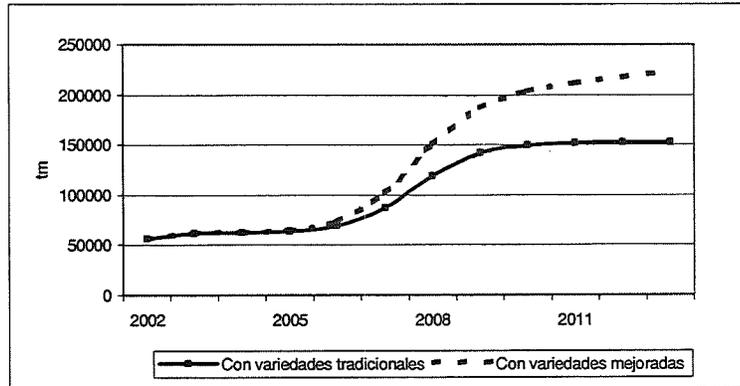
El desarrollo frutícola sostenible requiere la modernización integral y armónica, de todos los eslabones que conforman la cadena de la agroindustria frutícola nacional. Esto permite, aprovechar plenamente las ganancias en productividad obtenidas con mejoras técnicas en la producción, propiciando la generación de valor agregado, lo cual incrementa la capacidad competitiva de esa agroindustria y permite aumentar su participación en los mercados internos y externos.

Los mercados internacionales de frutas tropicales exóticas, son nichos estrechos que se saturan fácilmente, por esta circunstancia el nivel de competencia es intenso. Para exportar con éxito, son variables críticas: la calidad, las condiciones sanitarias, el precio y la capacidad de satisfacer oportunamente las demandas.

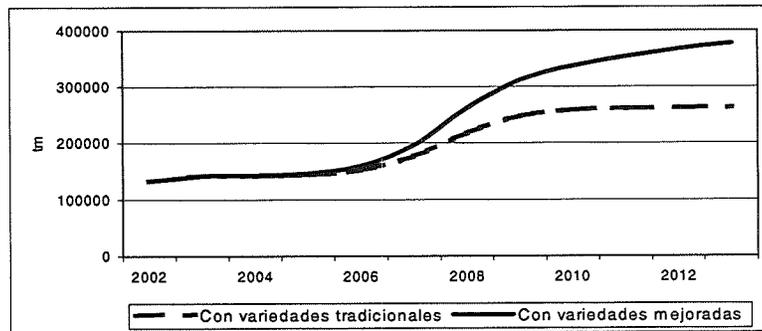
Como se anotó, la creación de una agroindustria frutícola sólida, requiere investigación para producir más y mejores variedades y técnicas de producción, pero adicionalmente se precisa, asesoría y asistencia técnica permanente a los agricultores.

Figura 4. Evolución simulada de la producción de frutales en Colombia con y sin variedades mejoradas: 2002-2013

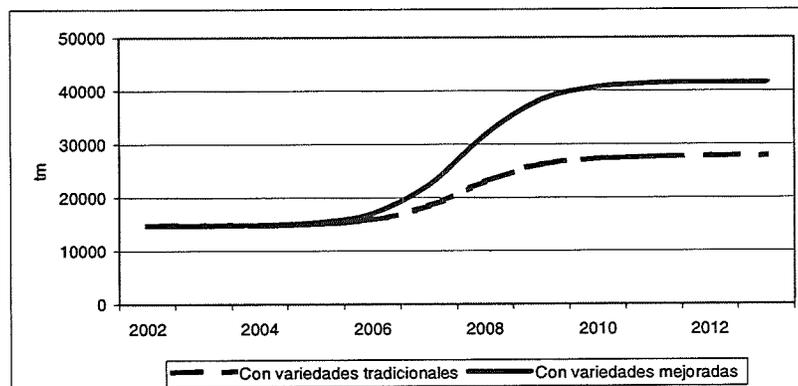
a) Lulo



b) Tomate de árbol



c) Guanábano



Al crecer las áreas cultivadas, también se multiplica la probabilidad de aparición de plagas, enfermedades y nuevos problemas técnicos, por lo cual es clave, construir y mantener un fuerte sistema de investigación y extensión, que apoye a los fruticultores, para enfrentar los nuevos problemas que van apareciendo, a medida que crece y se tecnifica la industria.

La expansión de la producción de frutas en el país debe plantearse como un esfuerzo integral, por implementar una moderna agroindustria de producción, transformación, transporte, almacenamiento y comercialización de frutas, más que como la simple expansión de algunos cultivos considerados aisladamente, y sin mayores nexos con las fases avanzadas del proceso productivo y con los mercados.

Uno elemento clave que condiciona el avance de la agroindustria de frutas tropicales, es que muchas de ellas son exóticas para gran parte de los consumidores potenciales de fuera de Latinoamérica. Deben implementarse estrategias agresivas de penetración de mercados y de creación de nuevos productos, a partir de estas frutas, especialmente si la mira son los mercados de Estados Unidos y Europa.

Un estudio de la facultad de química farmacéutica de la Universidad de Antioquia, anota que en los mercados norteamericanos el lulo es muy poco conocido, excepto para los estratos de consumidores de origen latino. La demanda actual por este producto es muy limitada, entre 20 y 60 tm/año. No obstante destaca que en una prueba sensorial realizada por la Universidad de Cornell, los consumidores mostraron preferencia por el sabor del lulo sobre el de la manzana en una proporción de 3 a 1.

(http://huitoto.udea.edu.co/FrutasTropicales/oportunidades_por_fruta.html), Universidad de Antioquia)

Situación similar se aprecia en el caso del tomate de árbol, que es poco conocido en el mercado de los Estados Unidos, a donde se exporta con el nombre de tamarillo, para atender la demanda de los inmigrantes de origen latino.

2.3 Otros resultados y productos tecnológicos

El trabajo de investigación en frutales basado en la biotecnología, tiene como objetivo final la generación de nuevas variedades mejoradas adaptadas a diferentes nichos ecológicos del país. Es un trabajo que solo en los últimos años ha tenido alta prioridad en Colombia y dado lo novedoso de las herramientas de mejoramiento utilizadas en la investigación realizada, se han podido obtener múltiples resultados técnicos: metodologías, principios y productos intermedios que constituyen un aporte científico de alta calidad y muy relevante, para el desarrollo posterior, de nuevas variedades de frutales tropicales en el país.

Entre estos logros los más destacados son:

1. Método de propagación in vitro de guanábana - microinjertación cíclica -

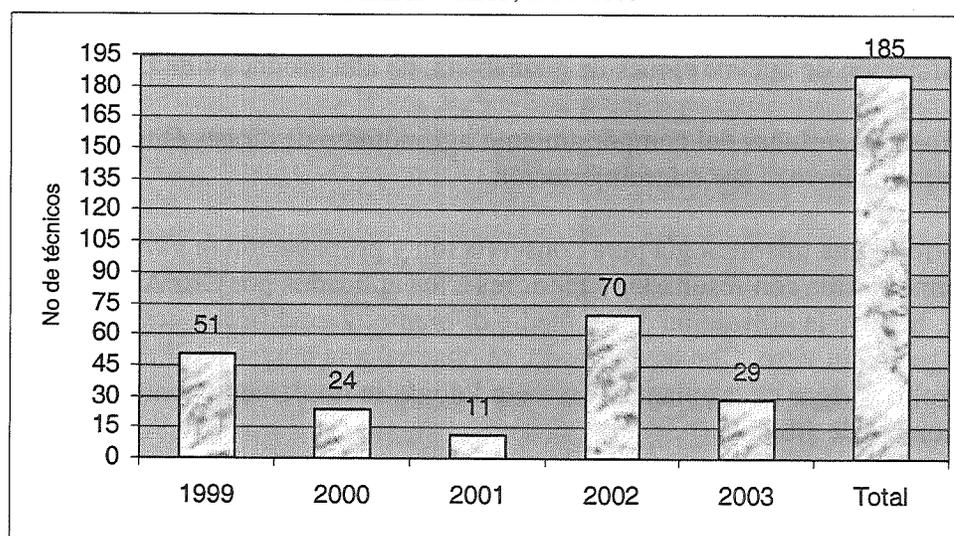
2. Método de optimización de la propagación *in vitro* de lulo.
Se diseñó una metodología que genera plantas *in vitro* saludables, de alto vigor, crecimiento y desarrollo, con alta adaptación a las condiciones de invernadero y campo, y con un desarrollo y rendimiento de frutos de óptima calidad similares a materiales propagados por los agricultores en campo.
3. Empleo de esta metodología para la propagación y limpieza de materiales élites seleccionados en el campo por agricultores de zonas productoras de lulo en Pescador (Cauca) y Tierradentro (Huila)
4. Uso de *Annona montana* como patrón de guanábano resistente a antracnosis, generando material de siembra eventualmente con mayor resistencia a la enfermedad.
5. Identificación de fuentes de diversidad genética en *Capsicum peppers*.
6. Regeneración *in vitro* de lulo a partir de tejidos somáticos.
7. Establecimiento de un sistema de propagación clonal *in vitro* para 8 selecciones de lulo y 5 de tomate de árbol.
8. Elaboración para mantenimiento *in situ* de un banco genético de *Capsicum peppers*.
9. Colectas de passifloras en la Zona Andina. Análisis de 126 entradas pertenecientes a 26 especies.
10. Desarrollo de protocolos para almacenar en frío (-20⁰ Celsius) semillas de frutas.
11. Desarrollo de protocolos para almacenamiento de largo plazo de *Passiflora* y *Carica*. (papaya)
12. Identificación de nuevos clones de guanábana, de alta productividad. (32 tm/ha/año)
13. Evaluación en fincas del comportamiento agronómico de clones élite de guanábana propagados *in vitro* por microinjertación.
14. Desarrolló una metodología para conservación y propagación *in vitro* de la colección de germoplasma con resultados superiores a los aplicados por CEFA y Corpoica La Selva. Incluye la utilización de un medio diferente, y modificaciones del protocolo de propagación *in vitro*. Con este método, se observó una mayor proliferación de raíces, desarrollo y vigor de las plantas. La metodología se implementó tanto para lulo como para tomate de árbol.
15. Se encuentra en desarrollo una metodología sencilla y rápida para detectar *Ralstonia solanacearum*, agente causal del Moko en plátano, banano y heliconias.

16. Se evidencian progresos en la identificación de marcadores RAMs para evaluar la diversidad genética de *R. solanacearum* de plátano.
17. Conformación de un grupo multidisciplinario e interinstitucional conformado por investigadores, extensionistas y productores, denominado Alianza contra el Moko, para optimizar las estrategias y acciones de investigación El grupo incluye a: Comité de productores de plátano, Ica, Corpoica, Cenibanano, Inibap, Laverlam S.A. y Ciat.
18. Diseño de una metodología para la transferencia del material de lulo regenerado *in vitro* al invernadero y posteriormente al campo y para la introducción de nuevo material de campo, a condiciones *in vitro*.
19. Desarrollo de una novedosa metodología para la regeneración de plantas de lulo vía organogénesis a partir de pecíolos de hojas de plantas propagadas *in vitro*. Presenta la originalidad de utilizar un pre-tratamiento con sonicación del tejido vegetal antes de la inducción de diferenciación de plantas.
20. Elaboración de de un protocolo para la regeneración de plantas de lulo con aplicación para la transformación genética mediada por biolística o *Agrobacterium tumefaciens*

2.4 Formación de capital humano

El trabajo de investigación en frutales dentro del marco del Convenio MADR – CIAT, ha generado gran cantidad de logros en términos de nuevos conocimientos y metodologías. La transferencia de estos productos se ha efectuado principalmente a través de la capacitación de técnicos colombianos en biotecnología.

Figura 5. Personal técnico nacional capacitado en biotecnología en el marco del Convenio MADR – CIAT, 1999-2003



Fuente: Base de datos del Proyecto de Capacitación del CIAT

En el período 1999 –2003 se capacitaron 37 técnicos nacionales en promedio por año, para un total de 185 en todo el período. (Figura 5) El impacto de ésta capacitación se espera que se traduzca, en mayor dinámica y efectividad de la investigación agropecuaria nacional y en nuevas y mejores alternativas de producción en frutales y otros cultivos.

3. Impacto económico y resultados de la investigación en arroz en Colombia y los Llanos Orientales¹

3.1 Introducción

El proyecto de arroz del CIAT en colaboración con FEDEARROZ y CORPOICA realiza actividades de mejoramiento de arroz de riego y de secano, para las diferentes regiones productoras de Colombia. Una de las principales metas del proyecto, es ampliar la base genética del arroz, identificando nuevos genes, en especies silvestres relacionadas al arroz cultivado. En CIAT – Palmira, se realizó un total de 4156 cruzamientos entre 1994-2001, con el fin de producir variedades de arroz con buen potencial de rendimiento, buena calidad de grano, resistentes a piricularia, rhizoctonia, al virus de la hoja blanca y al daño mecánico producido por su vector el insecto Sogata. (*Tagosodes orizicolus*) De otra parte, se buscan fuentes de resistencia al virus del entorchamiento, nueva enfermedad, con alto potencial de convertirse en serio factor limitante de la producción, debido a su rápida diseminación en el país desde su aparición.

Como producto del Convenio desde 1994, el proyecto de arroz del CIAT, desarrolló miles de líneas de arroz las cuales fueron entregadas a distintas instituciones nacionales, (ICA, CORPOICA, FEDEARROZ, COPROSEM, SEMILLANO) para su directa liberación, o para ser usadas como progenitores. De este germoplasma, un total de 12 variedades se liberaron en Colombia durante 1994 -2001 de las cuales 7 (Oryzica Yacu 9, Oryzica Sabana 10, Coprosem 1, Fedearroz 2000, Fedearroz La Victoria 1, Fedearroz La Victoria 2, y Progreso 4-25) fueron líneas directamente desarrolladas por el Convenio y otras 2 (Fedearroz 50 y Colombia XXI) son producto de cruzamientos realizados con dichas líneas, por FEDEARROZ institución colaboradora en el proyecto. En 2003 –2004 se liberaron 8 variedades más: Improarroz 2-16, Fedearroz 275, 369, 809, 737, 355, 473 y Bonanza 6-30.

Adicionalmente, dos líneas más serán entregadas a los agricultores por CORPOICA como variedades para el ecosistema de sabanas (Línea 30) y la línea PCT-4/SA/1/1-975-M-3-M-3. Se debe destacar, que esta última sería la primera variedad de arroz liberada en Colombia, como resultado de la aplicación de una nueva metodología de mejoramiento, implementada en el proyecto en colaboración con el CIRAD de Francia. Esta técnica se conoce como selección recurrente y fue introducida con el propósito de ampliar y mantener la base genética, de las variedades que se desarrollen en el futuro.

Uno de los principales impactos directos de la investigación en arroz, ha sido el alto rendimiento de las nuevas variedades, en comparación con las de los años 80. En

¹ Con la colaboración de los Drs. César Martínez y Fernando Correa del proyecto de arroz del CIAT y del Dr. Miguel Diago y la División de Investigaciones Económicas de Fedearroz.

promedio la productividad nacional ha pasado de 4.5 t/ha a 5.5 – 6.0 t/ha. En algunas regiones, el rendimiento promedio alcanza 7 y más tm/ha.

La reducción de costos al productor por la adopción de mejores variedades, con resistencia a las plagas y enfermedades más frecuentes, es otra dimensión muy importante del impacto económico del trabajo de investigación realizado. La reducción de costos incrementa la rentabilidad del cultivo y mejora la competitividad de la producción doméstica en el contexto de los mercados mundiales del cereal.

3.2 Desarrollo de variedades

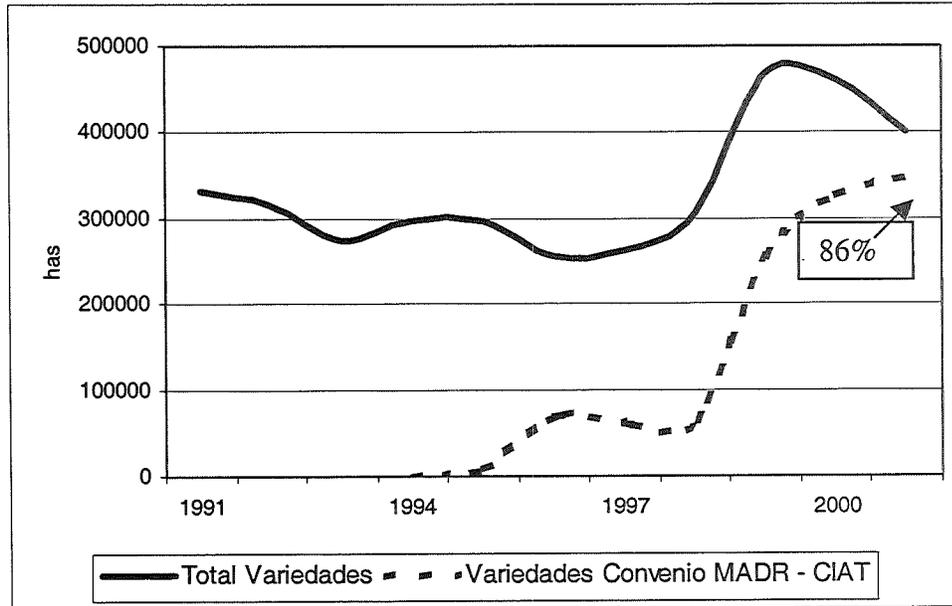
En el período 1994 –2001, se liberaron 12 variedades de arroz adaptadas a los sistemas de cultivo de Colombia y los Llanos Orientales, desarrolladas con apoyo financiero parcial del Convenio MADR – CIAT. Estos materiales, son apropiados para diferentes nichos ecológicos, por lo cual su impacto económico se irradia a lo largo y ancho de todas las zonas arroceras del país. En 2003 –2004, se reforzó el proceso con la liberación de 8 nuevas variedades mejoradas.

Cuadro 3. Variedades de arroz liberadas en Colombia y desarrolladas con apoyo del Convenio MADR – CIAT. 1994 - 2001

Variedad	Año de liberación	Sistema /nicho ecológico	Productividad en finca comercial (kg/ha) 1/	% estimado del costo de la variedad financiado por el Convenio MADR - CIAT	Período de difusión (años)
Selecta 3 - 20	1994	Riego & secano favorecido	7095	10	10
Oryzica Yacu 9	1994	”	7503	80	10
Oryzica Sabana 10	1995	Sabana – suelos ácidos	3773	100	-
Coprosem 1	1997	Riego	8382	60	
Coprosem 2	1997	Riego	6341	60	
Fedearroz 50	1998	Riego & secano favorecido	7245	10	10
Fedearroz 2000	2000	”	7295	60	10
Colombia XXI	2000	”	6314	20	10
Fedearroz la Victoria 1	2000	”	6550	60	10
Fedearroz la Victoria 2	2000	”	6550	60	10
Progreso 4 - 25	2001	”	6550	60	10
Improarroz 15 – 50	2001	”	6550	60	10

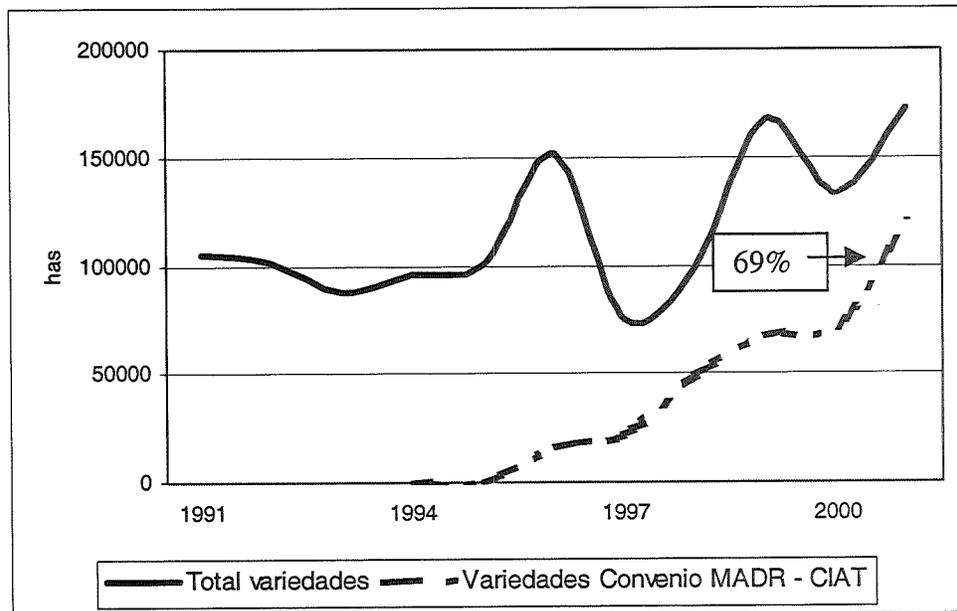
1/ En términos de arroz paddy verde. Estimaciones basadas en datos de campo de Fedearroz y en opiniones de expertos calificados.

Figura 6. Superficie arrocera de Colombia y contribución de las variedades generadas con apoyo del Convenio MADR-CIAT



Fuente: Datos de Fedearroz, Departamento de Investigaciones Económicas.
Cifras de 2001 estimadas.

Figura 7. Superficie arrocera en los Llanos Orientales y contribución de las variedades generadas con apoyo del Convenio MADR



Fuente: Datos de Fedearroz, Departamento de Investigaciones Económicas
Cifras de 2001 estimadas

En el Cuadro 3 se resume la información referente a los materiales liberados en 1994 - 2001, indicando el año de liberación, el nicho/sistema de producción, su productividad en condiciones de finca comercial, el porcentaje estimado del costo de desarrollo de material, aportado por el Convenio MADR – CIAT y el período de difusión

La adopción de la mayoría de estas variedades ha sido muy dinámica. Las Figuras 6 y 7, ilustran la rápida difusión de esos materiales en Colombia y en los Llanos Orientales. Se estimó, que hacia el 2001 el 86% - 348 mil hectáreas - de la superficie arrocera total, estaba con variedades producidas con apoyo del Convenio.

En los Llanos Orientales, se aprecia una situación similar a la del resto de Colombia. En el año citado, cerca del 70% del área cultivada, estaba cultivada con variedades originadas por el Convenio. En la actualidad la variedad más utilizada en el país es Fedearroz 50, que en 2001 cubría el 69% de la superficie arrocera nacional y el 50% del área cultivada en los Llanos Orientales.

En 2000 – 2001 se liberaron 6 variedades muy promisorias que se espera tengan un impacto importante en la economía arrocera del país. Ellas son: Colombia XXI, Fedearroz 2000 y Fedearroz La Victoria 1 y 2. Progreso 4–25, Improarroz 15-50. (Cuadro 3) A fines de 2003, Fedearroz liberó 6 nuevas variedades, de las cuales 4 corresponden a líneas desarrolladas por el proyecto de arroz del CIAT con recursos del MADR. En ese mismo año se liberó Improarroz 2-16 y en 2004 apareció Bonanza 6 –30.

3.3 Impacto económico del empleo de nuevas variedades de arroz en Colombia

3.3.1 Reducción de costos de producción. El impacto económico de la adopción de las nuevas variedades de arroz, producidas con el apoyo técnico del Convenio MADR – CIAT, puede ser evaluado considerando varias dimensiones: 1) La geográfica, las variedades presentan amplia difusión en todo el país, y en todos los sistemas de producción, por lo cual es importante estimar su impacto no solo en los Llanos, sino en la totalidad del país. 2) Las nuevas variedades, con resistencia a plagas y enfermedades, aportan beneficios que se traducen en estabilidad o incrementos de los rendimientos y en reducciones de los costos de producción, al disminuir o eliminarse las aplicaciones de agroquímicos. 3) Los beneficios ambientales, derivados del empleo de nuevas tecnologías más amigables con el medio ambiente.

Desde el punto de vista fitosanitario, el impacto de la investigación, también se puede medir por el desarrollo de variedades resistentes a los diferentes problemas bióticos, que afectan la producción del cultivo. El añublo del arroz, causado por el hongo *Pyricularia grisea*, es la enfermedad más limitante de la producción en Colombia. Se calcula que el control químico de este patógeno en los Llanos Orientales, tiene un costo anual aproximado de US \$16 millones de dólares, cuando se siembran variedades susceptibles, como las llamadas “Tailandias”, debido a que los agricultores tienen que realizar de 2-4 aplicaciones de fungicidas por hectárea. La liberación de variedades resistentes a *Pyricularia* como Oryzica Llanos 5 en 1989 y FEDEARROZ 50 en 1998, ha permitido a los productores, eliminar el control y las aplicaciones de fungicidas.

Para desarrollar variedades con resistencia estable, ha sido necesario realizar estudios detallados tanto de la genética de la planta como del patógeno. Durante la ejecución del Convenio, se han estudiado permanentemente poblaciones del hongo en Colombia. Estos estudios han hecho posible la identificación de 5 genes de resistencia, los cuales en varias combinaciones, confieren resistencia estable y duradera al patógeno. FEDEARROZ 50 y Oryzica Llanos 5 ya poseen tres de estos genes, faltándoles los otros dos. Mediante el uso de técnicas convencionales y moleculares, dichos genes están siendo incorporados en las nuevas líneas, que darán origen a las nuevas variedades de arroz con resistencia al añublo o *Pyricularia*. Los expertos consideran que en un futuro cercano, el 100% del área arrocera esté sembrada con variedades resistentes.

Otra enfermedad que afecta la producción de arroz en Colombia, es el Virus de la Hoja Blanca. Dentro del Convenio MADR – CIAT, se trabaja con Fedearroz y Corpoica, para desarrollar variedades con resistencia, también en el manejo integrado del complejo vector – virus o Sogata – Hoja Blanca. La última epidemia, en 1981-1983, ocasionó pérdidas de casi 50% en la producción nacional. Durante 1997-2000, hubo alto riesgo, de una nueva epidemia de Hoja Blanca. En esa oportunidad, más de 1000 agricultores recibieron información oportuna sobre métodos de control. Como consecuencia, muchos agricultores cambiaron el uso de insecticidas y también de variedades. En 1998, con la introducción de FEDEARROZ 50, se entregó una herramienta efectiva contra Hoja Blanca. Después de su liberación, los niveles de la enfermedad bajaron notoriamente, hasta el punto de que ya no es una gran amenaza para la producción nacional.

El cultivo de arroz, también se encuentra en riesgo por el avance de dos enfermedades nuevas, que potencialmente pueden reducir severamente los rendimientos. La rhizoctonia y el virus del entorchamiento. Ninguna de las variedades actuales en el país y en el mundo, es completamente resistente a ellas. Dentro del convenio MADR-CIAT, se ha trabajado en la identificación de nuevos genes de resistencia para su control, los cuales han sido encontrados en las especies silvestres *Oryza rufipogon* y *Oryza glaberrima*. Genes de resistencia están siendo transferidos de las especies silvestres, a las nuevas líneas de arroz, que se evalúan en colaboración con Fedearroz, tanto en los Llanos Orientales como en el Tolima. En 2001, se identificaron líneas resistentes, que potencialmente pueden dar origen a nuevas variedades, o ser utilizadas como progenitores en cruzamientos.

Los gastos de control de problemas sanitarios como *pyricularia*, tienen gran incidencia en el costo total de producción. En el sistema de secano favorecido, se estiman en \$ 280000/ha/año. (US\$ 121) Se calcula que el 27% del costo de producción, corresponde a protección del cultivo. (Fedearroz 2001) Una de las características más sobresalientes Fedearroz 50, en su resistencia a esa enfermedad, lo cual explica en gran medida, su rápida aceptación en Colombia. El Cuadro 4, muestra la reducción de costos para los Llanos Orientales y otras regiones país, por el uso de Fedearroz 50 resistente a *pyricularia*, en el período 1998-2001.

Cuadro 4. Impacto económico agregado por la reducción de costos de producción de arroz, por el uso de Fedearroz 50, resistente a *Pyricularia*: 1998-2001

Año	Area cultivada con Fedearroz 50 (has)		Valor de la reducción de costos de producción (US\$ 000) 1/						
	Llanos Orientales		Resto Colombia	Llanos Orientales			Resto Colombia	Total Colombia	Convenio MADR-CIAT 3/
	Riego	S. F. 2/	Riego	Riego	S.F.	Total	Riego		
1998	3932	5998	4472	238	727	965	136	1101	110
1999	22568	34423	181525	1368	4172	5540	5500	11040	1104
2000	28285	43143	246918	1714	5229	6943	7482	14425	1442
2001	37260	56830	221823	2258	6888	9146	6721	15867	1587
Valor presente en 2002 (i=10%)				4356	13289	24771	21787	46558	4656

1/ Tasa de cambio: \$ col. 2310.2 2/ Secano favorecido. 3/ Se asume que el Convenio MADR-CIAT contribuyó con un, 10% al desarrollo de este material

Los estimativos indican que la reducción en los costos en los Llanos alcanza un valor presente, en el año 2002, de US\$ 24.8 millones y en otras regiones llega a US\$ 21.8 millones. Lo anterior, genera un estimativo global para Colombia de US\$ 46.6 millones. (Cuadro 4) Si se asume que el trabajo del Convenio MADR – CIAT, contribuyó en un 10% al desarrollo de Fedearroz 50, se concluye que ese aporte tiene una retribución, equivalente a un valor presente de US\$ 4.6 millones, en el corto lapso de 4 años de uso del material.

La investigación para desarrollar variedades de arroz resistentes a *rhizoctonia*, muestra alto potencial de impacto económico. Se enfoca hacia la obtención de variedades resistentes mediante el uso de especies silvestres. Suponiendo que en la mitad del área arrocera que utiliza riego, se aplican medidas preventivas y que los costos de control llegan a \$col140000/ha (US\$ 60.6), se calcula que en un año el valor total de los controles se acerca a US\$ 9.5 millones.

3.3.2 Valor de la producción adicional por el uso de mejores variedades. Aparte de mostrar mayor eficiencia, en términos de costos, las variedades mejoradas tienen la capacidad de mantener o incrementar los niveles de productividad, frente a los cultivares que van siendo desplazados progresivamente de la producción arrocera. Con base en la información de superficies cultivadas, suministrada por Fedearroz, por tipo de variedad y los niveles de productividad estimados para cada una de ellas, se estimó el valor de la producción adicional, debido a la adopción de los nuevos cultivares.

Todas las variedades se evaluaron para un horizonte de adopción de 10 años y los flujos de beneficios se expresan en términos del valor presente equivalente en el año 2002.

En el Cuadro 5 se presentan los beneficios económicos, de la adopción tecnológica, para el país y para los Llanos Orientales.

Cuadro 5. Valor presente de la producción adicional por la adopción de variedades mejoradas de arroz

Variedad	Valor presente de la producción adicional (US\$ millones) 1/ 2/ (i=10%)	
	Colombia	Llanos Orientales
Fedearroz 50	62.7	21.6
Improarroz 15 -50	26.0	20.8
Oryzica Yacu 9	24.1	2.9
Fedearroz 2000	23.6	2.4
Fedearroz La Victoria 1 y 2	20.0	2.0
Progreso 4 -25	12.6	10.0
Colombia XXI	5.6	0.6
Selecta 3 - 20	5.3	2.9
Total	179.8	63.1
Inversión total 1/ Ministerio de Agricultura CIAT	8.8	
	4.4	
	4.4	
Relación beneficio/costo	20 : 1	

1/ Se refiere al valor presente en 2002. 2/ Valor atribuible al Convenio MADR- CIAT, por su contribución para el desarrollo de las variedades. Tasa de cambio: \$ col 2310.2

3.4 Nuevos materiales de arroz en fases avanzadas para su liberación

La línea 30 (CT 11891-2-2-7-M) apropiada para las condiciones de secano, en suelos ácidos de la altillanura de los Llanos Orientales, se caracteriza por su buena adaptación, precocidad, alto potencial de rendimiento, tolerancia a enfermedades y excelente calidad de grano. Su lanzamiento en colaboración con CORPOICA y CIRAD-CA, se hará probablemente en el transcurso de 2004. Se trata de un material especial para siembras intercaladas con otros cultivos perennes ó en sistemas de rotación de cultivos. En el año 2003 se estima que se sembrarán 1000 ha con esta variedad y se espera un tope de 10000 has en el 2005. La línea PCT-4/SA/1/1975-M-2-M-3 también se encuentra en las etapas finales de evaluación para ser lanzada en el 2004-2005 para este mismo ecosistema.

Actualmente se encuentran en el ICA, varias líneas en validación en pruebas agronómicas en fincas, como último requisito para ser liberadas como nuevas variedades, en diferentes zonas arroceras de Colombia. Estas líneas fueron inscritas por Fedearroz, Semillano, Improarroz, Acosemillas, El Aceituno, Aventis, Desmotolima - CORPOICA y Syngenta. Se estima que 15 de ellas, que representan más del 50% del germoplasma en evaluación, tienen origen en el trabajo del Proyecto de arroz del CIAT, financiado parcialmente con fondos del Convenio MADR – CIAT.

3.5 Otros productos tecnológicos

Además del germoplasma mejorado desarrollado y liberado, se debe reiterar que otro producto muy importante y de gran valor estratégico para los programas de mejoramiento locales, lo constituye el trabajo de incorporación de nuevos genes de resistencia a enfermedades, tales como rhizoctonia y el entorchamiento (enfermedad virosa) Estos

genes, al igual que otros asociados con mayor potencial de rendimiento, y mejor calidad de grano, han sido transferidos de especies silvestres de arroz a variedades mejoradas. Líneas avanzadas portadoras de estos genes, se han identificado y entregado a FEDEARROZ y otros colaboradores, para ser utilizados como padres en sus programas de mejoramiento. El impacto potencial de estos nuevos genes, debe reflejarse a más largo plazo, en avances significativos de la producción, productividad, sostenibilidad y competitividad de la industria arrocera nacional.

Las principales metodologías para el apoyo de la investigación en arroz en el país se sintetizan en:

- Desarrollo y optimización de una metodología de transformación de arroz mediante biolística y *agrobacterium tumefaciens*, para genotipos del tipo indica y japónica.
- Desarrollo y optimización del uso de inmersión temporal para el cultivo masivo de anteras de arroz
- Desarrollo y optimización de una metodología para la evaluación de flujo de genes desde arroz cultivado a arroz rojo y especies silvestres
- Desarrollo de una metodología de evaluación masiva de plantas transgénicas de arroz en invernadero y campo siguiendo medidas de bioseguridad
- Adecuación del método de inoculación y evaluación de invernadero para la identificación de tolerancia al añublo de la vaina del arroz. El método permite una mejor diferenciación entre tolerancia y susceptibilidad.
- Metodologías para la cría y evaluación de *Tagosodes orizicolus*. (Muir) Nuevo método de cría de "Sogata", método conocido como Secuencial, que posibilita en el mismo tiempo, obtener diferentes estados del insecto. Se retoma nuevamente en la evaluación del daño mecánico de Sogata, utilizando Bluebonnet 50 como testigo susceptible.

3.6 Formación de capital humano

3.6.1. Actividades de capacitación. Durante 1994 – 2003 el proyecto de arroz de CIAT con fondos del Convenio MADR – CIAT, efectuó una activa labor de formación de capital humano nacional, a través de cursos de especialización, desarrollo de tesis de pregrado, maestría y doctorado, conferencias y seminarios a diferente nivel, con participación de numerosos investigadores colombianos, en las instalaciones del CIAT en Palmira y en diferentes sitios del país.

El Cuadro 6 muestra un resumen consolidado de la actividad de capacitación en el cultivo de arroz, por año y área científica.

Cuadro 6. Formación de capital humano mediante la capacitación de investigadores nacionales en el cultivo de arroz, 1994 – 2003. (No de técnicos capacitados *)

Disciplina	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Mejoramiento			7	9	9	1	23	2	6		57
Patología	2	4	4	3	3	3			1		20
Manejo integrado	1	1	1		1	1		71	34	145	255
Entomología		1		1	3						5
Cultivo de anteras	2			2	5						9
Suelos			1	1							2
Fisiología	2	1						2			5
Agroindustria									1		1
Total	7	7	13	16	21	5	23	75	42	145	354

* Técnicos de nivel superior

Fuente: Base de datos del Programa de comunicaciones y Proyecto de arroz del CIAT

En el período de referencia 354 técnicos colombianos recibieron capacitación en 7 disciplinas científicas prioritarias. El 72% trabajó en manejo integrado del cultivo, destacándose que la mayor actividad en esa disciplina se cumplió en 2001. El 16% de la capacitación se orientó hacia actividades de mejoramiento, en tanto que en patología recibió adiestramiento aproximadamente el 6% del personal adiestrado.

Dentro de la investigación en arroz cofinanciada por el gobierno nacional, se desarrollaron numerosos eventos científicos y de capacitación. En el Cuadro 7, se resumen algunos de ellos.

Cuadro 7. Otros eventos de capacitación y divulgación sobre arroz en Colombia

Evento	Año	Participantes
Taller de bioseguridad en plantas transgénicas	1999	Periodistas de los principales Periódicos y radios del país (15)
Taller sobre bioseguridad de plantas transgénicas por resistencia al virus de hoja blanca del arroz	1999	Científicos nacionales (10)
Curso avanzado en aplicación integrada de marcadores moleculares en el fitomejoramiento del arroz	2000	Científicos nacionales (12)
Taller sobre bioseguridad al Consejo técnico de bioseguridad de Colombia	2000	Funcionarios de diferentes ministerios y organizaciones vinculadas al sector agropecuario (25)
Taller sobre biotecnología y bioseguridad en la agricultura para periodistas colombianos	2001	Periodistas de diferentes medios (23)
25 reuniones técnicas en 20 localidades del país para estudiar temas como manejo integrado de plagas, sogata – RVHB, VHB - ELISA	1997-1999	Técnicos e investigadores nacionales (aproximadamente 1000)

3.7 Producción de materiales científicos y de divulgación

La producción de material científico y de divulgación es esencial para adelantar las actividades de formación de capital humano y para la difusión de las tecnologías y de los conocimientos científicos resultantes del trabajo efectuado. En el período 1994 –2003, la

actividad científica produjo múltiples publicaciones y documentos científicos y de divulgación para entregar al país los resultados logrados.

4. Impacto económico potencial y resultados de la investigación en forrajes para la Orinoquia¹

4.1 Introducción

El proyecto de Forrajes Tropicales del CIAT en colaboración con otras instituciones nacionales, principalmente CORPOICA, ha venido trabajando en el diseño de nuevas alternativas forrajeras y sistemas de producción ganaderos, adaptados a las condiciones ambientales y económicas prevalecientes en la Orinoquia colombiana.

Para adelantar este trabajo, desde 1994, se ha contado con el valioso apoyo financiero parcial, del gobierno nacional a través del Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR – CIAT.

Este esfuerzo ha producido nuevos cultivares de gramíneas y de leguminosas forrajeras, nuevos conocimientos, metodologías e información técnica relevante, como un aporte significativo para implementar en esta extensa región de Colombia, una estrategia de desarrollo sostenible y competitivo, con un fuerte componente ganadero.

La formación de capital humano nacional, mediante la capacitación y entrenamiento de personal técnico colombiano, ha tenido especial énfasis, ya que se considera una herramienta eficaz, para la divulgación y la difusión de los resultados científicos obtenidos.

La investigación se enfoca hacia la generación de nuevo germoplasma de gramíneas y de leguminosas forrajeras de alta productividad, con amplia adaptación a las condiciones de clima y de suelo de la región y con resistencia/tolerancia, a las principales plagas y enfermedades. La conservación de los recursos naturales, en los distintos ambientes y sistemas de producción de ésta región, es un tema prioritario dentro del trabajo que se realiza.

Las actividades necesarias para lograr el objetivo, están íntimamente relacionadas y comprenden: a) La ampliación de la base genética de las especies forrajeras. b) La determinación de los factores de calidad nutritiva. c) La identificación de los mecanismos de adaptación a suelos ácidos e infértiles y d) El conocimiento de los factores de resistencia a plagas y enfermedades.

Estas actividades desembocan en la evaluación de selecciones avanzadas de gramíneas y de leguminosas, en las condiciones particulares de las fincas comerciales de los Llanos colombianos. Lo anterior permite obtener y ofrecer, nuevos cultivares de gramíneas y de

¹ Con la colaboración del Dr. Carlos Lascano, líder del Proyecto de Forrajes del CIAT y del Ing. Alberto Ramírez, editor.

leguminosas adaptados a condiciones de suelos ácidos e infértiles, a la sequía prolongada, al mal drenaje y resistentes a plagas y enfermedades.

Los resultados de la investigación en forrajes, se materializan en mayor disponibilidad de mejores cultivares de uso múltiple, apropiados para su empleo en distintos ambientes. Se anticipa, que las nuevas opciones forrajeras ya disponibles, se constituirán en componentes, críticos dentro de modernos sistemas de producción más complejos, que involucren diversas actividades agrícolas y forestales.

La rápida degradación de los pastos en los sistemas ganaderos tradicionales de la región, es considerada como un problema de gran relevancia, por lo cual se espera que los nuevos métodos de recuperación de pasturas, resultantes del trabajo del Convenio, produzcan un alto impacto económico y ambiental.

Este estudio documenta el impacto económico potencial de la adopción en la Orinoquia, de los nuevos materiales de gramíneas y de leguminosas forrajeras, disponibles para su utilización en los sistemas ganaderos. También se describen, en términos de sus atributos, los materiales forrajeros que se encuentran en etapas muy avanzadas, dentro del proceso de liberación.

Se efectuó un inventario de otros productos tecnológicos, aportados por la investigación en el período 1994 – 2003, el cual incluye nuevos conocimientos científicos y metodologías, y la producción de información técnica y científica relevante, mediante el desarrollo de bases de datos y otras fuentes de información.

Finalmente se resumen los logros alcanzados en las actividades de capacitación y adiestramiento, de personal técnico y científico colombiano, a lo largo de 8 años de trabajo.

4.2 Nuevos productos tecnológicos (1994 – 2003)

4.2.1 Variedades disponibles y en proceso de evaluación. El trabajo coordinado de las entidades involucradas en el Convenio, ha permitido la liberación de nuevos cultivares de gramíneas forrajeras y de leguminosas de uso múltiple. Se destacan los siguientes:

***Brachiaria brizantha* CIAT 26110 cv. Toledo.** Es el resultado de varios años de investigación de Corpoica y el Proyecto de Gramíneas y Leguminosas Tropicales del CIAT, (IP-5) dentro del Convenio Fondo Nacional del Ganado (Fedegan) - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)-CIAT. Se adapta bien en sitios con suelos de mediana fertilidad y precipitación superior a 1600 mm por año, donde produce rendimientos anuales de forraje cercanos a 30 t/ha de MS, siendo superiores a los de otros cultivares de *Brachiaria*. Los altos rendimientos de forraje, permiten utilizar cargas animales superiores a 2.5 UA/ha, con un período de descanso entre pastoreos de 21 a 28 días, especialmente durante el período lluvioso, y producciones de leche de 8.5 kg/vaca por día con vacas Holstein y Holstein - Cebú.

Otras accesiones en avanzado estado de evaluación son *B. brizantha* CIAT 26124, 26556 y 26318. Estas forrajeras presentan enorme potencial productivo, en un amplio número de nichos ecológicos de la Altillanura. Su impacto económico en los sistemas ganaderos, se basa en alta capacidad de carga, buena calidad nutritiva y gran potencial para sustituir ventajosamente a las pasturas degradadas en sabanas nativas.

***Cratylia argentea* cv. Veranera.** Es una leguminosa arbustiva evaluada ampliamente en diferentes ecosistemas de Colombia, desde las sabanas bien drenadas con suelos de baja fertilidad en los Llanos Orientales, hasta zonas de ladera en el Cauca, con suelos de mediana fertilidad, condiciones en las que ha mostrado buena adaptación en sitios hasta 1200 m.s.n.m. con climas subhúmedos y entre 5 y 6 meses de sequía. En los sitios de evaluación ha mostrado entre otras ventajas, las siguientes: (1) alta retención foliar, particularmente de hojas jóvenes, y buena capacidad de rebrote durante la época seca, siendo este uno de sus principales atributos; (2) en estado fresco, es una buena alternativa para la alimentación de vacas en producción; (3) en condiciones de trópico subhúmedo, se puede utilizar para la elaboración de ensilaje; y (4) suministrada en forma fresca o ensilada, con una ración rica en energía (caña de azúcar o pasto elefante), puede sustituir el uso de concentrados comerciales en vacas lecheras, de mediana producción, lo cual es una excelente alternativa para la alimentación de vacunos, durante el verano.

***Desmodium heterocarpon* subsp. *Ovalifolium* cv. Maquenque:** Es una leguminosa de uso múltiple, liberada por Corpoica en junio de 2002. Los estudios realizados en Colombia por Corpoica, el ICA y el CIAT, muestran que tiene excelente tolerancia a la sombra y alta cobertura del suelo, en plantaciones de caucho y palma aceitera, con un menor costo de establecimiento y manejo, en comparación con el tradicional uso de *P. phaseoloides*. (kudzú) Se adapta bien a un amplio rango de sitios, localizados entre 0 y 1300 m.s.n.m., con precipitación anual superior a 2000 mm.; no tolera períodos prolongados de sequía. El establecimiento y desarrollo del cv. Maquenque, bajo cultivo de caucho en la Altillanura ha sido bueno, como lo indica una cobertura mayor que 80% en la época de lluvias, siendo superior a la lograda con el kudzú tradicional. (55%) *Desmodium ovalifolium*, tiene un valor nutritivo moderado, en comparación con otras leguminosas forrajeras. Ocasionalmente se puede utilizar en la alimentación animal.

***Arachis pintoi* CIAT 18744.** Es una leguminosa perenne de múltiple propósito, que puede utilizarse como banco de proteína, como componente en las pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas, como cobertura en plantaciones permanentes y como planta ornamental. Se destaca por su alta calidad forrajera y capacidad de carga. Presenta excelente adaptación en zonas tropicales bajas, con precipitaciones entre 1500 y 3500 mm anuales. Crece bien en suelos ácidos, con alta saturación de aluminio, pero se da mejor en suelos de mediana fertilidad, franco arenosos, con buen contenido de materia orgánica. Tolerancia a la sequía, aún en sitios con 4 –5 meses secos y el encharcamiento por períodos cortos.

Nuevo híbrido cv. Mulato (*Brachiaria* CIAT 36061) Liberado en Colombia en 2003, Se caracteriza por su rapidez de establecimiento, alta producción de forraje, especialmente en la época de lluvias, y superior calidad nutritiva. Este híbrido, fue evaluado dentro de

los trabajos de la Red Colombiana de *Brachiaria*. Su mayor potencial productivo se encuentra como componente en las rotaciones de sistemas agropastoriles, particularmente con maíz adaptado a los suelos ácidos.

4.2.2 Forrajeras en estado avanzado dentro del proceso de liberación. Como resultado de las investigaciones del Convenio, no sólo se han entregado nuevos cultivares, sino que también se tienen otras accesiones en estados avanzados en el proceso de liberación, entre las cuales sobresalen las siguientes.

Híbridos de *Brachiaria* con resistencia a salivazo. El salivazo de los pastos (cercópidos) se considera como la plaga más limitante para la producción forrajera de las zonas tropicales bajas. Ataca especialmente a las *Brachiarias*, y es una de las causas más frecuente de la degradación de las pasturas. Como resultado del esfuerzo de 10 años de trabajo, y gracias a la cofinanciación del MADR y de Fedegan, (Fondo Nacional del Ganado) se tiene en la actualidad un híbrido apomítico, *Brachiaria* CIAT 36062 con alta resistencia a ésta plaga.

En la Figura 8 se presenta una estimación de la evolución de la adopción de estos nuevos materiales, tomando como referencia la situación actual en el proceso de aceptación por los productores en la región.

4.3 Otros productos tecnológicos desarrollados por el Convenio

El diseño de nuevas metodologías de investigación es un producto resultante de las actividades de desarrollo de germoplasma, que permitirá reducir costos y aumentar la dinámica de la investigación en pasturas, para los Llanos Orientales y otras regiones del país. Estas tecnologías incluyen: (1) Metodología para selección por resistencia a salivazo en invernadero y en campo. (2) Metodología para selección de variedades por resistencia a aluminio. (3) Metodología para selección por resistencia a *Rhizoctonia*. (enfermedad fungosa)

Se han diseñado bases de datos y fuentes de información de utilidad para técnicos y productores ganaderos de Colombia y de otros países de América tropical. Con recursos del Convenio MADR-CIAT, se implementó la base de datos Forrajes Tropicales, que incluye la caracterización agronómica de 5374 accesiones de gramíneas y leguminosas, evaluadas en estaciones experimentales del CIAT y de Corpoica en Colombia. También se incluye la evaluación de la adaptación de 2209 accesiones forrajeras, representativas de los ecosistemas de sabanas, laderas y márgenes de bosque existentes en el país.

La investigación en *Brachiarias* del período 1998-2003 desarrollada con apoyo del Convenio se traduce en:

- Nuevas metodologías, rápidas y confiables, para selección de híbridos de *Brachiaria* por resistencia a varias especies de salivazo, a *Rhizoctonia*, a altos niveles de Al en el suelo y por calidad nutritiva.

- Desarrollo del primer híbrido comercial de *Brachiaria* (cv Mulato) liberado en Colombia por la empresa SEMILLANO con los atributos de rapidez de establecimiento y alta calidad nutritiva. Es un material apropiado para la Región Caribe, Magdalena Medio y para rotaciones con cultivos anuales en los Llanos Orientales. Se destaca por su rápida difusión en diferentes regiones de Colombia. En el primer año (2003) se vendieron en diferentes regiones del país 10 toneladas de semilla, lo cual implica una superficie sembrada de de 2500 ha.
- Desarrollo de un nuevo híbrido de *Brachiaria* en etapa de pre-lanzamiento con características de resistencia a varias especies de salivazo presentes en Colombia, tolerancia a sequía y persistencia en suelos ácidos de baja fertilidad, característicos de los Llanos colombianos.
- Obtención de híbridos de *Brachiaria* en avanzado estado de selección con resistencia a varias especies de salivazo presentes en Colombia y tolerantes a baja disponibilidad de nutrientes y alto Al en el suelo.

Los principales logros durante el período de referencia de la investigación en calidad de gramíneas y leguminosas se resumen en:

- Desarrollo de ecuaciones de calibración de digestibilidad aplicables al sistema NIRS (Espectrofotometría de infrarrojos) utilizando datos de digestibilidad in vitro tradicional
- Identificación de variabilidad genética en digestibilidad y en contenido de saponinas (medidas con el método de hemólisis) en híbridos de *Brachiaria* lo cual indica que es posible seleccionar por estos atributos.
- Documentación de mayor producción de leche en el híbrido de *Brachiaria* cv Mulato que en cultivares comerciales debido a mayor contenido de proteína
- Documentación de que la producción de leche con híbrido nuevo de *Brachiaria* en etapa de pre-lanzamiento es igual que en con el cultivar Mulato y mayor que con cultivares comerciales.
- Los taninos asociados con el sustrato (no solubles) fueron más eficaces en prevenir digestión de forrajes por microorganismos del rumen que los taninos solubles
- Variación entre especies de leguminosas en la estructura de taninos (pesos moleculares y composición de los monómeros que forman la estructura química de los taninos) presentes, lo cual explica diferencias en la actividad biológica de los taninos (efectos en digestión de materia seca e inhibición de la degradación de proteínas)
- El efecto biológico negativo de los taninos en la calidad de las leguminosas estuvo mas influenciado por factores ambientales que genéticos. Tanto el peso

molecular como la composición (monómeros) química de los taninos, cambiaron más con la fertilidad del suelo, que con el genotipo de la leguminosa.

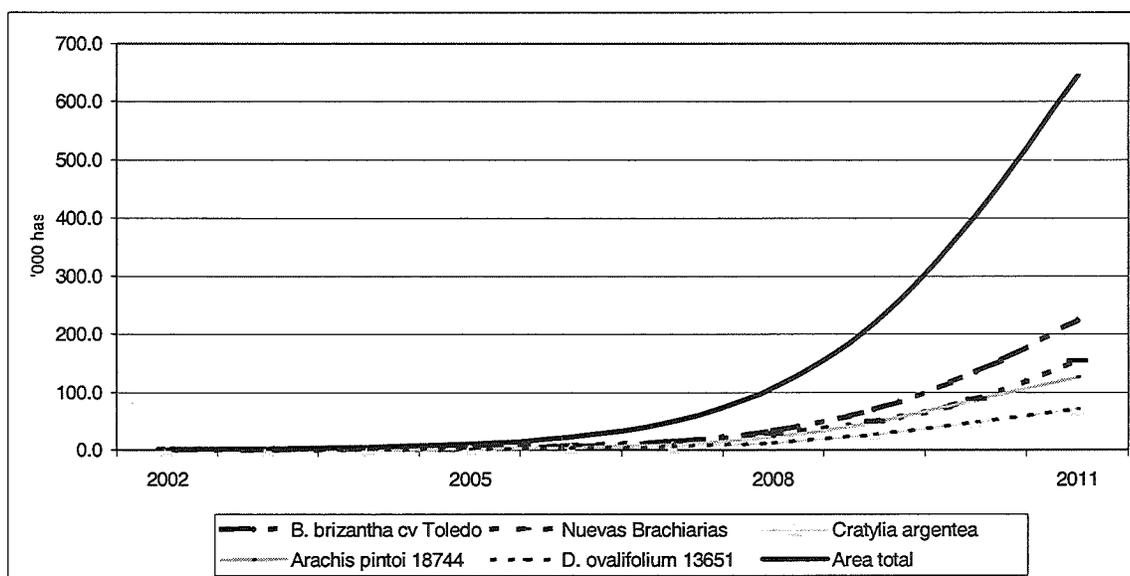
- Documentación de que el consumo y la digestibilidad de las leguminosas con taninos son mayores cuando estas crecen en suelos fértiles que en suelos de baja fertilidad.

4.4 Impacto económico potencial de la adopción de nuevas alternativas forrajeras en la Orinoquia de Colombia

El impacto económico potencial de modernizar la industria ganadera de la Orinoquia de Colombia, mediante la utilización de los nuevos materiales forrajeros, producidos por el Proyecto de forrajes del CIAT, a través del Convenio MADR – CIAT y con la colaboración de otras entidades nacionales como Corpoica, es de gran magnitud dada la extensión de las áreas susceptibles de impactar, las sustanciales ganancias en productividad, en términos de carne y de leche, derivadas del uso de los nuevos materiales forrajeros y las claras implicaciones sobre la sostenibilidad de la producción ganadera regional. Estas alternativas, permiten establecer nuevas pasturas, de alta productividad y persistencia, que posibilitan la recuperación de pasturas antiguas, en avanzado estado de degradación. Este último problema, es uno de los principales limitantes de la producción ganadera en la Orinoquia colombiana.

Los beneficios económicos potenciales del cambio técnico, se evalúan estimando el valor presente del flujo de producción adicional de carne y de leche, que se origina por el

Figura 8. Evolución simulada de las áreas sembradas con las nuevas opciones forrajeras producidas por el Convenio MADR-CIAT



empleo en los Llanos Orientales, de los nuevos materiales forrajeros. La estimación se efectúa para cada alternativa forrajera considerada individualmente. En el Cuadro 8 se presentan los niveles de productividad esperada y las áreas potenciales a impactar con los nuevos cultivares, según nicho ecológico y sistema de explotación ganadera. Esta información está basada en los datos experimentales de finca, resultantes de varias décadas de investigación del Proyecto de Forrajes del CIAT, en esta región del país.

Para la estimación de las áreas potenciales a impactar, se apeló a la opinión de expertos calificados, con amplia experiencia en la región. No obstante, se considera que los estimativos de las áreas potenciales a utilizar, son bastante conservadores. En la Figura 8, aparecen las estimaciones de las superficies sembradas con los nuevos materiales, en el período 2002 – 2011.

La adopción de los nuevos cultivares, se simuló utilizando un modelo logístico, que parte de muy bajos niveles de adopción en los primeros años del proceso, y que culmina 10 o 15 años más adelante. Para el cálculo de los flujos de beneficios esperados, se consideró un horizonte de 10 años, en todas las alternativas evaluadas.

En el Cuadro 9 resume los niveles de productividad de las nuevas alternativas forrajeras y de las tecnologías actualmente utilizadas por los ganaderos de ésta región de Colombia. La Figura 9, incluye los aumentos en la producción de carne y de leche, debidos al empleo de éstas nuevas praderas de mayor productividad.

La utilización del germoplasma mejorado en las fincas de la región objetivo, implica un flujo de beneficios económicos equivalente, en valor presente, a US\$ 189 millones en 2002, que representa una anualidad de casi US\$ 31 millones, durante 10 años. El flujo anual estimado de beneficios económicos proveniente de los incrementos de la producción de carne y de leche, se presenta en la en la Figura 10.

El 41% de los beneficios se origina en las actividades de ceba, mientras que el 59% restante, se genera en el sistema mixto de producción de carne y de leche. Se espera que en los próximos 10 años, la región del piedemonte contabilice las mayores ganancias por la adopción tecnológica, ya que por mejor dotación de vías, mayor conexión con los mercados más importantes del país y por disponer de recursos de tierra de mejor capacidad productiva, de darse un entorno socio económico apropiado, los procesos de adopción tecnológica, tendrán mayor dinámica, que en la Altillanura.

Cuadro 8. Materiales forrajeros disponibles y en avanzado estado de evaluación para el piedemonte y la Altillanura de Colombia. Convenio MADR - CIAT:1994 - 2001

Nombre del material	Nicho ecológico	Productividad esperada				Área potencial a impactar según sistema (000has)		Período de difusión (años)
		Ceba		Doble propósito		Carne	Doble propósito	
		Carne kg/ha/año	Carne kg/ha/año	Leche kg/ha/año	Leche kg/ha/año			
<i>Brachiaria brizantha</i> cv Toledo	Piedemonte	400	300	2000	2000	200	250	10
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT: 26124	Altillanura	250				500		15
26556		250				500		15
26318		250				500		15
<i>Cratylia argentea</i>	Piedemonte			1200			100	10
<i>Arachis pintoi</i> 18744	Piedemonte	500	350	3000		80	100	10
<i>Desmodium ovalifolium</i> 13651	Altillanura	200				100		15

Cuadro 9. Productividad potencial anual de los nuevos cultivares y de las accesiones de forrajes promisorios para los Llanos Orientales de Colombia vs. una pastura de uso tradicional a/

Tipo de pastura (mejorada vs. tradicional)	Productividad según el sistema de explotación		
	Ceba (kg/ha/año)	Doble propósito	
		Carne (kg/ha/año)	Leche (kg/ha/año)
<i>Brachiaria brizantha</i> cv Toledo	400	300	2000
Tradicional	150	78	900
<i>B. brizantha</i> CIAT 26124, 26556 y 26318	250	-	-
Tradicional	110	-	-
<i>Cratylia argentea</i> cv. Veranera	-	-	1200
Tradicional	-	-	800
<i>Arachis pintoi</i> CIAT 18744	600	350	3000
Tradicional	150	78	900
<i>Desmodium ovalifolium</i> cv. Maquenque	200	-	-
Tradicional	110	-	-

a/ Como tradicional se considera una pastura de *B. decumbens* con varios años de uso, bajo las condiciones normales de manejo en la región.

Fuente: Información experimental y en finca, recopilada por el CIAT.

Figura 9. Incremento estimado de la producción de carne y de leche en la Orinoquia de Colombia, por el uso de nuevos materiales forrajeros

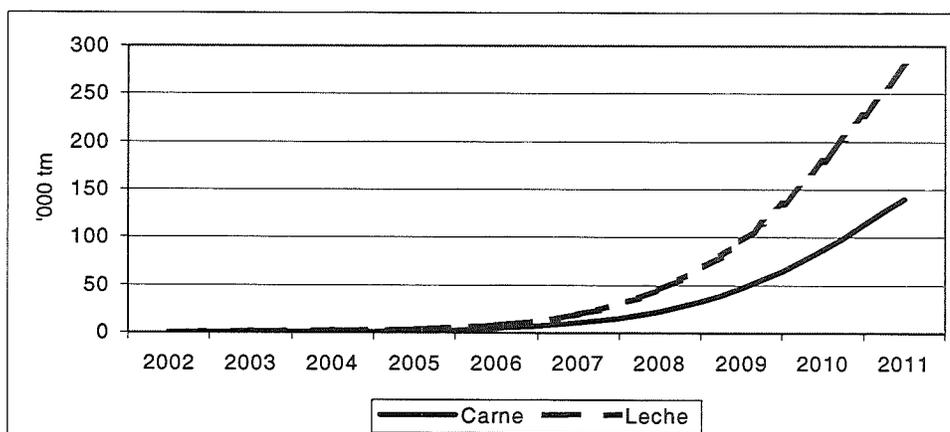
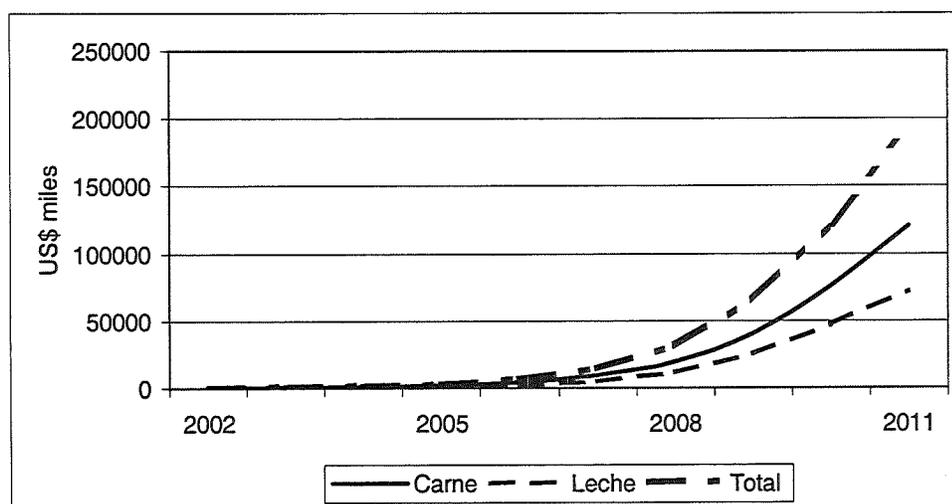


Figura 10. Flujo anual de los beneficios económicos de la adopción de nuevos materiales forrajeros en la Orinoquia 2002 – 2011 1/



1/ Expresado como valor de la producción adicional

Entre los nuevos cultivares se destacan por su potencial de impacto, *B. brizantha* cv. Toledo, con un valor presente de beneficios cercano a US\$ 83 millones y *A. pintoi* CIAT 18744 con cerca de US\$ 71 millones. (Cuadro 10)

Los beneficios potenciales estimados superan ampliamente al flujo de inversiones efectuadas por el Convenio para investigación en forrajes durante 1994 – 2001. El valor presente de esas inversiones en el 2002, es de US\$ 14 millones, aportados por partes iguales por el MADR y el CIAT.

Las anteriores cifras, evidencian la alta rentabilidad social de la inversión pública en esta clase de proyectos de investigación, con objetivos muy claramente definidos y encaminados a resolver problemas prioritarios, en la ruta hacia el desarrollo sostenible, de esta extensa porción del territorio nacional.

Cuadro 10. Impacto económico potencial del uso de nuevas opciones forrajeras producidas por el Convenio MADR – CIAT

Opciones	Nichos ecológicos	Valor presente de la producción adicional 1/ (US\$ millones)		
		Sistema de producción		
		Ceba	Doble propósito	Total
Nuevas brachiarias: CIAT 26124, 26556 y 26318	Altillanura	21.6		21.6
<i>B. brizantha</i> cv Toledo	Piedemonte	29.1	53.5	82.6
<i>Cratylia argentea</i> cv. Veranera	Piedemonte		7.4	7.4
<i>Arachis pintoii</i> 18744	Piedemonte	19.8	50.9	70.7
<i>D. ovalifolium</i> 13651	Altillanura	6.4		6.4
Total beneficios del proyecto	Orinoquia	76.9	111.8	188.7
Valor presente Anualidad (i=10%)		12.5	18.2	30.7
Valor de la inversión en investigación de 1994 –2001 en el año 2002 (US millones)				
Ministerio de Agricultura	7.0			
CIAT	7.0			
Total	14.0			
Relación beneficio/costo	13: 1			

1/ Se refiere al aumento de producción que se origina por el empleo de las nuevas pasturas.

4.5 Formación de capital humano

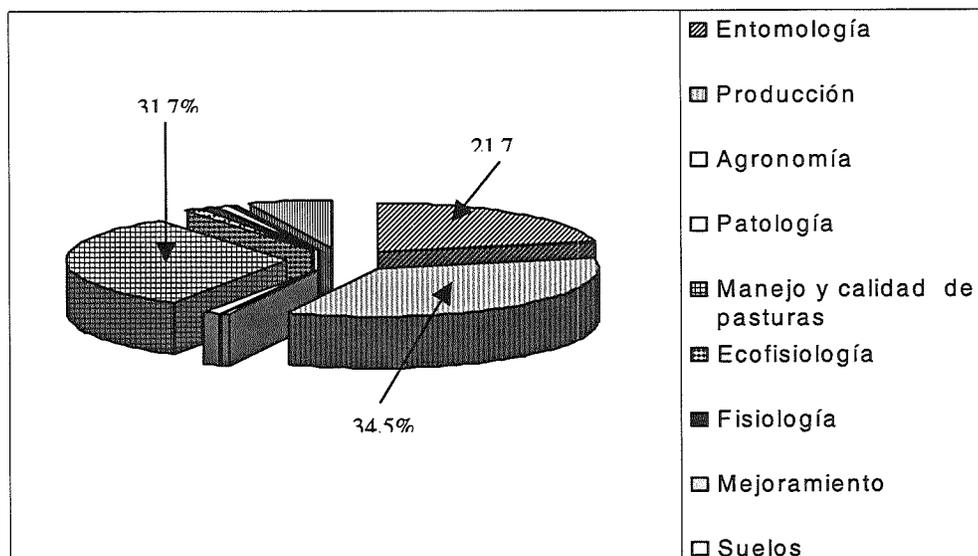
Otro producto del trabajo de desarrollo de germoplasma forrajero para la Orinoquia, es la capacitación científica de alto nivel ofrecida a un grupo de 290 profesionales colombianos en el período 1994 – 2003. Esta actividad ha tomado diversas formas: 1) Cursos especializados de tiempo completo y dedicación exclusiva, 2) Tesis de doctorado, maestría y pregrado 3) Estudiantes universitarios en práctica.

El objetivo de la formación de capital humano es múltiple: 1) Transferir a científicos y técnicos jóvenes del país, todo el acervo de nuevos conocimientos y metodologías, generados en el proceso de investigación en forrajes, con lo cual se espera acelerar la difusión de los mismos entre la comunidad científica nacional y 2) Reducir tiempo y costos de los procesos de desarrollo tecnológico en la región y en otras áreas del país. El Cuadro 11 y la Figura 11 resumen las actividades de capacitación en forrajes, discriminadas por año, disciplina científica y su distribución porcentual.

Cuadro 11 Formación de capital humano en el contexto de la investigación en forrajes para la Orinoquia
 Convenio MADR – CIAT 1994 – 2003

Área científica	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Entomología			2	18	16	2	21	5			64
Agronomía							2				2
Producción									59	41	100
Patología	1			2			1				4
Manejo y calidad de pasturas	1	1	1	3	3	2	2	76	3		92
Ecofisiología				1	1	1	1				4
Fisiología					1	1					2
Mejoramiento				1	2						3
Suelos					1						1
Otras	11		1		2	3			1		18
Total	13	1	4	25	26	9	27	81	63	41	290

Figura 11 Distribución porcentual de la capacitación científica en forrajes, según área de actividad:
 1994 – 2003 (porcentaje de técnicos capacitados)



5. Impacto económico potencial y resultados de la investigación en suelos y en sistemas de información geográfica (SIG) en los Llanos colombianos¹

5.1 Introducción

La Orinoquia colombiana es un extenso territorio con una valiosa dotación de recursos hídricos, energéticos, mineros, forestales, pesqueros, ganaderos y agrícolas, que representan una gran posibilidad para desarrollar en ella, sistemas agropecuarios muy productivos y sostenibles, que contribuyan eficazmente, a mejorar los niveles de bienestar y a reducir los índices de pobreza del país.

No obstante, para este propósito, dada la reconocida fragilidad del agroecosistema, es necesario generar nuevos conocimientos, metodologías y técnicas de producción, que permitan utilizar sus recursos, de manera sostenible y eficiente, sin deteriorar el medio ambiente.

Por lo anterior, la investigación adelantada con el apoyo parcial del MADR de Colombia, pretenden contribuir al desarrollo agrícola sostenible de la Orinoquia colombiana, principalmente mediante el diseño de nuevos métodos y herramientas (guías, modelos de simulación, sistemas de información geográfica (SIG) y bases de datos, que apoyen la planificación y el diseño y aplicación de estrategias, que aceleren el desarrollo regional.

En este esfuerzo, participan varios proyectos de investigación del CIAT (manejo de tierras, suelos, agroempresas rurales) así como numerosos socios e instituciones de investigación, en los contextos comunitario, municipal, departamental y regional. El trabajo ejecutado, se vincula estrechamente con las actividades de planeación y ordenamiento territorial, promovidas por entidades de orden municipal en la región de referencia.

5.2 Manejo y uso de los suelos

5.2.1 Concepto de capa arable. La Altillanura Oriental, comprende cerca de 16 millones de hectáreas, que pueden utilizarse en la agricultura, pero que para su uso sostenible, requieren de un manejo especial. Los investigadores en el tema señalan varios problemas para la producción agropecuaria en este territorio. Los suelos de gran parte de la región se caracterizan por: 1) Son muy superficiales, es decir, su horizonte A es de poco espesor. 2) Altamente susceptibles a la erosión. 3) Su estructura es débil. 4) Tienen bajo contenido de materia orgánica. 5) Son propensos al “sellamiento” superficial, es decir, su capa externa se endurece, se encostra y sella el interior. 6) Tienen baja capacidad de infiltración. 7) Son duros y su capacidad de aireación es baja. 8) No se dejan penetrar fácilmente por las raíces. 9) Su contenido de nutrientes es bajo. 10) Retienen poca agua aprovechable por las plantas y 11) Su fertilidad natural es pobre. (CIAT – CORPOICA – COLCIENCIAS, 2001)

¹ Con la colaboración del Dr. Edgar Amézquita del proyecto de suelos del CIAT.

Estas características, hacen que al intervenirlos empleando las prácticas agrícolas tradicionales, su capacidad productiva se deteriore muy rápidamente, y se agraven muchos de los problemas edafológicos mencionados. La consecuencia inicial, es una rápida caída de los rendimientos y de la rentabilidad, que en el largo plazo, deriva en la ampliación de las áreas agrícolas, para conformar sistemas agrícolas extensivos, poco productivos y vulnerables económica y ambientalmente.

Una explicación del concepto de capa arable aparece en Amézquita & Rao, 2002. Estos investigadores anotan que: “para el mejoramiento de los suelos del área plana de la Altillanura, se ha desarrollado el concepto de la creación o construcción de una capa arable y sostenible, que permita posteriormente la implementación de sistemas de siembra directa, una vez el suelo haya sido mejorado. El concepto nació como respuesta al entendimiento de la fragilidad física de los suelos y a la necesidad de conservarlos. (No dejarlos perder por erosión) y de mejorarlos (aumentar su capacidad productiva) Si este concepto no se aplica en los sitios en que se preparan los suelos con maquinaria agrícola, el efecto de mediano y largo plazo, será la formación de grandes áreas de suelos degradados y abandonados. La aplicación de éste enfoque, además es útil para la recuperación de otros suelos degradados por maquinaria, en diversas regiones del país y del mundo”.

Para lograr un crecimiento agropecuario sostenible y eficiente, en la Altillanura, es indispensable el mejoramiento de sus suelos mediante la construcción de la capa arable. Para lograrlo, se requiere de una estrategia que incluye prácticas de labranza, enmiendas al suelo y utilización de material vegetal, (cultivos y pastos) genéticamente adaptados a condiciones de baja fertilidad y acidez, características de esta zona de Colombia y que además, tengan la capacidad de desarrollar sistemas radiculares amplios y fuertes. Se ha preparado un plegable divulgativo en el que se explica en qué consiste la creación de capa arable, el cual está disponible para los interesados, en versión CD.

5.3 Impacto económico potencial de la aplicación del concepto de capa arable en la Altillanura Oriental de Colombia

Dadas las actuales condiciones de los suelos de la Altillanura, los métodos de labranza y los materiales vegetales disponibles, la producción agropecuaria permanente, conduce a una sustancial caída de los rendimientos y de la producción, en un breve lapso de tiempo. Lo anterior resulta, en grandes extensiones de tierra degradadas, con muy baja productividad y con acentuados problemas de erosión, compactación y pérdida de fertilidad.

El monocultivo continuo de arroz, maíz, soya y otros productos, desencadena procesos de degradación de los suelos, que en el largo plazo tienen un elevado costo social para el país, en términos de producción y pérdida de recursos de tierras. Como ya se anotó, esto representa un serio obstáculo, para lograr un desarrollo agropecuario sostenible y competitivo, en ésta parte del territorio nacional.

Para evaluar el impacto económico potencial de la aplicación de una tecnología basada en el concepto de capa arable en la Altillanura se comparan dos situaciones contrastantes. En

la primera de ellas se desarrolla un monocultivo (en este caso maíz) durante un lapso de 10 años. En la segunda, luego de construida la capa arable, se implanta un sistema de rotaciones de maíz y soya para grano, también por un período de 10 años. La diferencia más importante entre las dos situaciones, es el nivel de productividad de los cultivos involucrados.

En el monocultivo continuo con la tecnología tradicional y sin construir capa arable, la productividad (producción/ha) declina sostenidamente en el tiempo, y al concluir el período de evaluación, el terreno ya no se puede utilizar con fines agrícolas, por lo cual su productividad se reduce a cero. En la segunda situación, una vez construida la capa arable, se puede implantar un sistema de rotaciones de maíz y soya, muy productivo y sostenible, que mantiene la productividad de los cultivos y conserva o mejora la capacidad productiva del suelo.

En el Cuadro 12 se presenta la información técnica utilizada para efectuar las estimaciones del impacto económico potencial. Los coeficientes técnicos están basados en los resultados de investigación del Proyecto Culticore cofinanciado por MADR de Colombia.

La evaluación simula los niveles de adopción en términos de áreas que anualmente adoptan la tecnología de capa arable. Empleando un modelo logístico, se estiman las superficies, que año tras año incorporan la tecnología. Se asume que al cabo de 10 años, se ha construido capa arable, en una superficie de 100 mil hectáreas. Este supuesto es muy conservador, dada la enorme magnitud del área potencial total, susceptible de afectar con ésta práctica.

Cuadro 12. Niveles de productividad, áreas cultivadas y valor de la producción en dos escenarios contrastantes: Con sin y capa arable

Año	Productividad (kg/ha) 1/			Área Cultivada has 4/	Valor de la producción (US\$ miles)		
	SCA 2/	CCA 3/			Sin capa arable	Con capa arable	Valor de la producción adicional debido a la capa arable
	Maíz	Maíz	Soya				
1	1805	3269	1510	50.0	16	47	31
2	1567	3269	1510	322.7	92	304	212
3	1219	3269	1510	2053.0	455	1935	1479
4	980	3269	1510	11949.0	2131	11259	9128
5	687	3269	1510	46770.0	5848	44069	38221
6	405	3269	1510	85049.0	6264	80138	73874
7	122	3269	1510	97356.6	2169	91735	89566
8	0	3269	1510	99582.4	0	93832	93832
9	0	3269	1510	99935.3	0	94165	94165
10	0	3269	1510	99990.0	0	94216	94216
Valor presente (i=10%)					10168	249145	238976

1/ Valores promedios derivados del experimento Culticore. 2/ SCA: Sin capa arable. 3/ CCA: con capa arable

4/ Se asume que en 10 años se logran impactar 100000 hectáreas. El proceso de difusión se asimila a un esquema

logístico que corresponde al siguiente modelo: $y = \frac{100000}{1 + e^{\alpha + \beta x}}$ donde:

y = Área impactada anualmente; α y β constantes y t la variable tiempo.

La Figura 12 ilustra la evolución de las áreas impactadas anualmente con la tecnología y la Figura 13, los valores de la producción que se lograrían en presencia y ausencia de una capa arable. El beneficio de construir capa arable, se estima mediante el valor de la producción adicional, que se obtiene al aplicar este concepto.

El flujo de beneficios durante un período de 10 años tiene un valor presente en 2002 de US\$ 238.9 millones. (Cuadro 12) Este ejercicio trata de mostrar el potencial enorme de beneficios para el país, que simplemente refleja el hecho de convertir grandes extensiones de tierras actualmente improductivas, o de muy baja productividad, en campos de alta calidad y producción, sostenible en el tiempo.

El valor en el año 2002 del flujo de inversión efectuado, en 1994-2001, por el Convenio MADR – CIAT, para investigación en sistemas de información geográfica, suelos y agua en la Orinoquia, se aproxima a US\$ 5 millones.

Figura 12. Adopción simulada del área bajo la tecnología de capa arable en la Altillanura Oriental de Colombia

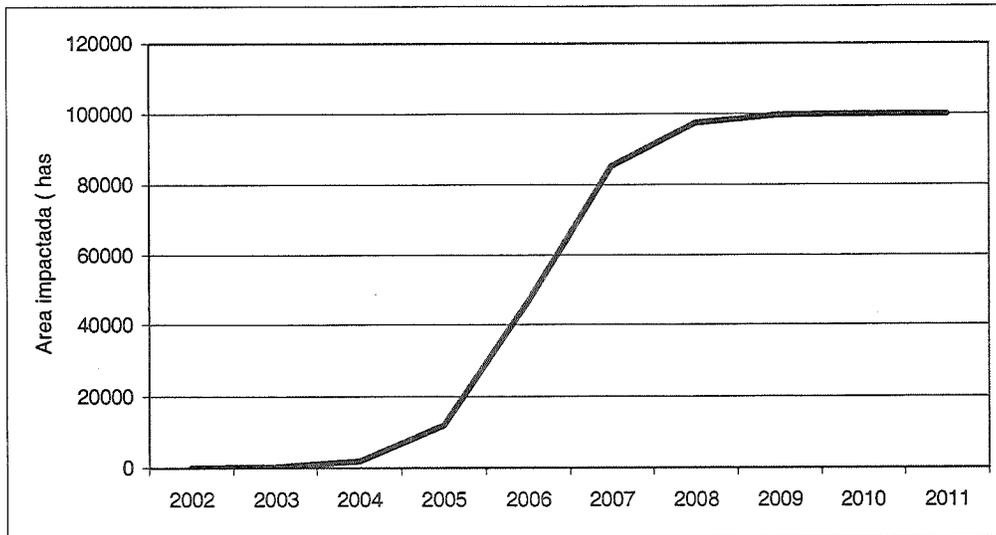
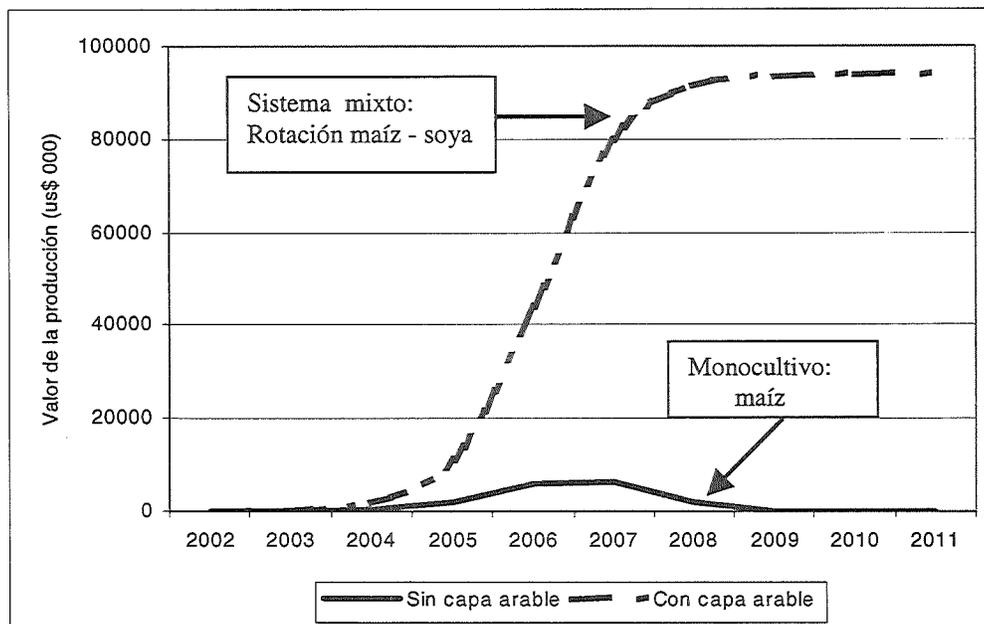


Figura 13. Flujo simulado del valor de la producción con y sin capa arable en la Altillanura Oriental de Colombia



Como se anotó, el área potencial a impactar es muy extensa, y el beneficio económico potencial de establecer sistemas agrícolas y agropastoriles sostenibles, muy elevado. Esto garantiza, alta rentabilidad social de las inversiones en el desarrollo tecnológico, para ésta región del territorio nacional.

5.4 Otros productos resultantes de la investigación en suelos en los Llanos de Colombia

Dado que el enfoque de la investigación en suelos de los Llanos, enfatiza en su uso productivo y conservacionista, se diseñó un árbol de toma de decisiones, que ayuda a identificar el potencial productivo del suelo en sus diferentes usos alternativos.

Con el fin de determinar la potencialidad de uso de los suelos de la Altillanura, en el contexto de paisaje, se elaboró un árbol de toma de decisiones, cuyo objetivo fundamental es evitar la degradación de los suelos, utilizando el concepto de capacidad de uso, el cual especifica que el suelo debe emplearse, de acuerdo a sus potencialidades. Para cada paisaje, pendiente y textura de los diferentes suelos que se presentan en la Altillanura, se especifica el sistema o sistemas de cultivo que deberían implantarse, para producir económicamente, sin degradar los suelos. Los sistemas de cultivo, que se involucran en el árbol de toma de decisiones representan posibilidades de investigación para la región, y es un instrumento de planificación para la nación del futuro. De hecho, el árbol es futurista, porque involucra paisajes que antes no han sido estudiados con detalle, en cuanto a potencialidades y/o limitaciones. Este árbol de decisiones está disponible en CD.

5.5 Desarrollo de bases de datos y fuentes de información sobre los suelos de los Llanos

Se diseñó y esta disponible para los investigadores nacionales, una completa base de datos que incluye toda la información generada, en los ensayos de manejo de suelos de los Llanos. Esta información, es esencial para evitar la duplicación de esfuerzos y para reducir los costos de la investigación agropecuaria en esta parte de Colombia.

También se diseñó una base climatológica de Carimagua, La Libertad y Santa Rosa, con la cual fue posible adelantar un trabajo de investigación que generó las probabilidades de lluvias, los balances hídricos de estas localidades y su relación con el manejo de los suelos.

5.6 Herramientas y metodologías para la planificación del desarrollo y el uso eficiente y sostenible de los recursos naturales

Gran parte del esfuerzo de investigación realizado se ha concretado en el diseño, prueba y entrega, de un conjunto de herramientas de fácil utilización por parte de agricultores, asistentes técnicos y planificadores del desarrollo local, regional y nacional. Las herramientas diseñadas cubren un amplio espectro, desde metodologías participativas para apoyar a las comunidades en la identificación de problemas y oportunidades,

pasando por instrumentos analíticos basados en SIG, para el diseño de planes de ordenamiento territorial, hasta herramientas sencillas, que permiten a los productores obtener información y evaluar en términos económicos, diferentes alternativas de producción, para tomar decisiones sobre el uso y manejo de sus recursos.

A continuación se presenta un inventario de las herramientas diseñadas, probadas y distribuidas.

1. Desarrollo de una guía metodológica para involucrar a la comunidad en la toma de decisiones sobre el uso de la tierra. (Capacitación de 60 profesionales)
2. Metodología para monitorear el impacto de la adopción de las metodologías sobre “mejor manejo de la tierra”. (CORPOICA – CIAT)
3. Metodología sencilla sobre planificación participativa, para la integración de condiciones deseables, tareas y solicitudes de los grupos interesados, a diferentes escalas administrativas.
4. Desarrollo del modelo CLIMCROP, como herramienta para la toma de decisiones sobre selección de cultivos, de acuerdo con las condiciones climáticas de cada municipalidad.
5. CD - ROM actualizado. Incluye diferentes herramientas para mejorar el uso de la tierra: a)Map maker popular. b)Guía para evaluar la capacidad de los suelos. c)Metodología para la toma de decisiones en las comunidades, sobre el uso de la tierra. d)Principios del ordenamiento territorial.
6. Versión preliminar de una base de datos enfocada al diagnóstico de los suelos de la altillanura plana de Colombia
7. Versión en CD – ROM del Plan de Ordenamiento territorial de Puerto López (Meta)
8. Actualización de la base de datos de todos los ensayos de suelos en los Llanos Orientales de Colombia.
9. Mapa de suelos aptos para mecanización en los Llanos Orientales de Colombia.
10. Estudio de mercado en Puerto López, Villavicencio y Bogotá, para productos agropecuarios promisorios, en el contexto de las comunidades de los Llanos.
11. Perfil socioeconómico de cinco comunidades seleccionadas de Puerto López (Meta) - Puerto Guadalupe – El Turpial – Puerto Alicia – Resguardos indígenas de Umapo y La Victoria -

12. Sondeos rápidos para la identificación de los cultivos actuales y los de mayor interés, y determinación y priorización de los problemas para la comercialización de los productos agropecuarios, en el área del municipio de Puerto López (Meta)
13. Diseño de manera participativa, con las comunidades de Puerto López (Meta), de varios escenarios de producción alternativos y factibles.
14. Identificación y selección de un conjunto de indicadores de la calidad de los suelos, para su posterior medición y monitoreo.
15. Versión preliminar de un mapa de riesgo de degradación, de los suelos de la Altillanura.
16. Desarrollo de la base de datos Cufrucol. (Cultivos y frutales de Colombia) Está diseñada para satisfacer las necesidades de los agricultores y extensionistas. Incluye 120 cultivos de interés para Colombia, entre cereales, gramíneas, frutales y hortalizas. Incluye 5 menús a saber: 1) Caracterización botánica, 2) requerimientos biofísicos, 3) costos de producción, 4) rendimientos y 5) un menú especial para el mantenimiento de la base de datos.
17. Construcción de herramientas para la evaluación económica de escenarios de producción agrícola, en el contexto de los de pequeños productores y de las asociaciones campesinas. Para el efecto, se cuenta con tres instrumentos básicos: Map Maker popular, CUFRUCOL y ESCENARIOS. Este último, permite diseñar y evaluar escenarios de producción, según criterios biofísicos y económicos. Para su validación, se hizo una aplicación práctica de esas herramientas, en cinco veredas del municipio de Puerto López, con el apoyo y colaboración con la UMATA de ese municipio. En el Capítulo 5 aparece mayor información sobre éstas herramientas y su aplicación.
18. En 2003 con asistencia de representantes del Ministerio de Agricultura, de entidades públicas y privadas, de los gremios y de los productores, se hizo el lanzamiento oficial de 8 herramientas diseñadas especialmente para toma de decisiones sobre producción y manejo de los recursos naturales en A&O: Arboles de decisión, Geosoil, Cufrucol, Map Maker, Sprint Uvap, Hepp y Seguimiento.

5.7 Formación de capital humano

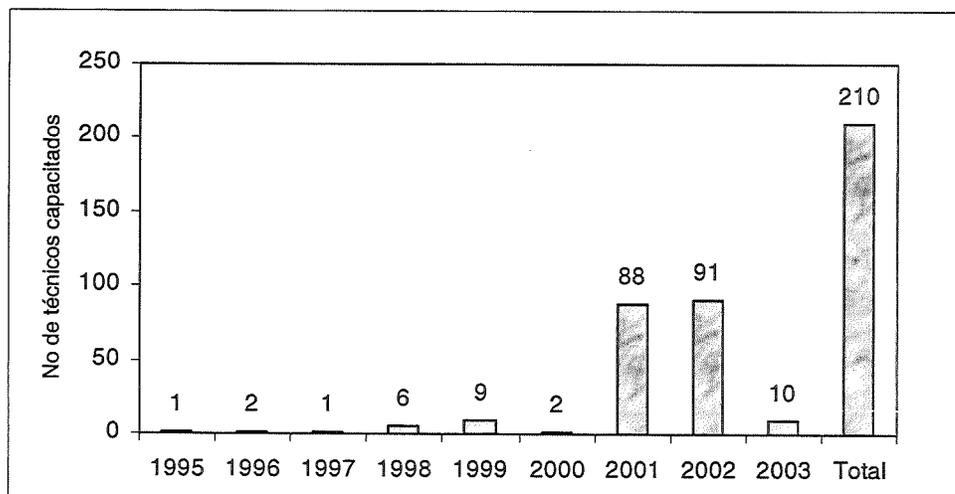
5.7.1 Capacitación en suelos. Dentro de la investigación de suelos en los Llanos Orientales, la formación de capital humano, mediante la capacitación de personal técnico y científico nacional, ha sido un componente clave, para la difusión y aplicación de los nuevos conceptos y principios, aportados por la investigación efectuada.

Esta labor se ejecuta a través de diferentes medios y formas: cursos de especialización de tiempo total y dedicación exclusiva, tesis de estudiantes de pregrado, maestría y doctorado. Se ha otorgado particular énfasis, a la difusión del concepto de capa arable en los Llanos. El año pasado, la presentación sobre este tema en el CNI La Libertad fue muy

exitosa. Asistió durante cinco días, más de un centenar de personas. Este curso se dictó en asocio con el personal técnico de CORPOICA - La Libertad.

En el período 1994 – 2003 recibieron capacitación formal en suelos un total de 210 técnicos nacionales, destacándose que el mayor esfuerzo en capacitación se realizó en 2002. La Figura 14 ilustra la evolución de esta actividad en el período de referencia.

Figura 14. Capacitación de personal técnico nacional en suelos
1995 – 2003



Fuente: Base de datos del Programa de capacitación del CIAT.

5.7.2 Capacitación en Sistemas de Información Geográfica y en Ordenamiento Territorial. Para la utilización y difusión de las herramientas y metodologías diseñadas para mejorar el uso de los recursos naturales y los procesos de planificación en la Orinoquia colombiana, el trabajo de capacitación de personal nacional y de preparación de material informativo y didáctico ha tenido alta prioridad.

Cuadro 13. Capacitación de técnicos nacionales en actividades de SIG, ordenamiento territorial y suelos: 1995 - 2003

Area científica	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Sistemas de información geográfica (SIG)				1	2	14	73	18	62	170
Ordenamiento territorial						109		47	40	196
Suelos	1	2	1	6	9	2	88	91	10	210
Otras					1			3	3	7
Total	1	2	1	7	12	125	161	161	119	589

Fuente: Base de datos del Programa de Capacitación del CIAT

Para el efecto se ha desarrollado una estrategia múltiple que incluye cursos especializados, talleres, charlas informativas a diferentes niveles: comunidades, organizaciones de desarrollo locales, regionales y nacionales y distintas entidades públicas y privadas vinculadas con el desarrollo de esta región de Colombia. La estrategia cumple varios propósitos: expandir el uso de las herramientas desarrolladas, formar personal nacional para su correcta utilización y fortalecer el tejido social, para propiciar procesos de desarrollo, que partiendo de lo local, logren un impacto regional y nacional. El Cuadro 13, muestra la actividad de formación de capital humano dentro de la Meta 5 del Convenio MADR – CIAT. (Sistemas de información geográfica, suelos y agua) En total se capacitó en el período de referencia a 589 profesionales nacionales, en sistemas de información geográfica, en herramientas para el ordenamiento territorial y en técnicas sobre el uso y manejo de los suelos.

6. Resultados y avances de la investigación en recursos genéticos

6.1 Introducción

La investigación en recursos genéticos dentro del Convenio MADR – CIAT, se enfoca hacia la conservación integrada de los recursos genéticos vegetales, con el propósito de que las instituciones y demás usuarios colombianos, se beneficien con un germoplasma caracterizado, que se ajuste a los estándares internacionales.

Se ha enfatizado en la identificación de germoplasma elite para los sistemas agrícolas y ganaderos de Colombia, principalmente los de la Altillanura y el Piedemonte llanero y de regiones seleccionadas de los valles interadinos, para colocarlo a disposición de diferentes usuarios del país.

Bien se trate de investigación agronómica, de mejoramiento genético o de cualquier otra naturaleza, la caracterización, ampliación y conservación de la base de recursos genéticos, es de particular relevancia para el avance exitoso de la actual y futura investigación agropecuaria nacional.

Como resultado del trabajo ejecutado se ha podido producir:

- 1) Germoplasma viable, caracterizado, documentado y distribuido a usuarios nacionales.
- 2) Germoplasma de interés para instituciones colombianas debidamente caracterizado.
- 3) Establecimiento de protocolos de conservación para especies frutales nativas y 4) Entrenamiento y capacitación de personal técnico nacional, y comunicación y difusión de los resultados logrados.

Para obtener éstos productos técnicos, las actividades ejecutadas, se relacionan con la distribución del germoplasma, la caracterización del mismo, el desarrollo de investigaciones para establecer protocolos de conservación de especies frutales nativas, formación de capital humano mediante el entrenamiento y la capacitación y la divulgación de los resultados científicos obtenidos. La investigación en recursos genéticos en el período 1999 – 2003 registro notables avances en: 1) El desarrollo de protocolos para la conservación de especies frutales de importancia económica como tomate de arbol domesticado y silvestre, lulo, maracuyá y papayuela silvestre. 2) La conservación *in vitro* de la palma, dada su importancia económica como vegetal de múltiples usos y

porque muchas especies se encuentran amenazadas y 3) Diseño de técnicas para el control de enfermedades del germoplasma de los pastos tropicales.

6.2 Distribución de germoplasma

Por solicitud de diferentes usuarios en el período 1999 –2003, 15610 entradas fueron distribuidas, mediante 470 envíos de germoplasma de fríjol, forrajes y yuca, procedente de las colecciones de la FAO. El Cuadro 14 incluye la distribución anual de germoplasma en el período de referencia. El material distribuido abarca una amplia gama de opciones para su empleo: mejoramiento, agronomía, investigación básica, investigación aplicada y capacitación. El Cuadro 15 y la Figura 15 sintetizan la distribución de material genético en el período 2000-2001, de acuerdo con sus diferentes usos. Se destaca que más de la mitad de los materiales distribuidos se emplean en investigación: aplicada (29%) y en básica (24%) En actividades de mejoramiento se utiliza el 23% del germoplasma.

Cuadro 14. Distribución anual de germoplasma de fríjol, forrajes y yuca a través del Convenio MADR – CIAT: 1999-2003

Año	No. de envíos	No. de entradas
1999	33	525
2000	128	6949
2001	185	6778
2002	91	888
2003	33	470
Total	470	15610

Fuente: Informes de avance de las actividades en recursos genéticos dentro del Convenio MADR – CIAT, 1999 a 2003.

Cuadro 15. Distribución de germoplasma de fríjol, forrajes y yuca de acuerdo con su utilización, 2000-2001

Utilización	Fríjol		Forrajes		Yuca		Total	
	No. de envíos	No. de entradas						
Mejoramiento	12	323	1	6	24	2838	37	3167
Agronomía	13	625	56	851	29	459	98	1935
Investigación:								
básica	26	3415	9	278	22	225	57	3918
aplicada	60	2044	14	627	27	660	101	3331
Capacitación	3	798	4	24	1	17	8	839
Otros	1	18	1	1	0	0	2	17
Total	125	72741	85	1787	103	4199	313	13727

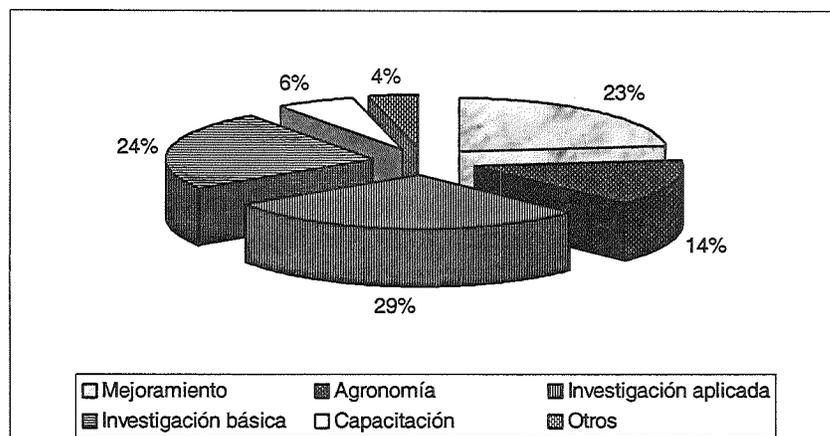
Fuente: Informes de avance de las actividades en recursos genéticos dentro del Convenio MADR – CIAT, 1999, 2000 y 2001.

6.3 Caracterización de germoplasma

Se pretende mejorar el conocimiento sobre las colecciones designadas, a través de descriptores morfo - agronómicos, lo cual se hace durante las multiplicaciones en invernaderos y campos de producción, en cada localidad. Los caracteres se refieren a:

hábito de crecimiento, altura de planta al inicio de floración, inicio y fin de cosechas, color de la flor, presencia de plagas y enfermedades.

Figura 15. Utilización del germoplasma distribuido en el período 2000-2001, Convenio MADR - CIAT



En el periodo de referencia se evaluó un total de 36365 materiales de frijol y de forrajes en 4 localidades del país. (Cuadro 16)

Con la distribución y caracterización del germoplasma, se busca mejorar la disponibilidad para los usuarios nacionales, de germoplasma debidamente caracterizado y con toda la información relativa al pasaporte.

Cuadro 16. Caracterización de germoplasma de frijol y de especies forrajeras. Convenio MADR – CIAT, 1999-2003

Materiales	Palmira	Quilichao	Popayán	Tenerife	Total
Frijol	8882	0	7571	5978	22431
Forrajes	6277	5804	1853	0	13934
Total	15159	5804	9424	5978	36365

Fuente: Informes de avance de las actividades en recursos genéticos dentro del Convenio MADR – CIAT, 1999 a 2003.

Se aprovecharon los ciclos de regeneración - aumento del germoplasma, para enriquecer una base de datos con imágenes de plantas crecidas con escala, que se incluirán en el sistema informático de la unidad de recursos genéticos del CIAT. (URG) Algunas imágenes estarán disponibles, en el sitio web del Centro. La finalidad es facilitar la selección de germoplasma promisorio, cuando los usuarios lo soliciten a través del medio electrónico.

6.4 Resultados sobresalientes de investigación

1. Se mejoraron los protocolos para la estimación de viabilidad sobre 51 géneros y 158 especies forrajeras, mediante pruebas de germinación con evaluación de vigor y contenido de humedad.

2. Se efectuó la determinación del modo reproductivo en 574 entradas de la colección de *Brachiaria*. Esta determinación es clave, para preservar la integridad genética de cada una de las entradas.
3. Se adelantó un trabajo de investigación para clarificar las relaciones filogenéticas entre los géneros de gramíneas *Brachiaria* y *Urochloa*, los grupos de gramíneas de mayor importancia económica y más frecuentemente utilizados, en la producción pecuaria nacional y mundial. Este trabajo, se enmarca dentro de la posibilidad de utilizar especies de ambos géneros, en hibridaciones interespecíficas.
4. En el país existe un vacío de conocimientos sobre enfermedades ligadas a la semilla, en particular en el *Brachiaria*, un forraje de gran importancia económica para Colombia, y del cual la información es muy precaria. Se aprovechó la colección sembrada en Santa Rosa, Popayán, para ampliar el conocimiento sobre las enfermedades causadas por hongos.
5. Por solicitud de instituciones colombianas, se desarrollaron protocolos para la conservación *in vitro*, de especies arbóreas de interés silvopastoril y frutales, aprovechando la experiencia lograda en crecimiento lento, alterando la presión osmótica en los medios.
6. Se ha aplicado la metodología de crecimiento lento usada para *Manihot esculenta* a ciertas especies frutales de interés económico como lulo (*Solanum quitoense*), zapote costeño (*Pouteria sapota*), aguacate (*Persea americana*) y guayaba (*Psidium guajava*) Esta técnica de cultivo *in vitro*, podría ser de gran importancia para reducir los costos de mantenimiento de las colecciones de germoplasma.
7. Se elaboró un listado de más de sesenta frutales neotropicales nativos de importancia económica, con las siguientes características: tipo biológico, ciclo de vida, régimen reproductivo, tipo y comportamiento de propágulos, recomendaciones para propósitos de conservación y referencias bibliográficas. Se considera que este archivo computerizado será una herramienta muy valiosa, en el diseño de estrategias de conservación de las especies frutales.
8. Establecimiento de métodos de crioconservación de semillas de papayas de altura: la semilla de *Carica papaya* puede ser conservada completamente en nitrógeno líquido.
9. Establecimiento de protocolos de crioconservación de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*. (Cav. Sendt)
10. Se registran avances en el desarrollo de protocolos de conservación de papayuelos de altura, usando el modelo de papaya.
11. Introducción con el apoyo de Corpoica de la colección de leguminosas forrajeras de CSIRO (Australia), incrementado la disponibilidad de nuevas opciones de pastos.

6.5 Formación de capital humano

Entre las prioridades del trabajo de investigación en recursos genéticos, está la formación de capital humano, mediante el adiestramiento y la capacitación de personal técnico nacional. El objetivo es transferir al sistema nacional de investigación, todo el acervo de nuevos conocimientos, metodologías y resultados logrados. Los instrumentos de la capacitación han sido muy variados: Practicas en laboratorios, supervisión de tesis de grado, participación en calidad de docentes de los miembros del equipo técnico de la URG del CIAT, en distintos cursos dictados dentro y fuera de sus instalaciones. El Cuadro 17 reseña las actividades de capacitación efectuadas en el período 1999-2003.

Cuadro 17. Formación de capital humano nacional y divulgación de resultados en el área de recursos genéticos, 1999 – 2003

Actividades	1999	2000	2001	2002	2003	Total
NARS entrenados	6	3	2	5	5	21
Conferencias en foros nacionales e internacionales	8	11	4	11	9	34
Publicaciones en periódicos científicos “referreed”	4	2	2	1	3	12
Publicaciones en periódicos científicos “no refereed”	1	-	2	4	6	13
En libros	2	2	-	11	-	15
En actas	6	8	1	10	2	25
Cartelera científica	2	2	-	11	-	15
Tesis supervisadas	5	4	3	1	2	15
Entrenamiento personalizado en laboratorios	16	14	7	16	12	65

Fuente: Informes de avance de las actividades en recursos genéticos dentro del Convenio MADR – CIAT, 1999 a 2003.

6.6 Divulgación de los resultados

La divulgación para transferir los logros del trabajo ejecutado se ha venido haciendo mediante diversos medios: Conferencias/ponencias en foros científicos, cartelera científica (posters) y numerosas publicaciones en revistas científicas, en memorias de congresos, talleres y seminarios científicos y en libros. El Cuadro 17 muestra las actividades de divulgación de los resultados logrados en el área de recursos genéticos, del período 1999-2003.

El Ministerio de Agricultura de Colombia conjuntamente con el CIAT invirtieron en el período 1997 – 2001, para la investigación en recursos genéticos, un flujo de dinero equivalente en el año 2002 a US\$ 1.26 millones. Los beneficios esperados de este trabajo, no son tangibles ni fáciles de identificar y medir a corto plazo. Se espera que la inversión efectuada, se manifieste a más largo plazo, en mayor eficiencia y rapidez de los procesos de desarrollo de germoplasma ajustado a las necesidades y prioridades del país.

7. Actividades y logros en capacitación científica

7.1 Introducción

El principal objetivo en ésta área de trabajo del Convenio MADR – CIAT, es el fortalecimiento de la capacidad científica y de investigación de los profesionales y técnicos colombianos, vinculados a instituciones de investigación, desarrollo, universidades y ONG's, para diseñar y ejecutar de forma individual o colaborativa, proyectos e iniciativas de investigación, promoción y difusión tecnológica.

Dentro de las Metas que conforman el Convenio, el adiestramiento y la capacitación de personal nacional, se desarrollan conjuntamente y como un complemento prioritario, del trabajo de investigación adelantado.

Dada la importancia estratégica que tiene la formación de capital humano de alta calidad, que lidere, diseñe y ejecute en los próximos años, los procesos de cambio técnico y de desarrollo requeridos por el país, dentro del Convenio MADR – CIAT se ha definido explícitamente como una de las metas o subproyectos, la capacitación científica.

El trabajo de esta Meta, coordina, refuerza y complementa, las acciones de capacitación emprendidas individualmente por las otras Metas del Convenio. Los grandes temas que se han venido trabajando en lo referente a capacitación y divulgación son: a) Gerencia de proyectos, b) Herramientas para la valoración y conservación de la agrobiodiversidad, c) Instrumentos analíticos para la toma de decisiones, sobre el uso y la conservación de los recursos naturales. d) Metodologías e instrumentos para el diseño de planes de ordenamiento territorial. e) Metodologías y modelos para la evaluación económica. f) Técnicas avanzadas para el mejoramiento de los cultivos.

Las actividades de capacitación a escala grupal, tienen alta prioridad y diseñaron con el objetivo específico de proporcionar a los jóvenes investigadores nacionales, información, conocimientos y habilidades, sobre las metodologías, las tecnologías y el germoplasma desarrollado por el Convenio, para los Llanos Orientales de Colombia, en los temas de forrajes tropicales, sistemas de información geográfica, suelos y arroz.

La capacitación ha sido fruto del esfuerzo conjunto de varias instituciones: CIAT, CORPOICA, UNILLANOS y FEDEARROZ.

La selección de los candidatos para los cursos dictados, ha sido rigurosa y en ella han intervenido tanto las instituciones participantes, como el MADR de Colombia.

7.2 Actividades de capacitación en el período 1994 – 2003

Si bien el Convenio MADR – CIAT solo destinó formalmente fondos para la capacitación a partir de 1999, ella ha sido una actividad permanente y prioritaria del trabajo del CIAT en Colombia desde su fundación.

En el período 1999 – 2002 en eventos grupales de capacitación en postgrado, recibieron adiestramiento 585 profesionales nacionales. De este total, el 28% lo hizo en manejo de suelos, 23% en forrajes y 21% en ordenamiento territorial. (Cuadros 18 y 19)

Cuadro 18. Resumen de los eventos de capacitación, 1999 - 2002

No.	Descripción	No. de participantes
1	Curso de gerencia de proyectos y herramientas para la conservación ex- situ de la agrobiodiversidad	15
2	Curso sobre metodologías y herramientas para la toma de decisiones sobre uso y conservación de los recursos naturales	18
3	Curso sobre metodologías y herramientas para la elaboración de planes de ordenamiento territorial municipal	35
4	Curso sobre promoción de la agroempresa rural para el desarrollo microrregional sostenible.	12
5	Curso sobre aplicación integrada de métodos convencionales y moleculares en el mejoramiento del cultivo de arroz	15
6	Manejo integrado de cultivos: Estudio del caso del fríjol	18
7	Metodología y herramientas para el desarrollo de un plan de ordenamiento territorial, San José del Guaviare.	17
8	Avances de la investigación en forrajes tropicales. CNI La Libertad, Villavicencio	75
9	Nuevos conceptos sobre el manejo del suelo en los Llanos Orientales de Colombia. CNI La Libertad, Villavicencio.	83
10	Metodologías y herramientas para el desarrollo de un plan de ordenamiento territorial, Unillanos, Villavicencio.	22
11	Manejo integrado del cultivo de arroz, Fedearroz, Villavicencio.	73
12	Curso intensivo sobre sistemas de información geográfica: spring y árboles de decisión	14
13	Investigación en forrajes tropicales para los Llanos Orientales de Colombia: Avances y resultado	59
14	Nuevos conceptos sobre el manejo del suelo en los Llanos Orientales de Colombia	53
15	Encuentro nacional de usuarios de herramientas SIG para la toma de decisiones en planificación rural y ordenamiento territorial	48
16	Nuevos conceptos sobre el manejo del suelo en los Llanos Orientales de Colombia	28
Total		585

Cuadro 19. Distribución de la capacitación según áreas temáticas. 1999 - 2002

Área temática	No de profesionales	% del total
Manejo de suelos	164	28.0
Forrajes	134	22.9
Ordenamiento territorial	122	20.9
Manejo integrado de cultivos	91	15.6
Recursos naturales	32	5.5
Gerencia de proyectos	15	2.6
Mejoramiento genético	15	2.6
Agroempresas rurales	12	2.1
Total	585	100.0

En el período 1994 –2003 se capacitó un total de 1618 investigadores y técnicos nacionales, en temas relacionadas con las áreas de trabajo del Convenio MADR – CIAT. El Cuadro 20 consolida los logros en capacitación por año y área científica.

Cuadro 20. Capacitación de personal nacional, 1994 – 2003. (No. de personas)

Area científica	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Total
Arroz	7	7	13	16	21	5	23	75	42	145	354
Recursos genéticos	6			15	4	3	15	2	10	4	59
Bio-tecnología	17	14	40	34	28	51	24	11	70	29	318
GIS, suelos y agua	-	1	2	1	7	12	125	161	161	119	589
Forrajes Tropicales	13	1	4	25	26	9	27	81	63	41	290
Maíz	2	1	3	1	1	-	-				8
Total	45	24	62	92	87	80	214	330	346	338	1618

La inversión total efectuada conjuntamente por el MADR y el CIAT, en formación de capital humano nacional, en el período 1995 –2001, equivale a US\$ 1.28 millones en 2002. Se espera que a más largo plazo, este trabajo de capacitación, dinamice la aplicación y difusión de los principios científicos, metodologías y tecnologías producidos por el Convenio, en la región objetivo y en otras zonas del territorio colombiano.

8. Resultados y logros en el área de Evaluación del Impacto

8.1 Introducción

Las actividades que ejecuta esta área de trabajo están dirigidas a mejorar la eficacia y la eficiencia de las inversiones en investigación efectuadas por el Convenio. Ella incluye cuatro grandes líneas de acción:

1) Diseño de un marco económico general del área objetivo y análisis de sus grandes tendencias socioeconómicas. 2) Evaluación económica *ex-ante* del impacto de alternativas tecnológicas promisorias en la región de interés. 3) Monitoreo de la adopción tecnológica de los productos generados por el Convenio y 4) Evaluación económica *ex-post* del impacto de las nuevas alternativas tecnológicas.

El marco económico permite establecer el punto de partida o “línea de base” al empezar el proceso de desarrollo técnico. Los análisis de las grandes tendencias socioeconómicas, muestran la evolución a través del tiempo de variables críticas que pueden ser influenciadas por el cambio técnico tales como, áreas cultivadas, rendimientos, precios, costos etc.

Tanto el marco de referencia inicial como las tendencias socioeconómicas, son elementos claves para establecer la magnitud del impacto *ex – post* derivado del empleo de las tecnologías mejoradas.

La evaluación del impacto *ex – ante* es una herramienta utilizada para la priorización de la investigación, ya que permite estimar los beneficios potenciales de distintas alternativas, aportando criterios para estructurar los planes de investigación.

Los ejercicios de evaluación *ex - post* permiten identificar y estimar el impacto del cambio técnico en el mundo real y aportan elementos de juicio para la toma de decisiones por parte de políticos y planificadores y ayudan a justificar ante la sociedad, el empleo de recursos públicos en actividades de investigación.

El monitoreo de los resultados y productos de la investigación cumple dos propósitos: 1) Retroalimenta al sistema de investigación, aportando información sobre la aceptabilidad o adopción temprana de los productos tecnológicos liberados y 2) Permite recopilar información de base para los posteriores estudios de impacto *ex –post*.

8.2 Resultados en Evaluación del Impacto

En la investigación adelantada, a partir de 1999, por esta área de trabajo del Convenio se han obtenido resultados en las todas líneas de acción citadas inicialmente.

Los logros se sintetizan en 5 documentos que se reseñan en el Cuadro 21. El flujo total de fondos desembolsados por el MADR y el CIAT durante el período 1999 – 2001, para ejecutar actividades de evaluación del impacto dentro del Convenio tiene un valor US\$ 178 mil en el año 2002, aportados por partes iguales por las dos instituciones durante el período de referencia.

Cuadro 21. Documentos producidos en el área de trabajo de Evaluación del Impacto: 1999 –2003

No del Documento	Título y Descripción	Fecha *	Autor
1	<p><u>Título:</u> <i>Desarrollo Tecnológico y Crecimiento Económico en la Orinoquia y Amazonia colombianas. Pasado, presente y futuro: Tendencias socioeconómicas y evaluación económica del cambio técnico</i></p> <p><u>Descripción:</u> El documento revisa y evalúa las tendencias socioeconómicas de la región de interés e incluye la información disponible para el período 1980-98 sobre la magnitud y dinámica de los recursos de tierra, producción agropecuaria, rendimientos, población, situación de pobreza y equidad. Se incluye la evaluación ex -ante, utilizando modelos de excedentes al consumidor, de varias alternativas tecnológicas en ganadería y cultivos: Carne, leche, arroz, frutas, yuca, plátano, sorgo, palma de aceite, maíz, fríjol y soya.</p> <p><u>Título:</u> <i>Evaluación del impacto económico ex -post del cambio técnico: forrajes y arroz en la Amazonia y Orinoquia de Colombia.</i></p> <p><u>Descripción:</u> Este estudio documenta el impacto económico ya logrado debido a la adopción de nuevas tecnologías de forrajes y arroz en la Orinoquia y Amazonia colombianas en el período 1967 –1997. Estima los beneficios sociales de la adopción tecnológica, utilizando los modelos MODEXC y DREAM y plantea que la evaluación del impacto económico requiere una visión de largo plazo, que se enmarca dentro de un proceso en el que a través de los años se obtienen resultados intermedios, hasta llegar a los productos técnicos e impactos económicos finales. Las tecnologías evaluadas, fruto del esfuerzo conjunto de varias entidades nacionales e internacionales, entre ellas el CIAT, muestran un alto nivel de beneficios sociales y han hecho una contribución muy significativa al desarrollo agropecuario de ésta región de Colombia.</p>	X - 2000 XI -2003	Libardo Rivas
2	<p><u>Título:</u> <i>Sistema de monitoreo y evaluación del Convenio MADR – CIAT, 1999-2003: Producción científica 1999 - 2000.</i></p> <p><u>Descripción:</u> Este trabajo propone un marco conceptual para el diseño de un sistema de monitoreo de los resultados del Convenio e incluye los siguientes tópicos: 1) Rutas críticas para lograr impacto sobre el desarrollo. 2) Estructuración del Convenio MADR – CIAT en términos de Metas y logros esperados. 3) Etapas secuenciales del monitoreo y la evaluación del impacto. 4) Articulación de las Metas del Convenio y sus relaciones con los objetivos generales. 5) Identificación y categorización de los productos/resultados científicos obtenidos en el período 1999-2000. 6) Monitoreo de los resultados y enfoques metodológicos.</p>	XI - 2001 XI -2003	Libardo Rivas
3	<p><u>Título:</u> <i>Sistema de monitoreo y evaluación del Convenio MADR – CIAT, 1999-2003: Producción científica 1999 - 2000.</i></p> <p><u>Descripción:</u> Este trabajo propone un marco conceptual para el diseño de un sistema de monitoreo de los resultados del Convenio e incluye los siguientes tópicos: 1) Rutas críticas para lograr impacto sobre el desarrollo. 2) Estructuración del Convenio MADR – CIAT en términos de Metas y logros esperados. 3) Etapas secuenciales del monitoreo y la evaluación del impacto. 4) Articulación de las Metas del Convenio y sus relaciones con los objetivos generales. 5) Identificación y categorización de los productos/resultados científicos obtenidos en el período 1999-2000. 6) Monitoreo de los resultados y enfoques metodológicos.</p>	VII - 2001 XI - 2003	Libardo Rivas

No del Documento	Título y Descripción	Fecha *	Autor
4	<p><u>Título:</u> <i>Convenio MADR – CIAT: Impacto Económica y resultados, 1994 –2002.</i></p> <p><u>Descripción:</u> Este trabajo evalúa el impacto económico y presenta los resultados obtenidos por el Convenio en el período de referencia. Se presenta la evaluación económica y los resultados logrados en: Biotecnología-frutas, arroz, forrajes tropicales, sistemas de información geográfica, suelos y agua, recursos genéticos, capacitación y evaluación del impacto.</p>	V - 2002 XI - 2003	Libardo Rivas
5	<p><u>Título:</u> <i>Monitoreo y resultados de la Investigación y difusión del germoplasma mejorado:</i> Sitio de referencia de Puerto López, Llanos Orientales y Amazonia de Colombia.</p> <p><u>Descripción:</u> El estudio hace un seguimiento del trabajo desarrollado en el sitio de referencia de Puerto López y de los procesos de adopción temprana del germoplasma mejorado, desarrollado por el Convenio</p>	IV – 2003 XI - 2003	

* La primera fecha corresponde a la versión inicial y la segunda a la última versión.

9. Conclusiones

El Convenio MADR – CIAT viene adelantando desde 1994 y constituye una alianza estratégica entre las dos entidades, con el propósito de desarrollar un programa integral de investigación agropecuaria para la Orinoquia y la Amazonia de Colombia. En el transcurso de su vigencia, ha generado un numeroso conjunto de resultados científicos y técnicos, que representan un valioso aporte para impulsar en ese extenso territorio nacional, un desarrollo productivo eficiente, sostenible y competitivo.

La gama de productos tecnológicos obtenidos es bastante amplia e incluye diversas tecnologías de producción, basadas principalmente en germoplasma mejorado; herramientas y técnicas para la planificación y la toma de decisiones sobre producción y uso y manejo de los recursos naturales, en los contextos macro y micro; nuevos conocimientos y técnicas que ayuden a acelerar los procesos de desarrollo tecnológico en el país. La formación de capital humano mediante el adiestramiento y la capacitación de un amplio grupo de técnicos y científicos nacionales, es un mecanismo para transferir a las instituciones del país los resultados de investigación adelantada.

El trabajo está estructurado alrededor de nueve metas o subproyectos, bien articulados y con objetivos, actividades, recursos y resultados esperados, muy claramente definidos. Esas metas son: frutas – biotecnología, arroz, gramíneas y leguminosas tropicales, maíz (CIMMYT), recursos genéticos, sistemas de información geográfica, suelos y agua, capacitación, evaluación del impacto y las actividades de investigación en sistemas de producción ejecutadas en el CNI de Carimagua.(CORPOICA)

Esta investigación es estratégica para Colombia, porque involucra elementos críticos para el desarrollo sostenible de la región objetivo: 1) incremento de la productividad, 2) conservación de la biodiversidad, 3) protección del medio ambiente, 4) fortalecimiento institucional y del sistema nacional de investigación. Este esfuerzo complementa al realizado por las instituciones colombianas. Se enmarca dentro de la política sectorial del MADR, que fija como prioridades la lucha contra la pobreza y el uso sostenible de los recursos naturales.

Si bien los procesos de investigación agropecuaria, en general, son de largo plazo, y sus resultados e impactos más tangibles solo se pueden observar y medir, varios años después de finalizada la fase de diseño e implementación tecnológica, el presente Convenio ya presenta numerosos resultados técnicos, factibles de identificar y evaluar desde la óptica económica, así como también gran cantidad de resultados técnicos intermedios, que constituyen una base sólida para nuevos avances técnicos.

El trabajo conjunto del MADR y del CIAT, es muy rentable para Colombia, dado que los recursos públicos invertidos en ésta iniciativa, son sustancialmente menores que el valor de los beneficios ya logrados y los que se pueden lograr en un futuro cercano, con la aplicación de los productos/resultados técnicos generados.

Se estima en cerca de US\$ 99 millones el valor presente, en 2002, de los beneficios potenciales de un cambio tecnológico en frutales, basado en la expansión de los rendimientos y de las áreas cultivadas. Estas ganancias superan ampliamente a las inversiones del Convenio, para investigación en frutales, que en 2002 tienen un valor presente que no supera los US\$ 200 mil.

La investigación en arroz, ha logrado un impacto económico de gran magnitud, debido al uso en gran escala de las nuevas tecnologías entregadas a los productores. Ese impacto se concreta en ganancias en productividad, producción, reducción de costos y protección del medio ambiente, al bajar el número de aplicaciones de agroquímicos por el uso de nuevas variedades resistentes a diversas pestes y enfermedades.

La rentabilidad social del trabajo de investigación en arroz, justifica plenamente la inversión de US\$ 8.8 millones en este rubro. Se estima en cerca de US\$ 180 millones el valor de las ganancias en producción obtenidas al usar el nuevo germoplasma. La reducción en costos de producción por un menor uso de agroquímicos cuando se siembra la variedad Fedearroz 50, resistente a *pyricularia*, se estimó en US\$ 46 millones en el corto período de 4 años de empleo del material.

Los progresos y logros obtenidos la investigación en gramíneas y leguminosas forrajeras, son de crucial importancia para establecer en la región de referencia sistemas de producción, más eficientes, complejos y sostenibles que los tradicionales y que además involucren un fuerte componente ganadero.

Están disponibles para su utilización en la Orinoquia nuevas opciones forrajeras que pueden cumplir diversos roles estratégicos en los sistemas ganaderos: 1) Incrementar la competitividad, mediante el alza de la productividad por unidad animal y por hectárea. 2) Mejorar el uso y manejo del suelo e intensificar la producción, frenando las tendencias hacia la expansión horizontal y hacia la ocupación de nuevas áreas ecológicamente frágiles. 3) Recuperar extensas áreas de pasturas degradadas o en avanzado estado de degradación. 4) Disminuir los riesgos por sequía, al asegurar una oferta forrajera más estable en la época seca, con el empleo de nuevos materiales diseñados para este efecto.

Los fondos invertidos en investigación en forrajes, presentan una relación beneficio – costo muy favorable, que evidencia la eficiencia económica y social de las inversiones en éstos proyectos. Los beneficios económicos potenciales de la adopción de los nuevos forrajes se calculan en US\$ 190 millones, frente a unas inversiones para su desarrollo, de US\$ 14 millones.

Además de las nuevas variedades producidas y listas para su utilización, la investigación en forrajes, ha producido otras alternativas forrajeras que se encuentran en fases avanzadas dentro del proceso de evaluación. Nuevas metodologías para selección de materiales forrajeros, implementación de bases de datos con información relevante para la investigación y el desarrollo agropecuario de la región de referencia y la capacitación de 290 profesionales colombianos, en el período 1994 –2003, en diferentes áreas

científicas de la investigación en pasturas, constituyen productos valiosos del trabajo ejecutado.

Los trabajos en recursos naturales, particularmente los relacionados con el uso y manejo de los suelos, son críticos para impulsar en la región sistemas productivos eficientes y sostenibles. En estos suelos frágiles, en términos físicos y químicos, la aplicación del concepto de “capa arable”, se presenta como una opción promisoriosa desde el punto de vista técnico y económico. Los ejercicios de simulación indican que al pasar de sistemas simples de monocultivo, en las condiciones tradicionales de la región, a sistemas rotacionales que involucran varios cultivos, las ganancias en producción y productividad son de considerable magnitud. Aparte de lo anterior, la investigación realizada, ha demostrado que con la formación de capa arable y desarrollando sistemas de rotación de cultivos, tanto las condiciones físicas como químicas del suelo, mejoran considerablemente.

El trabajo en recursos naturales en la Orinoquia colombiana ha producido un variado conjunto de herramientas e instrumentos analíticos para apoyar la toma de decisiones a diferentes escalas: unidad productiva – comunidad – región. Es importante destacar que este trabajo se han involucrado tanto las comunidades clientes y beneficiarias del cambio técnico, como los planificadores y tomadores de decisiones a diferentes escalas administrativas: comunidad, municipio departamento y país.

La colección, caracterización y distribución de germoplasma de pastos y de cultivos para ponerlo a disposición de los usuarios nacionales y el establecimiento de protocolos para su manejo y conservación, han sido actividades muy efectivas, que complementan a las diferentes metas del Convenio y apoyan las labores de mejoramiento, investigación básica y aplicada y capacitación, ejecutadas por diversas instituciones del país.

La formación de capital humano mediante la capacitación y el adiestramiento de jóvenes técnicos y científicos colombianos, ha sido visualizada dentro del Convenio como un instrumento esencial para cumplir dos propósitos: 1) Aumentar la disponibilidad de personal técnico y científico de alto nivel, que lidere los procesos de desarrollo y cambio técnico en los próximos años y 2) Difundir entre la comunidad científica y las entidades de investigación y desarrollo de Colombia, los resultados técnicos producidos. En el período 1994 –2003 recibieron adiestramiento 1618 profesionales colombianos, en las distintas áreas de trabajo del Convenio.

En el país existe un vacío de información técnica y económica que limita la identificación de los problemas y oportunidades, en el ámbito de la investigación y el desarrollo. La información existente, en muchos casos, es escasa, dispersa y poco sistematizada. Lo anterior implica, que su búsqueda y recolección resulte costosa en tiempo y dinero. Al no conocer exactamente “el estado del arte” en términos de trabajos de investigación y la información resultante, se propicia la duplicidad de esfuerzos.

Con el propósito de contribuir a la solución de problemas de esta naturaleza, el Convenio enfatiza en la documentación rigurosa de las actividades ejecutadas. Por esta razón, y en

la medida de lo posible, se han documentado sus actividades y logros, mediante la implementación de bases de datos, sistemas de información, plegables informativos y numerosos documentos técnicos y económicos, en medios escritos y electrónicos.

La interacción con diversas instituciones nacionales de investigación, planificación y desarrollo, dentro del trabajo del Convenio, ha generado sinergias y complementariedades, que favorecen la difusión y adopción de los resultados técnicos obtenidos. Esto ayuda a aumentar las probabilidades de lograr un impacto socioeconómico y ambiental de gran magnitud en la región objetivo.

10. Referencias

Amézquita E. y RAO, I. (2002). Informe del Programa de Suelos (PE -2) para el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR), CIAT, Marzo.

CIAT, Informes Anuales de Progreso del Convenio MADR – CIAT, varios años.

CIAT – Corpoica – Colciencias (2001) Construcción de una “capa arable” en suelos pobres: conceptos esenciales aplicados en la altillanura. Plegable Divulgativo.

Corporación Colombia Internacional & SIESA (Sistema de Información estratégica de Sector Agroalimentario) (2002) *Guanábana*: Información Básica por Producto, Bogotá.

Corporación Colombia Internacional & SIESA (Sistema de Información estratégica de Sector Agroalimentario) (2002) *Tomate de árbol*: Información Básica por Producto, Bogotá.

Corporación Colombia Internacional & SIESA (Sistema de Información estratégica de Sector Agroalimentario) (2002) *Lulo*: Información Básica por Producto, Bogotá.

Anexo 1

Instituciones colaboradoras

En la ejecución de las actividades del Convenio MADR – CIAT, una amplia gama de organizaciones nacionales e internacionales de investigación, desarrollo, docencia y financiación, ha intervenido y colaborado de múltiples formas. Esto implica por un lado que las instituciones nacionales participan activamente en la ejecución del Convenio y se apropian e internalizan sus resultados técnicos. Por otra parte, el trabajo con entidades internacionales, principalmente de países desarrollados, permite un intercambio científico con instituciones de primer nivel en la ciencia e investigación de vanguardia, lo que asegura que el Convenio genere productos técnicos con los más elevados estándares de calidad.

Tales entidades son:

1. Nacionales.

Alcaldía de Puerto López, Puerto López.

Asociaciones de agricultores de Puerto Alicia, Puerto Guadalupe, Humapo/El Turpial, Puerto López, Meta.

CEFA, Centro Frutícola Andino.

CENICAFE. Centro Nacional de Investigación del café, Chinchiná

CIPAV. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria, Cali.

COLCIENCIAS, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Francisco José de Caldas, Bogotá.

Comunidades rurales de Puerto Guadalupe, El Turpial, Puerto Alicia y resguardos indígenas de Umapo y la Victoria, en el Municipio de Puerto López, Meta.

Corpes – Orinoquia, Consejo Regional de Planificación Económica y Social, Villavicencio.

Corporación Biotec, Cali.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).

Cultivadores de palma africana y caucho de los Llanos Orientales, Villavicencio.

Cultivos y semillas el Aceituno, Ltda., Ibagué.

FEDEARROZ. Federación Nacional de Arroceros de Colombia, Bogotá.

FEDEGAN, Federación Nacional de Ganaderos, Bogotá.

Fondo Ganadero del Valle, Cali.

Fondo Nacional del Ganado, Bogotá.

ICA, Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá

IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá.

Juntas de Acción Comunal, Puerto López.

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá

PRONATTA, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Bogotá..

COLNODO, Red colombiana de comunicaciones, Bogotá.

Semillano, Ltda., Villavicencio.

SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje.

SINCHI, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Bogotá.

UMATA, Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria, Guapi y Timbiquí, Cauca.

UMATA, Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria, Puerto López.

Universidad Cooperativa, Villavicencio

Universidad de los Llanos, UNILLANOS, Villavicencio.

Universidad del Pacífico, Buenaventura.

Universidad del Tolima, Ibagué.

Universidad del Valle, Cali.

Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. Bogotá.

Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. Palmira.

2. Internacionales

Biotechnology Center. Rutgers University, U.K.

BMZ – GTZ, Agencia Alemana para la Cooperación Internacional.

Cenargen – Embrapa, Centro Nacional de Recursos genéticos, Brasil.

CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México.

CIRAD, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, France.

Cornell University. USA.

CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia.

University of Reading, Department of Botany. Reading, U. K.

ETH, Eidgenössische Technische Hochschule, Switzerland.

FLAR, Fund for Latin American and Caribbean Irrigated Rice, based in CIAT.

FONTAGRO, Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, Bogotá

Fundarroz, Fundación Nacional del Arroz, Venezuela.

IFDC, International Fertilizer Development Center.

IGER, Institute of Grasslands Environment Research, U.K.

IITA, International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria

IRRI, International Rice Research Institute, Philippines.

Kansas State University, USA.

Louisiana State University, USA.

OFI, Oxford Forestry Institute, UK.

Texas A&M University, USA.

University of Hohenheim, Germany.

University of Gottingen, Germany.

University of Stuttgart, Germany.

USAID, United States Agency for International Development, USA.

Wageningen Agricultural University, Germany.

WARDA, West Africa Rice Development Association, Cote d'Ivoire.

Capítulo 5

Monitoreo y resultados de la Investigación y difusión del germoplasma mejorado

Sitio de referencia de Puerto López y Llanos Orientales de Colombia

1. Introducción

Dentro de las actividades del Convenio MADR - CIAT, el municipio de Puerto López, departamento del Meta, en la Orinoquia colombiana, fue escogido como sitio de referencia para diseñar, implementar y validar los diversos productos tecnológicos aportados por el trabajo ejecutado. Se considera que Puerto López (SRPL), presenta las condiciones de clima, suelos y topografía predominantes en gran parte de la Orinoquia nacional y que por lo tanto, constituye un adecuado laboratorio de campo, que permite la concentración de los trabajos de investigación y la extrapolación, con amplio margen de confianza, de los resultados a otras áreas de este extenso ecosistema

La META 5 del Convenio, que tiene que ver con los sistemas de información geográfica (SIG), suelos y agua, ha concentrado gran parte de sus actividades en el SRPL, en una labor participativa que ha involucrado a distintos actores y agentes de cambio presentes en la región: comunidades rurales, dirigentes y líderes comunales, políticos, investigadores, extensionistas, profesionales independientes, agricultores de pequeña, mediana y gran escala, estamentos académicos y universitarios e instituciones de investigación, extensión y desarrollo.

Con esta estrategia se pretende impulsar un proceso de cambio técnico en la agricultura del área objetivo, con énfasis en mejor planificación, en el uso eficiente de los recursos naturales, y en la diversificación y aumento de la producción, ligadas a ganancias sustanciales en productividad y competitividad, usando un enfoque de desarrollo participativo, que involucra a todos los agentes de cambio y usuarios de las metodologías y tecnologías propuestas.

El trabajo ha resultado en el diseño y prueba de diversos productos tecnológicos, principalmente herramientas para la planificación y la toma de decisiones, tanto en el ámbito de la región en su conjunto como en el contexto de la finca o unidad de producción. Es de destacar el gran apoyo y colaboración de las autoridades municipales de Puerto López, en el proceso de prueba y validación de las herramientas propuestas.

Mediante el uso de metodologías participativas diseñadas por el Convenio (por ejemplo, VAP, Visión, Acción, Pedidos) e instrumentos analíticos basados en enfoques SIG, técnicas de teledetección y con el permanente apoyo técnico del Convenio MADR – CIAT, se elaboraron el Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Puerto López 2001-2010 (POT), y el Plan de Desarrollo Municipal 2001 –2004. (PDM)

Varias herramientas y metodologías de planificación suministradas por el Convenio, han empleado las comunidades del municipio, para conocer y evaluar la magnitud y el potencial de los recursos naturales disponibles, determinar sus posibilidades y limitantes y definir y priorizar los cultivos más factibles.

El Convenio ha desarrollado nuevo germoplasma de pastos y de cultivos, apropiado para su utilización en ésta vasta extensión del país. Por ésta razón también se entrevistó a agricultores de escala comercial, que trabajan en el Piedemonte y la Altillanura.

Se adelantaron acciones puntuales para atender algunas demandas de las comunidades, que surgieron en los ejercicios de planificación participativa. Se destaca un proyecto comunitario de secado de yuca, en la localidad del Turpial y se encuentra en marcha el establecimiento de un vivero de frutales amazónicos en peligro de extinción, en el asentamiento indígena de Umapo. Esta última iniciativa busca iniciar la recuperación del germoplasma de especies nativas, gravemente deteriorado por la sobreexplotación y la tala indiscriminada, en los resguardos indígenas. Un proyecto de siembra de nuevos híbridos de maíz, encaminado a promover y fortalecer la acción colectiva dentro de las comunidades, se inició con la participación de dos asociaciones de productores de Puerto Guadalupe. Otro proyecto de siembra de materiales mejorados de yuca, para su posterior procesamiento, comenzó en Mayo de 2003.

El objetivo de éstas intervenciones puntuales, es por un lado evaluar y validar las metodologías y conceptos desarrollados y por otro, aprovechar que ellas constituyen puntos de entrada, para inducir y desencadenar en la región de referencia, procesos de cambio técnico a través del efecto de demostración *in situ*.

En el presente Capítulo se hace un seguimiento de las actividades del Convenio en el SRPL y en los Llanos, en términos de difusión y empleo de las herramientas y de las tecnologías basadas en germoplasma mejorado, las ventajas y desventajas de su utilización y los factores positivos y negativos que condicionan el adelanto tecnológico y la modernización de la producción agropecuaria.

Por tratarse de un proceso de cambio técnico aún incipiente, en donde los usuarios de las nuevas metodologías y tecnologías de producción están en la fase de adopción temprana, y su número aún es muy reducido, se adoptó el enfoque de sondeo rápido,² que consiste en identificar las principales tendencias de estos procesos, en particular sus fortalezas y debilidades, a través de entrevistas semi estructuradas, con interlocutores calificados como productores, líderes comunales y municipales, investigadores de la región, políticos, planificadores, extensionistas y tomadores de decisiones.

No se utiliza el muestreo estadístico tradicional, empleado frecuentemente en los estudios clásicos de adopción, que está sujeto a un rigor estadístico, y que permite la cuantificación y la prueba de hipótesis. En el presente caso, ésta metodología no resulta apropiada por los elevados costos que ella implica, lo incipiente del proceso evaluado y

² El método de sondeo rápido, es conocido en inglés como Rapid Rural Appraisal

porque el objetivo no es cuantificar ni probar hipótesis, sino conocer procesos e identificar dinámicas, posibilidades y limitantes.

2. El área de trabajo

El municipio de Puerto López se ubica en el Departamento del Meta hacia el oriente del territorio nacional, limitando con los municipios de Cumaral, Cabuyaro y la intendencia del Casanare por el norte, con Puerto Gaitán por el Oriente, con San Martín por el sur y con San Carlos de Guaroa, Restrepo y Villavicencio por el occidente.

Su relieve es muy variado incluyendo áreas de suelo plano que se intercalan con superficies muy disectadas, aunque sus alturas medias no superan los 100 mts. snm. Está surcado por numerosos caños y esteros que forman pequeños valles. El área total del municipio es de 6700 kmts² de los cuales 6240 constituyen el sector rural y 8 kmts² conforman el casco urbano. Se estima que su población total se acerca a 30 mil habitantes, el 40% vive en el sector rural.

La base económica del municipio es la producción agropecuaria (agricultura, ganadería y pesca) La mayor parte de los recursos forrajeros está constituida por praderas nativas de muy baja productividad y por una pequeña, pero creciente, fracción de pasturas mejoradas, entre las que se destaca el género *Brachiaria*. Sobresalen por su importancia económica los cultivos de arroz, caucho, piña, forestales y huertos caseros. En la actualidad el cultivo de maíz tecnificado, basado en los nuevos híbridos aportados por la investigación reciente, genera gran interés, existiendo altas expectativas de siembras para el presente año.

Los recursos de tierras del municipio, por categorías y usos actuales o potenciales, se presentan en el Cuadro 1. De un total de 615 mil hectáreas, tres cuartas partes corresponden a suelos tipo VI y VII, los cuales bajo las técnicas tradicionales de producción y manejo del suelo, solo son aptos para actividades de producción muy extensivas. La proporción de suelos apropiada para cultivos más intensivos es baja, solo el 20% del total de los recursos de tierras disponibles.

Más de la mitad de las fincas de Puerto López (55.6%), son menores de 50 hectáreas, pero apenas controlan una pequeña fracción de la tierra, 6%. En el extremo superior de la distribución aparecen las fincas grandes, de más de 500 hectáreas, que representan el 15% del total de explotaciones y ocupan el 70% del área.

Desde el punto de vista de la oferta tecnológica esto sugiere que es importante desarrollar opciones tecnológicas muy variadas, para un amplio espectro de productores. El universo de agricultores incluye a los pequeños propietarios, muy numerosos pero con poco acceso a la tierra, quienes adelantan una producción de subsistencia y frecuentemente complementan los exiguos ingresos de la finca, empleándose como asalariados agrícolas. Por otro lado, están las grandes propietarios, quienes poseen la mayor parte de la tierra y utilizan, en su mayoría, sistemas de producción muy extensivos, basados en tecnologías tradicionales.

Cuadro 1. Recursos de tierras del municipio de Puerto López (Meta)

Clase de suelo	Área		Usos actuales y potenciales
	Hectáreas	% del total	
II	36225	5.9	Arroz secano, guinea, kudzú y otros pastos introducidos
III	24825	4.0	Aptos para arroz bajo riego, palma, pastos mejorados, (brachiarias), cultivos de subsistencia, topocho
IV	62000	10.1	Aptos para pastos mejorados, tabaco rubio, maní, caupí, palma africana y marañón, sorgo y arroz secano para suelos ácidos.
V	29000	4.7	Pastos naturales, en áreas específicas se pueden introducir pastos mejorados y en áreas muy restringidas se pueden adelantar cultivos de subsistencia
VI	253250	41.2	Pastos naturales y ganadería muy extensiva
VII	209500	34.1	Pastos naturales en la base de las laderas, ganadería muy extensiva y conservación del bosque existente
VIII	-	-	Sin uso y para conservación del bosque
Total	614800	100.0	

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial de Puerto López, 1999

En el primer grupo el tema de la pobreza es muy relevante, dado que es imperativo aplicar mejores técnicas de producción, que permitan a los pequeños agricultores mejorar su eficiencia y competitividad, de manera sostenible, para elevar sus ingresos y nivel de vida.

En el caso de las grandes explotaciones los temas más críticos son los de la productividad, la conservación de la base de recursos naturales y la generación de empleo, para los habitantes rurales sin tierra. En este estrato de productores, es preciso diseñar y aplicar mejores técnicas de producción, más productivas y rentables, para aprovechar mejor los elevados volúmenes de tierra que controlan e incrementar y diversificar la oferta nacional de productos como carne, leche, arroz, maíz, algodón, soya, caucho, frutales, materias primas, etc.

La principal actividad agropecuaria de Puerto López es la ganadería, que utiliza gran proporción de los recursos de tierra. Se estima que la superficie total de pasturas se acerca a 700 mil hectáreas, de las cuales el 70% está en sabanas nativas. Si bien la proporción de pasturas mejoradas es importante, 30% del total, la capacidad media de carga de las praderas, es extremadamente baja, 0.27 cabezas por hectárea. Lo anterior, parece sugerir que la productividad de las pasturas introducidas es pobre, quizá debido a graves problemas de degradación.

Los cultivos de arroz, yuca y plátano son los más importantes, teniendo un carácter marginal las producciones de maíz tradicional, sorgo y algodón. (Cuadro 2)

Cuadro 2. Principales actividades agropecuarias en el municipio de Puerto López, 1997

Ganadería	
Área en pasturas (has)	
Nativas	490800
Mejoradas	200400
Total	691200
Inventario ganadero (cabezas)	189148
Carga animal (cabezas/ha)	0.27
Producción de cultivos (tm.)	
Arroz	50500
Yuca	1080
Plátano	3300
Palma africana	220
Maíz tradicional	67
Sorgo	150
Soya	400
Algodón	80

Los problemas de ambientales observados en Puerto López, son los típicos de la Orinoquia: Destrucción acelerada de los bosques de galería, contaminación de los ríos y caños, erosión y pérdida de suelos, extensas áreas de pastizales compactadas, degradadas y con muy baja productividad. (Véase Plan de Ordenamiento Territorial, 1999) De lo anterior se deriva que cualquier desarrollo productivo en la región, debe considerar explícitamente sus implicaciones ambientales, por ser un ecosistema muy frágil, cuyos problemas actuales pueden exacerbarse por el uso inadecuado de sus recursos naturales.

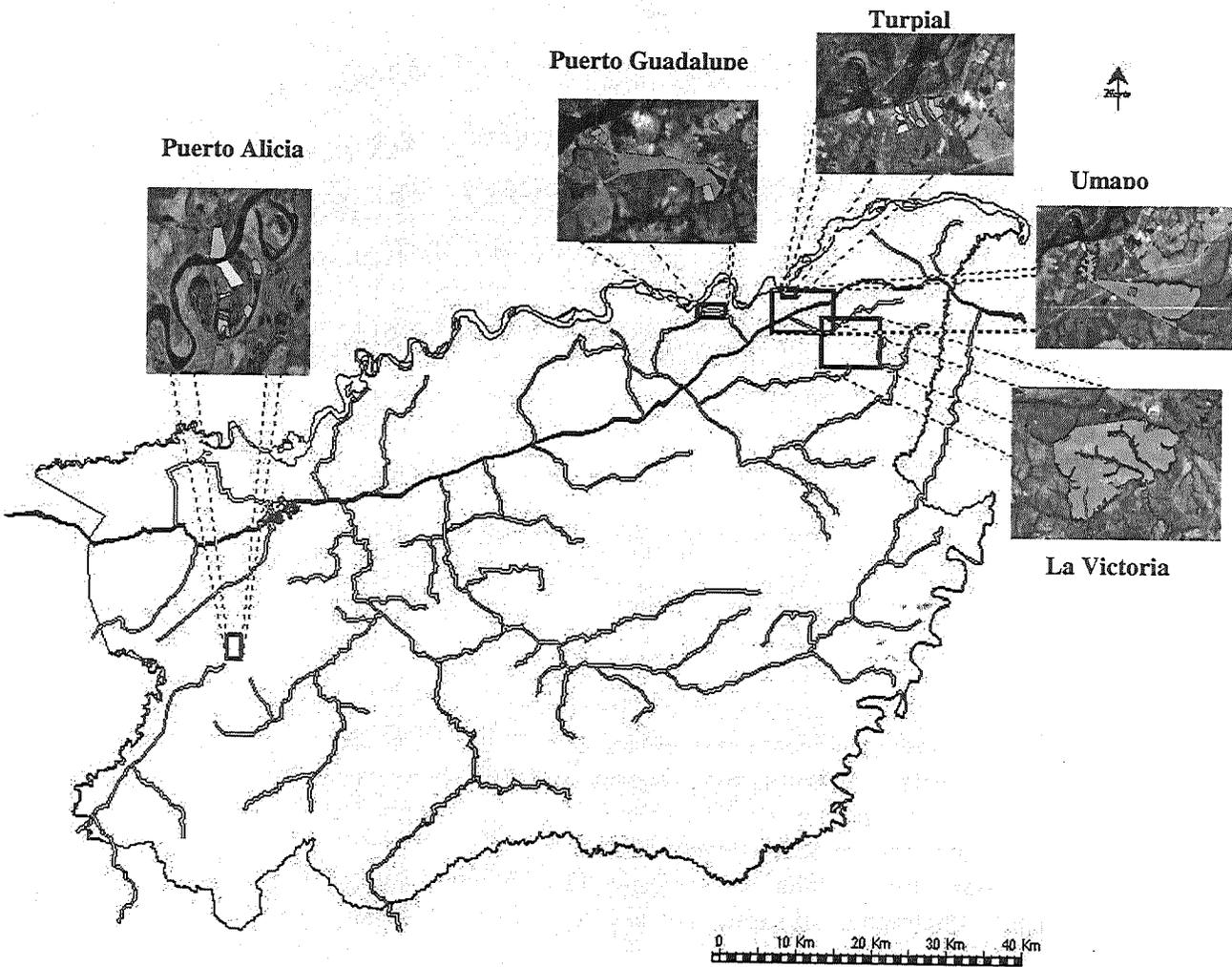
3. El enfoque de investigación

Para ejecutar el trabajo de investigación, se adoptó el enfoque de sitio de referencia, que consiste en concentrar los esfuerzos en un área geográfica específica, representativa de las condiciones edáficas, ambientales y económicas de un área objetivo mucho mayor, en el presente caso la Orinoquia colombiana.

Este enfoque presenta claras ventajas en términos de costos de la investigación y difusión de la tecnología, ya que: 1) Permite extrapolar los resultados, con alto nivel de confianza y probabilidad de éxito, a otras regiones geográficas de condiciones similares. 2) Mejora la eficiencia de la investigación, al concentrar, utilizar y complementar los esfuerzos de los diferentes actores en el proceso de cambio, en un sitio y propósito específicos. 3) Es fuente de sinergias, por la mutua interacción de los diferentes agentes de cambio. 4) Permite el aprovechamiento del capital social local, de las autoridades y de las organizaciones públicas de investigación y desarrollo municipales y regionales, para acelerar la apropiación y uso de las nuevas tecnologías y metodologías.

Las acciones del Convenio MADR – CIAT en el SRPL se efectuaron en cinco comunidades: Puerto Alicia, Puerto Guadalupe, El Turpial y los resguardos indígenas de Umapo y La Victoria, pertenecientes a las etnias achagua y piapoco, respectivamente. (Figura 1)

Figura 1. Área de trabajo del Convenio MADR- CIAT en el Sitio de Referencia de Puerto López



En los Cuadros 3 y 4 se presentan algunas de las características económicas de las localidades en donde se ha trabajado. Son agricultores de pequeña escala, que adelantan cultivos intensivos en el empleo de mano de obra, con bajo nivel de insumos externos, como maquinaria y agroquímicos, y que exhiben modestos niveles de productividad e ingresos. (Véase Fajardo A. 2002)

Cuadro 3. Distribución de la tierra en el municipio de Puerto López (Meta) 1999

Estrato de tamaño (has)	Área (has)		No de fincas	
	Total	% del total	Total	% del total
3 <	25125	3.6	740	33.1
3 > 50	16892	2.4	502	22.5
50 > 200	57469	8.3	370	16.6
200 > 500	109702	15.8	278	12.4
500 > 1000	242539	35.0	240	10.7
1000 > 2000	101488	14.6	62	2.8
2000 >	139537	20.1	41	1.8
Total	692752	100.0	2233	100.0

Fuente: Plan de Ordenamiento territorial de Puerto López, basado en información de IGAC, 1999.

La base económica de las comunidades son los cultivos tradicionales de yuca, maíz, arroz y plátano. Aunque en la región la ganadería es predominante, la poca disponibilidad de tierra de éstos agricultores, les impide llevar a cabo actividades pecuarias a escalas significativas.

Las principales dificultades para la producción agropecuaria, identificadas tanto en los talleres participativos como en las entrevistas personales en las comunidades son de tipo tecnológico, económico y de infraestructura física. Los tecnológicos hacen referencia a la baja disponibilidad de nuevas opciones de germoplasma mejorado y a limitaciones en cuanto al conocimiento sobre la siembra y el manejo de los cultivos nuevos, seleccionados como promisorios en los ejercicios de planificación.

Los problemas económicos se ligan fuertemente con la estrechez del mercado local, que se satura muy rápidamente, generando pérdidas de producción y bajos precios. El tema de la comercialización de la producción agropecuaria, es crítico para lograr un crecimiento sostenido. Dada las pequeñas escalas de producción, es muy pertinente para éstas comunidades, el fortalecimiento de la acción colectiva y la creación de capital social, para implementar mejores esquemas de transporte y de comercialización, que posibiliten generación de economías de escala en las fases de poscosecha, ampliación del mercado y mayor poder de negociación.

La precaria dotación de infraestructura física de las áreas rurales, frena ostensiblemente la dinámica económica. La escasez y mal estado de las vías, especialmente de las carreteras secundarias y terciarias, eleva considerablemente los costos y el tiempo de transporte, deteriorando la competitividad de la producción regional.

Cuadro 4. Características económicas de las localidades de trabajo en Puerto López

Localidad	Área agrícola (has)	Población (No. de familias)	Principales actividades agropecuarias	Limitantes críticos para expandir la producción agropecuaria
Turpial	152	15	yuca, maíz, pastos, frutales y horticultura para autoconsumo	Falta de maquinaria, Mercados muy reducidos. Carencia de infraestructura de riego. Precaria dotación de vías. Colonos sin títulos de propiedad.
Puerto Guadalupe	3319		Maíz, yuca, patilla, plátano, ganadería en pequeña escala	Mercado local tanto para productos ganaderos y agrícolas muy reducido. Falta de maquinaria para preparación de la tierra. Carencia de energía eléctrica para instalar plantas de secado de yuca. Inexistencia de sistemas de riego. Falta de asistencia técnica para alternativas nuevas, p.e. piscicultura.
Puerto Alicia	161	15	Arroz, plátano, yuca, algodón, maíz tradicional, ganadería en pequeña escala	Falta de maquinaria, Carencia de tecnología para siembra y manejo de nuevos cultivos, p.e. piña, papaya, Se pierden productos como plátano, maracuyá y cítricos por falta de mercados. Falta de variedades de arroz, más apropiadas para la región.
Umapo	1519	44	yuca brava, plátano, yuca, maíz, caza y pesca	Dificultades para adelantar proyectos productivos y promover la acción colectiva. Pérdida acelerada de los recursos del bosque. Adecuada dotación de mano de obra, pero requieren nuevas tecnologías de producción en sabanas, para incrementar la productividad y garantizar la subsistencia Yuca es el caso más urgente.
La Victoria	3319	22	yuca brava, plátano, yuca, maíz, caza y pesca	Ídem Umapo

La precaria disponibilidad de maquinaria afecta particularmente a los productores de muy escasos recursos, quienes deben realizar manualmente las labores de preparación de los suelos y de cosecha. Eventualmente solo pueden contratar maquinaria agrícola hacia el final de la época de siembras, una vez los productores más grandes han preparado sus lotes. Esta situación resulta en deficiente labranza y siembras tardías, que conllevan mayores riesgos biológicos y económicos.

En un escenario de intensificación de la producción, mediante el uso de materiales genéticos mejorados, resulta indispensable superar la baja disponibilidad de maquinaria. Nuevamente, la acción colectiva surge como una herramienta clave, para planear y

desarrollar proyectos como compra de maquinaria por parte de asociaciones y cooperativas de productores, que aprovechando las economías de escala, generen reducciones en los costos de producción. La UMATA de Puerto López está dispuesta a prestar asesoría y apoyo técnico a los agricultores, para adelantar iniciativas de grupo.

La región de interés tiene un marcado patrón estacional de lluvias, presentando un período muy seco de diciembre a abril y uno de lluvias intensas de mayo a noviembre. La carencia de adecuada infraestructura de riego, fue señalada unánimemente, por los productores entrevistados en las localidades de El Turpial, Puerto Alicia y Puerto Guadalupe, como una de las mayores dificultades para establecer cultivos nuevos.

Para adelantar iniciativas de transformación de la producción y generación de valor agregado, por ejemplo el establecimiento de plantas de secado de yuca, la disponibilidad de energía eléctrica, a menudo constituye un cuello de botella difícil de superar. En la localidad del Turpial, varios productores de yuca, expresaron su interés por efectuar secado, ya que están convencidos de su conveniencia económica. Sin embargo, argumentan que carecen de la energía eléctrica adecuada (trifásica), para instalar las máquinas de picado de yuca. En el Plan de Desarrollo Municipal vigente, se contempla la ampliación y mejoramiento de la red eléctrica, en algunas de las comunidades donde el Convenio ha trabajado.

4. Resultados y Productos técnicos

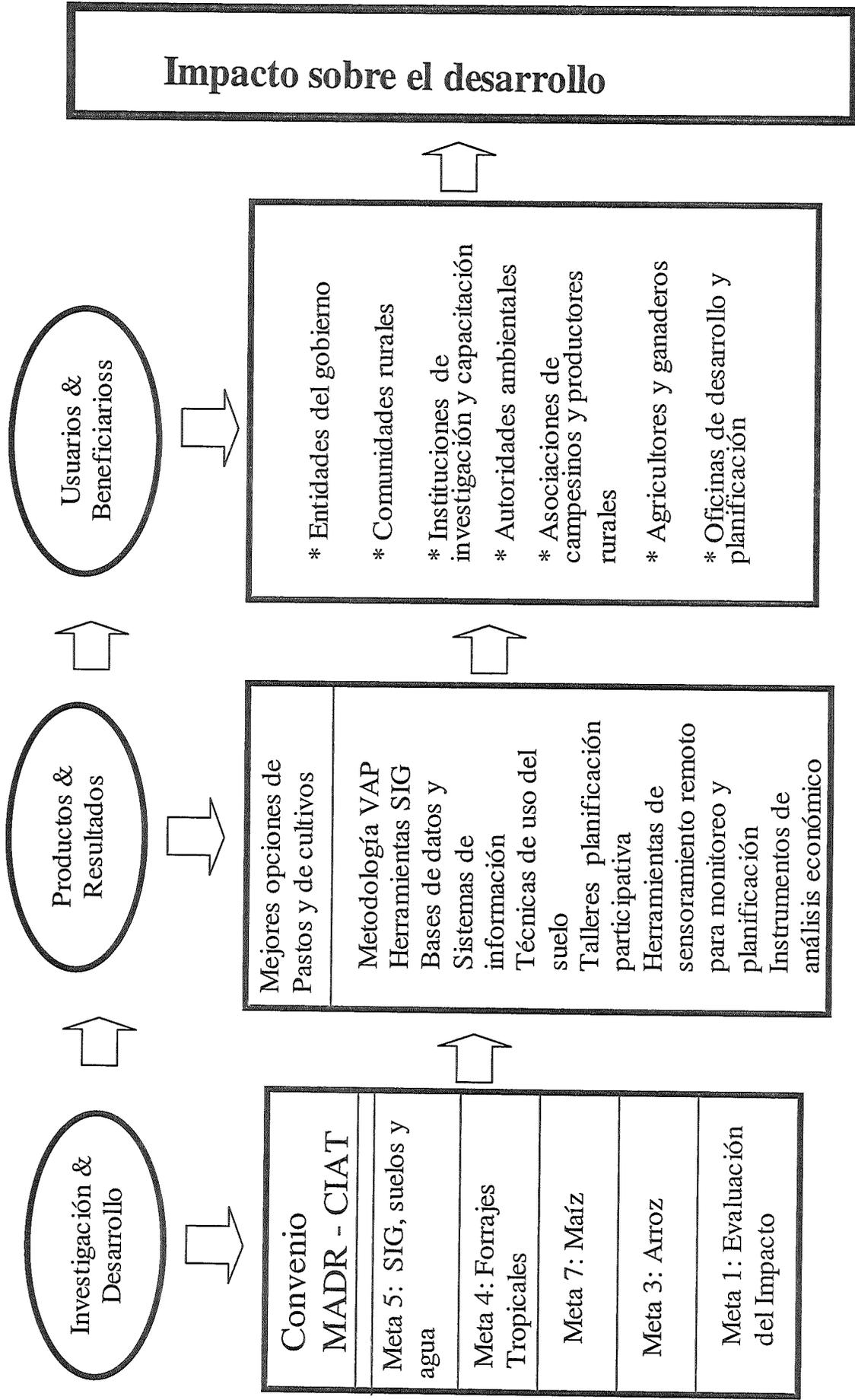
La Figura 2 muestra en forma esquematizada la secuencia de eventos que se producen a partir de las inversiones en investigación y desarrollo, pasando por los productos y resultados técnicos generados y entregados, hasta culminar con los procesos apropiación, adopción y utilización por parte de productores y usuarios. Los resultados más concretos, se esperan a más largo plazo: más rápido ritmo de expansión económica y mayores niveles de producción, productividad, consumo y competitividad.

La punta de lanza del trabajo del Convenio en Puerto López, ha sido la Meta 5 (SIG, suelos y agua) que ha liderado y organizado el trabajo con las comunidades y establecido los mecanismos de interacción y cooperación, con otros socios, tales como la alcaldía y sus diferentes dependencias, los organismos de planificación, las autoridades ambientales y las instituciones de investigación, asistencia técnica y capacitación.

El aporte de las otras Metas del Convenio está orientado a generar una mayor disponibilidad de germoplasma mejorado, de cultivos y de pastos, y al diseño de métodos y sistemas de producción más eficientes.

Como resultado se ha diseñado y aplicado, un amplio grupo de metodologías de planificación participativa, de evaluación biofísica de potencialidades y usos apropiados de los recursos naturales y de análisis y evaluación económica a diferentes escalas.

Figura 2. Secuencia del trabajo de I&D del Convenio MADR – CIAT en el SRPL y en la Orinoquia de Colombia



4.1 Planificación a escala municipal

4.1.1 Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Puerto López 2001 – 2010. La normatividad vigente, ley 388 de 1997, establece la obligación para los municipios de formular planes de ordenamiento territorial. La naturaleza y rigurosidad de estos planes varía según la categoría y el volumen de población del respectivo municipio.

“Al municipio de Puerto López en cumplimiento de las leyes 388 de 1997 y 507 de 1999 le correspondía, por su categoría y nivel de población, la formulación de un esquema simple de ordenamiento territorial, pero gracias al apoyo del CIAT (Convenio MADR – CIAT), especialmente en lo referente al manejo de información georreferenciada y a metodologías de planificación, se formuló de un Plan Básico de Ordenamiento Territorial. (PBOT)” (Gómez, D., 2002)

La contribución del Convenio MADR – CIAT al PBOT del municipio de Puerto López, del período 2001 – 2010, se dio en diferentes temas: 1) Metodologías de planificación, 2) Manejo de información, empleando herramientas SIG, 3) Capacitación. 4) Diseño de software para el monitoreo y su evaluación.

Las bases metodológicas del PBOT fueron aportadas por el Convenio MADR – CIAT, lo cual en concepto del alcalde actual, de varios secretarios municipales de despacho y de los asesores externos contratados por la alcaldía, implicó ganancias en términos de reducción de costos y mayor calidad del trabajo de planificación. La metodología empleada, posibilitó la amplia participación de todas las fuerzas sociales, económicas y políticas del municipio, para llegar a una visión común de los problemas, oportunidades y acciones a desarrollar.

Una importante contribución del Convenio al PBOT se dio en el tema de manejo de información a través de metodologías SIG (Map Maker), que permitieron la actualización de la información cartográfica. El Convenio aportó la información satelital de sus bases de datos, que complementó la ya disponible, basada en fotografías aéreas y en la cartografía catastral y urbana del IGAC (Pineda, 2002)

La capacitación de técnicos de las instituciones locales fue otro elemento central del trabajo realizado, en el campo de la planificación. El adiestramiento se dio en el manejo de Map Maker (10 funcionarios de la administración municipal recibieron entrenamiento) y en metodologías de planificación participativa como VAP. (Visión, acción, pedidos) El fortalecimiento de la capacidad local, apunta a la creación de una cultura de planificación participativa con un énfasis particular en el manejo y la conservación de los recursos naturales. En el marco de ésta filosofía, cerca de 600 técnicos y profesionales de diferentes regiones del país, durante 1995 – 2003, fueron capacitados en técnicas SIG, métodos de planificación y en manejo de los suelos.

4.1.2. Plan de Desarrollo Municipal de Puerto López, 2001-2004. Una vez definido el Plan de Ordenamiento Territorial, que define las condiciones territoriales y espaciales básicas, el paso siguiente es el planteamiento y diseño estrategias y acciones para el adelanto económico y social del municipio, conocidas en su conjunto como Plan de Desarrollo Municipal. (PDM)

El PDM se define como la carta de navegación o brújula, que orienta el progreso socioeconómico, ambiental y territorial de un municipio, durante un determinado período de gobierno. (Pineda R., 2002) Estos planes de desarrollo se deben formular por exigencia de la ley 52 de 1994, que ordena la planificación a diferentes escalas territoriales: país, departamento y municipio.

El PDM debe responder a los compromisos programáticos de la campaña política, y si bien es un instrumento de planificación de corto y mediano plazo, debe ajustarse y sincronizarse con el marco general de más largo plazo planteado en el PBOT.

La contribución del Convenio a la formulación del PDM de Puerto López, se dio en los mismos términos que en el PBOT del municipio. Se aportaron metodologías y herramientas de trabajo, al tiempo que se amplió y fortaleció la capacidad local, para la utilización de éstos instrumentos. Sobresalen contribuciones en la elaboración de la cartografía temática, el manejo de herramientas SIG como Map Maker, el empleo de técnicas de teledetección y la aplicación de metodologías de planificación participativa.

En un sondeo de opinión realizado entre funcionarios municipales, incluyendo el alcalde anterior, sobre el aporte del Convenio MADR – CIAT al proceso de planificación local, se logró establecer un consenso muy favorable hacia el trabajo que se hizo. “Tengo una apreciación óptima sobre la contribución realizada, hicimos un Plan Básico de Ordenamiento Territorial y un Plan de Desarrollo Municipal, que están entre los mejores tanto en el plano regional como en el nacional. Estos instrumentos nos ayudaron a definir opciones y alternativas y aportaron una base sólida, para la toma de decisiones y la formulación de proyectos.” (Juan Gualteros, alcalde de Puerto López, entrevista personal)

En el ámbito nacional, la planificación de Puerto López, también ha sido reconocida. Durante la Convención nacional de planes de desarrollo de los municipios, patrocinada por DNP – Fonade, el PDM de Puerto López fue catalogado como el mejor de la Orinoquia y el séptimo a escala nacional.

4.1.3 Monitoreo de los planes municipales. En Marzo de 2003 el Convenio hizo entrega formal a las autoridades municipales de Puerto López, de un programa de computador (software), que permite hacer un seguimiento y evaluación del PDM, usando de indicadores periódicos de gestión y de logros. Esta herramienta es muy útil para que los responsables de cada área del PDM, conozcan oportunamente la evolución de los diversos proyectos y en caso de ser necesario, introduzcan los correctivos oportunamente.

4.2 Planeación a escala veredal y de finca

Las herramientas de planificación y de evaluación económica se han ajustado y validado en cinco veredas de Puerto López. Los fundamentos del trabajo a este nivel están en la formación de capital social y en el fortalecimiento de la acción colectiva, para superar las restricciones que enfrentan los pequeños productores y puedan aprovechar las oportunidades para mejorar sus medios de vida.

Las metodologías de planificación utilizadas permiten identificar las condiciones actuales y deseadas de las comunidades, las causas subyacentes y la construcción de escenarios alternativos, planes y estrategias. Son herramientas sencillas, de fácil utilización por un amplio espectro de usuarios: productores, asociaciones campesinas, entidades de crédito y de asistencia técnica.

La investigación en ésta área busca aportar elementos de juicio a los pequeños productores, para la toma de decisiones sobre uso de sus recursos y sobre las estrategias productivas más apropiadas. Igualmente provee información a las agencias de crédito y de asistencia técnica, de apoyo al diseño de sus planes y programas.

El trabajo incluyó cuatro fases: 1) Caracterización biofísica del entorno, 2) Levantamiento del uso actual y deseado del suelo. 3) Caracterización socioeconómica de las comunidades y 4) Evaluación económica bajo diferentes hipótesis.

Para adelantar esta labor con las comunidades, se usaron diversas herramientas y metodologías en las distintas etapas del trabajo.

El diagrama de la Figura 3 ilustra las fases e instrumentos analíticos utilizados.

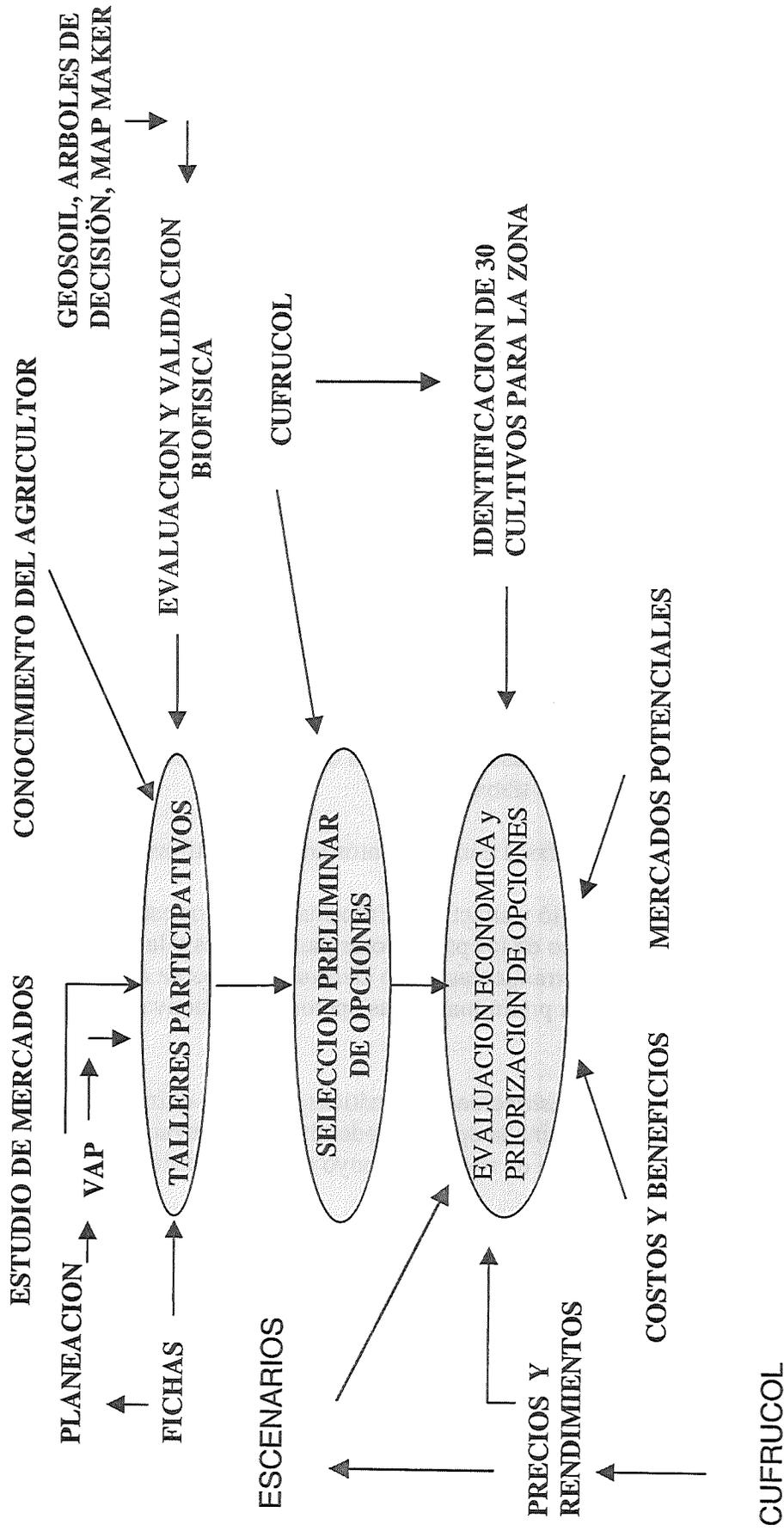
En los talleres participativos se recogió y sintetizó la información de los estudios previos de mercado, el conocimiento empírico de los productores participantes y la información del entorno biofísico aportada por herramientas como *Geosoil*, *Árboles de Decisión* y *Cufrucol*, para efectuar una selección preliminar de las opciones productivas con mayor potencial.

Usando *Geosoil* se identificaron las restricciones, climáticas y físico – químicas del suelo, para la implementación de una determinada opción productiva. Esta herramienta es un banco georreferenciado de información de suelos de apoyo a la planificación. (Jaramillo J, 2003)

Para mejorar la toma de decisiones sobre uso del suelo, se utiliza la herramienta *Árboles*, que reúne el conocimiento especialista, la experiencia de campo y la información cartográfica de suelos, para construir reglas de decisión que llevan a diseñar sistemas más apropiados, en el marco del mejoramiento gradual de los suelos y de la sostenibilidad a largo plazo. (Quintero M., 2002)

La base de datos de cultivos y frutales, *Cufrucol*, diseñada especialmente para Colombia, a partir de la base de datos *Ecocrop* de la FAO, se utiliza para obtener información

Figura 3. Esquema de evaluación y definición de opciones productivas en las comunidades de Puerto López



Fuente: Adaptado de Fajardo A. (2002)

relevante para el manejo y la evaluación económica de los cultivos de interés. Mediante diversos menús, suministra información biológica sobre caracterización botánica, requerimientos biofísicos (clima, temperatura, altitud, precipitación, suelos), información económica sobre costos, discriminando entre los de establecimiento y los de mantenimiento del cultivo, rendimientos, precios al productor e información agronómica y de manejo de los cultivos, relacionada con riesgos, densidades de siembra, distancias entre plantas y entre surcos, etc. (Jaramillo J, 2001)

El principal producto de los talleres participativos fue la selección preliminar de opciones productivas promisorias, las cuales en una fase más avanzada se evalúan y priorizan desde la óptica económica, para finalmente diseñar los planes individuales y colectivos de producción.

Para la evaluación y análisis económico, se utiliza la herramienta Escenarios, que estima los flujos monetarios semestrales de costos e ingresos de los cultivos, en un horizonte de planeación de 5 años.

El modelo calcula indicadores de rentabilidad para comparación con los de los cultivos tradicionales. Al evaluar los riegos biológicos y económicos, se trabaja con diferentes escenarios de precios y de rendimientos (análisis de sensibilidad), que permiten anticipar y evaluar el efecto de cambios de las variables más críticas, sobre los indicadores de rentabilidad.

Se adelantaron actividades de capacitación continua, atendiendo las necesidades de las comunidades que requieren conocer y entender los aspectos relativos al reconocimiento biofísico del entorno, la evaluación económica de escenarios productivos alternativos, el uso y la aplicación de las herramientas de planificación propuestas para la toma de decisiones. Se ha impulsado la creación y el fortalecimiento de asociaciones y organizaciones comunales y la utilización de instrumentos SIG, como Map Maker, para el levantamiento cartográfico de las fincas y de las comunidades.

De las entrevistas con los productores en el SRPL en relación con la planificación a escala micro, se obtuvieron las siguientes opiniones:

- La planeación y programación de los cultivos son muy útiles porque permiten la rotación y renovación de los mismos.
- Es interesante la identificación de posibles cultivos, p.e. piña, papaya, maracuyá, etc., pero se requiere mayor información, sobre su siembra, manejo, costos, y rendimientos.
- Es necesaria mayor información sobre los nuevos cultivos, por ejemplo mediante parcelas demostrativas, para que los agricultores los conozcan y se difundan más rápido.
- No veo al maíz como cultivo promisorio para esta zona, porque la cosecha a mano resulta muy costosa.

- El problema principal no es de nuevos cultivos sino de demanda. Por ejemplo, el plátano rinde muy bien en la región, pero se pierde la producción por la baja demanda local.
- He cultivado maracuyá con resultados excelentes, pero no he continuado por falta de compradores.
- El cultivo de papaya me resulta muy atractivo, pero tengo que caballonear y no dispongo de maquinaria.
- Tengo dificultades para transportar la yuca, porque hay que atravesar el río y no existe un puente. Por ésto hace dos años dejé de cultivarla.
- En maíz sembramos las variedades tradicionales, el más común es “el clarito”, no conocemos los nuevos híbridos.
- La variedad de yuca más común en la zona es la denominada brasilera. Los entrevistados manifestaron interés en cultivar los nuevos materiales de yuca de mayor rendimiento.

Proyectos piloto. A efectos de difundir las metodologías y materiales genéticos mejorados aportados por el Convenio, se adelantaron varios proyectos piloto con las comunidades de Puerto López. El objetivo como ya se indicó, es validar los productos tecnológicos y través del efecto demostración, impulsar su adopción en la región objetivo.

4.3.1 Proyecto de secado de yuca en El Turpial. Un pequeño proyecto de secado de yuca se realizó con la comunidad de El Turpial. El trabajo además de los agricultores, contó con la participación del Convenio MADR – CIAT, y de la UMATA (Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria) de Puerto López.

La comunidad identificó varios problemas en producción y comercialización de la yuca fresca a saber: 1) Carencia de un sitio apropiado para almacenamiento. 2) Precios bajos al productor, ya que el producto fresco es muy castigado por factores de calidad. 3) Por el pequeño volumen del mercado local para yuca fresca, se pierde mucha producción y el precio se desploma rápidamente. Al respecto se anota que el mayor productor de la comunidad de El Turpial, vende 30 arrobas de yuca fresca en Puerto Gaitán y con esa cantidad es suficiente para saturar la plaza.

El secado de yuca se planteó como una buena alternativa para superar los problemas descritos anteriormente. En este proyecto comunitario, el secado, picado y transporte de la yuca, al igual que la comercialización se efectuó a través de las organizaciones comunitarias locales. Eventualmente, se realizaron labores comunitarias de siembra y de cosecha. En el tema de la comercialización, la UMATA de Puerto López colaboró activamente, estableciendo los contactos con los compradores de yuca seca en

Villavicencio. Los yuqueros que participaron tenían la garantía de la compra de toda la producción resultante.

Este proyecto piloto buscaba tres objetivos prioritarios: 1) Ofrecer a la comunidad una solución tecnológica, para un problema específico de importancia económica. 2) A través del efecto demostración, impulsar el uso de tecnologías de secado de yuca en la región y 3) Trabajar conjuntamente, agricultores e investigadores, para identificar los problemas asociados con el uso de la tecnología y efectuar los ajustes correspondientes.

Las cantidades secadas individualmente por finquero fueron relativamente modestas. En total se secaron 19 tm. de yuca de las cuales 16 fueron aportadas por 4 agricultores, las tres restantes por Corpoica. Se logró una producción de 7.5 tm. de producto seco, lo que implica un rendimiento de 39.5%.

Por ser un trabajo de investigación en fincas e involucrar agricultores de subsistencia con escalas de producción muy pequeñas, muchos de los costos fueron asumidos por el Convenio y por la Umata, de tal manera que los agricultores participantes tenían garantizados sus ingresos.

Analizando el balance de los ingresos y los costos del Proyecto, se deduce que bajo ésta estructura y nivel de costos, el de secado de yuca no sería rentable. (Cuadro 5) El costo de producción de yuca seca se sitúa en \$361000/tm. frente a un precio de venta de \$ 290000/tm. En consecuencia, es necesario analizar en detalle los costos involucrados en ésta iniciativa.

Cuadro 5. Balance de ingresos y costos del Proyecto Piloto de secado de yuca en la vereda El Turpial Puerto López, Meta

Costo	Unidad	Cantidad	Precio unitario ('000 de \$)	Valor total ('000 de \$)	%
Materia prima (yuca fresca)	tm.	19	80	1520	56.1
Mano de obra	jornal	36.9	12	443	16.4
Empaque	costal	250	0.1	25	0.9
Energía eléctrica	días	29	3.4	100	3.7
Transporte	viaje	4	155	620	22.9
Costo total				2708	100.0
Producción (yuca seca)	tm.	7.5	290	2175	80.3
Ingreso neto				-533	-
Costo de yuca seca ('000 \$/tm.)			361		

Fuente: Cifras recopiladas por la Umata de Puerto López

Un poco más de la mitad del costo total, 56%, está representado por las compras del producto fresco. Esto pone de manifiesto que la adopción de nuevas variedades de yuca, de mayor rendimiento, es crítica para abaratar los costos en la industria del secado.

En la ejecución del Proyecto se presentaron algunas eventualidades que elevaron considerablemente los gastos de transporte, mano de obra y energía eléctrica. La planta generadora de la vereda, se averió y fue necesario trasladar la picadora a la cabecera municipal, lo que implicó un costo adicional en transporte de materia prima, energía y en el pago de un operario, para hacer una labor que hubieran podido realizar los propios productores en la vereda.

El transporte, equivalente al 23% del costo total, se destaca como un tema clave dentro de una estrategia orientada a reducir los costos de producción. Transportando yuca fresca, los costos crecen considerablemente por el alto contenido de agua de las raíces.

Si el secado se efectúa en las áreas de producción, y solo se transporta la yuca ya procesada a los centros de consumo, el costo de transporte se reduce sustancialmente.

En el tema del transporte aparece la acción colectiva como un instrumento útil para reducir costos. Los agricultores de la vereda se proponen sincronizar a través del tiempo la producción de yuca seca, de tal suerte que toda la producción local salga en el mismo momento, lo cual permitirá contratar el transporte masivo de la producción, y de esta forma generar economías de escala y reducir el costo por tonelada.

La época de producción resulta crítica para determinar el costo del secado. En el presente caso, debido a que esa fase se efectuó en invierno, fue necesario efectuarla bajo techo, lo cual duplicó la duración de la operación y generó mayores costos de mano de obra.

Un escenario planteado por la Umata de Puerto López, en el que se excluyen algunos de los costos que hubieran podido evitarse, muestra que en las condiciones actuales, el secado de yuca puede ser rentable.

El Cuadro 6 incluye los ahorros en transporte, energía y mano de obra, que se tendrían en condiciones normales, implicando un costo promedio de la yuca seca inferior casi en un 25%, al precio recibido por tonelada seca. En este escenario hipotético, el margen bruto por tonelada producida representa el excedente disponible para el empresario que compró la yuca fresca y la procesó. Este margen le permite cubrir la depreciación o alquiler de la maquinaria utilizada y la remuneración a su trabajo empresarial.

En cuanto a los resultados económicos del proyecto las opiniones entre los entrevistados fueron:

- La alternativa de picado y secado de yuca es muy buena desde el punto de vista económico, ya que genera ingresos adicionales.
- Es una excelente alternativa, que permite utilizar yuca fresca que de otra manera se perdería.
- Es una buena opción y deseo continuar secando yuca.

Cuadro 6. Escenario de Ingresos y Costos en la operación de secado de yuca en el Turpial, ajustando los costos a “condiciones normales”

Costo	Unidad	Cantidad	Precio unitario (‘000 de \$)	Valor total (‘000 de \$)	%
Materia prima (yuca fresca)	tm.	19	80	1520	92.7
Mano de obra	jornal	7.9	12	95	5.8
Empaque	costal	250	0.1	25	1.5
Costo total				1640	100.0
Producción (yuca seca)	tm.	7.5	290	2175	80.3
Ingreso neto				535	-
Costo de yuca seca (‘000 \$/tm.)			219		
Margen de la yuca seca (‘000 \$/tm.)			71		

Fuente: Cálculos basados en cifras de la Umata de Puerto López.

- Si bien deja ganancias económicas, estas resultan bajas, al considerar el arduo trabajo adicional.
- Los precios de venta de la yuca seca resultaron muy bajos.
- El cultivo de la yuca como negocio es regular, pero es la única opción.
- Nos interesa participar más en procesos de transformación de yuca fresca, ojalá dentro de un esquema donde nosotros mismos pudiéramos colocar la materia prima, en la planta de producción de concentrados.

De ésta experiencia resalta el hecho de que si bien la disponibilidad de tecnologías mejoradas, es indispensable para el desarrollo productivo sostenible. Hay otros factores independientes de las técnicas de producción, que pueden frenar la adopción y el impacto. En el presente caso como ya se ha anotado, la escasez de maquinaria, de vías de comunicación, de sistemas de apoyo técnico y crediticio para el establecimiento de nuevos cultivos y de infraestructura de riego, limitan en gran medida el progreso técnico.

Hay plena conciencia entre estos productores de escasos recursos económicos, que la formación de capital social (cooperativas, asociaciones comunales, etc.) para adelantar acciones colectivas es un instrumento eficaz para afrontar en grupo los problemas de producción, mercadeo, adquisición de capital físico y negociación de precios. Se notó un marcado interés de la asociación local de productores por adquirir un tractor y una picadora de raíces, para beneficio de la comunidad.

4.3.2 Proyecto de recuperación de especies arbóreas nativas en peligro de extinción.

Los grupos indígenas asentadas en los resguardos de Umapo y la Victoria, para su subsistencia tradicionalmente han dependido de sistemas de producción extractivos, utilizando el bosque primario y realizando actividades de caza y pesca. Dado que están circunscritos a un área limitada, las reservas de bosque se han agotado con el transcurso

del tiempo y muchas de las especies vegetales, particularmente frutales y maderables, están desapareciendo de los resguardos.

El Convenio MADR – CIAT efectuó con éstas comunidades, diagnósticos y ejercicios de planeación participativa, identificando las principales limitantes, oportunidades y acciones, para asegurar la subsistencia de éstos grupos humanos.

La pérdida de germoplasma de especies nativas emerge como una seria amenaza para la economía de esas comunidades. Para enfrentar la situación, una de las acciones concertadas es establecimiento de un vivero de frutales amazónicos, como punto de partida para detener la desaparición de especies vegetales.

El proyecto se encuentra en una fase muy inicial y avanza lentamente. Mediante trabajo comunitario se construyeron las instalaciones del vivero y la siembra de los frutales, aportados por la municipalidad de Puerto López.

De la entrevista con el Sr. Marcelino Gaitán, presidente del Consejo Municipal y miembro de la comunidad indígena de Umapo, se resume lo siguiente:

- El resguardo ha recibido del Convenio información técnica sobre suelos y cultivos prioritarios, lo cual es muy valioso porque permite definir, que se puede cultivar y que no.
- Las comunidades recibieron los listados de la base de datos Cufrucol (fichas) que contienen los cultivos potenciales, para seleccionar aquellos que el grupo considere más apropiados.
- Los resguardos están preocupados por el deterioro de los recursos naturales y están dispuestos a trabajar por su conservación. De ésta percepción nació la idea del vivero de frutales.
- En las condiciones tecnológicas actuales, los rendimientos agrícolas obtenidos resultan muy bajos y se necesitan nuevas técnicas de producción para mejorarlos.
- La comunidad está interesada en tecnologías de siembra de yuca en las sabanas, ya que con los métodos actuales, los cultivos presentan rendimientos más bajos que cuando se hacen en el bosque. (conuco) Esto permitiría implementar estrategias más efectivas para la conservación de los recursos naturales.
- Enfatiza en que el mayor reto es trasladar la actividad productiva del conuco a la sabana y plantea que sería importante que CIAT (Convenio MADR – CIAT), les aportara mejores tecnologías. Sostiene que su comunidad posee suficiente mano de obra, pero precisan de nuevas tecnologías y de asistencia técnica.
- Resulta sorprendente de que éstas comunidades indígenas, a pesar del hecho de ser grupos humanos organizados para la acción colectiva, en donde la mayor parte de los

recursos disponibles son comunales, tengan grandes dificultades para poner en marcha y culminar, nuevos proyectos de grupo. Esta percepción es compartida tanto por el concejal indígena entrevistado, como por funcionarios de la Umata local.

- Una explicación posible es que muchos núcleos poblacionales indígenas, tradicionalmente minoritarios y marginados, desarrollaron con el tiempo una mentalidad proclive al paternalismo. Por ésta causa para adelantar cualquier proyecto comunitario, esperan que todos los recursos necesarios sean donados y su compromiso con los proyectos comunitarios es débil, dado que tienen mayor interés en las actividades productivas del conuco individual. Por supuesto esta circunstancia, dificulta en alto grado el trabajo de apoyo a esos grupos étnicos.

4.3.3 Trabajo colaborativo con la UMATA de Puerto López. Dentro del esquema administrativo del municipio, no existe una secretaría de agricultura como tal y por ello muchas de sus funciones se asignaron a la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria. (UMATA)

El Convenio dió un importante apoyo logístico a ésta entidad en temas relacionados con la transferencia de tecnología, la asistencia técnica a grupos de bajos recursos, la planificación de la producción y el uso de tierra. “Este trabajo colaborativo ha ayudado a la UMATA a mejorar sus contactos y actividades con el Ministerio de Agricultura y con Corpoica.” (Dra. Noemí Peñuela, directora Umata, Puerto López, entrevista personal)

En el Proyecto de Maíz Altillanura dirigido a pequeños productores, se involucró activamente la UMATA, a través de su interacción con el Convenio en el tema de planificación del uso de los suelos.

Dentro de los proyectos que adelanta la Unidad, las contribuciones del Convenio han sido importantes: Estudios y mapas de suelos, mediciones de lotes y fincas (GPS), organización de los agricultores y planificación del trabajo. El Convenio aportó facilidades de computación e información (base de datos Cufrucol), para apoyar a los agricultores en temas de costos de producción, rendimientos etc., esenciales para el diseño de proyectos productivos y la toma de decisiones, (Dra. Noemí Peñuela, entrevista personal)

La Umata considera viable y no muy costosa, la posibilidad de trabajar en proyectos de desarrollo de capital social en las comunidades, como una estrategia válida para impulsar la adopción y el cambio técnico.

Dentro del PDM la Umata local recibió la responsabilidad de adelantar los proyectos relacionados con los recursos naturales y la agricultura. En éstas dos áreas las metas del PDM son muy ambiciosas, pero los recursos necesarios para ejecutarlas no están disponibles y la debilidad de la Umata, en términos de recursos operacionales resulta evidente. El Cuadro 7 ilustra la situación.

La adecuada financiación de los diversos proyectos que conforman tanto el PBOT como el PDM, es crucial para ejecutarlos y poder lograr un impacto positivo, significativo y de largo plazo, sobre la producción, productividad, competitividad y los recursos naturales.

Cuadro 7. Evolución de los recursos operativos de la Umata de Puerto López en el corto plazo

Momento en el tiempo:	Recursos disponibles	
	Presupuesto operativo (millones de \$ corrientes)	Recursos humanos (No de técnicos)
Hace cuatro años	40	10
Hoy (2003)	13	2 *

*Adicionalmente cuentan con un estudiante de pasantía de pregrado.

5. Difusión del germoplasma mejorado en la Orinoquia de Colombia y limitantes para su adopción.

El trabajo del Convenio MADR – CIAT y de numerosas instituciones nacionales, ha permitido la liberación de germoplasma mejorado de forrajes, maíz, arroz, soya y yuca, ampliamente adaptado a las condiciones de suelo y clima de la Orinoquia colombiana.

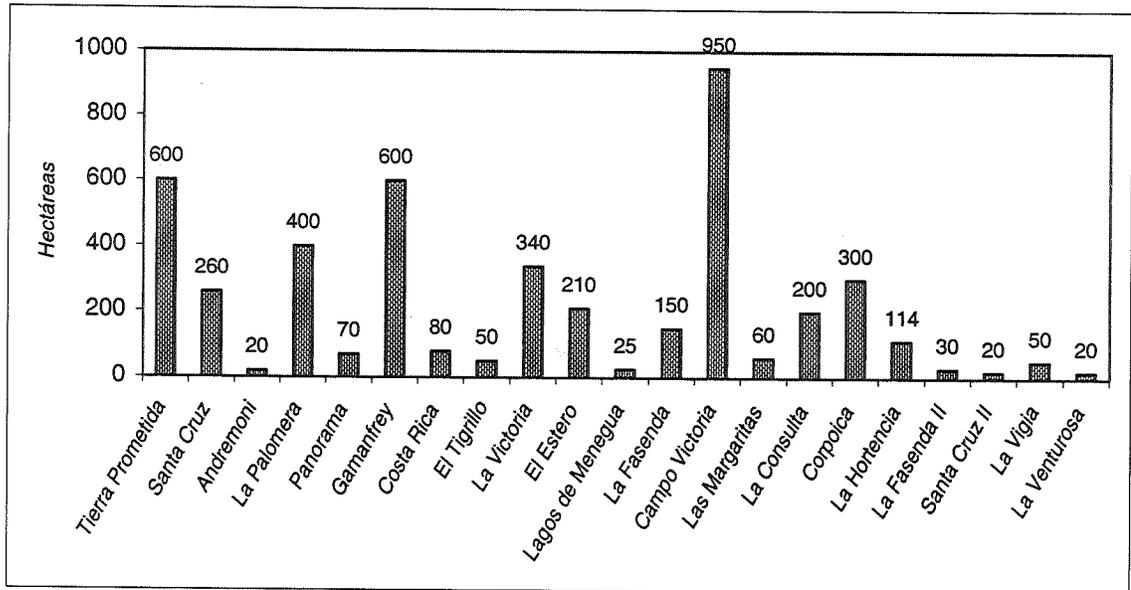
Muchos de éstos materiales ya se encuentran en las fincas de los productores y se espera que a mediano y largo plazo, hagan una contribución importante a la oferta nacional de productos agropecuarios.

Maíz. La adopción de los nuevos materiales de maíz presenta gran dinamismo en el piedemonte y la altillanura. Hace cerca de tres años aparecieron los nuevos híbridos de maíz, resultantes de la investigación, para diversificar la oferta tecnológica. Expertos consultados, estiman que en la actualidad hay aproximadamente 10 mil hectáreas de este cultivo en la región. Se espera un volumen importante de siembras en la estación de lluvias.

La Figura 4 muestra las siembras de maíz programadas en fincas de la Altillanura hacia Enero de 2003. Se considera que en los meses de Febrero y Marzo, las áreas cultivadas crecieron sustancialmente.

Dentro de las proyecciones de siembras no se especifica la variedad de maíz, no obstante se conoció que en la actualidad los materiales más frecuentemente usados son Master (7328 de Syngenta), Corpoica H108 y H111. Con respecto a los híbridos recientemente liberados, algunos productores consultados anotan inconvenientes que están frenando su difusión: 1) Baja uniformidad de las plantas, resultando algunas enanas y otras muy altas, lo cual sugiere que hay problemas con la calidad de la semilla usada por los agricultores y que se requiere más investigación. 2) Alta propensión al volcamiento y 3) Falta conocimiento del manejo de su fertilización.

Figura 4. Siembras de maíz en la Altillanura, en 22 fincas de Puerto López Programadas para el primer semestre de 2003



Fuente: Cifras recopiladas por la Secretaría Técnica de la Cadena Regional de Alimentos Balanceados

Los esfuerzos del Ministerio de Agricultura y el trabajo del Convenio, han logrado revertir en la región las fuertes tendencias declinantes del área sembrada y de la producción de maíz, que se observaron durante el período 1991-1998, como se ilustra en las Figuras 5 y 6.

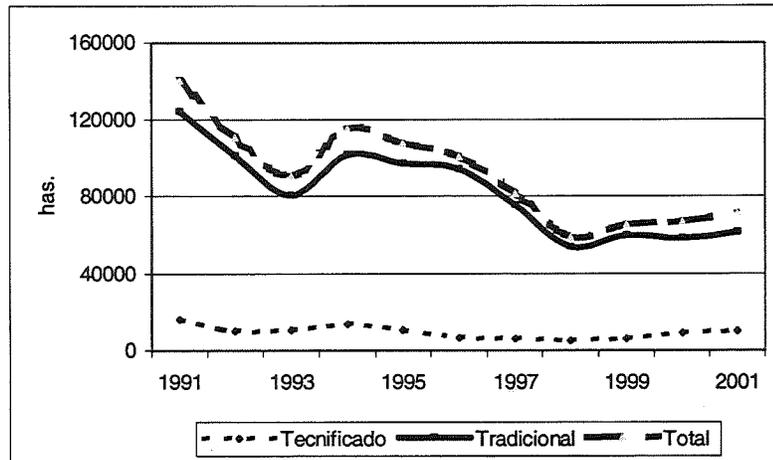
Desde 1998 las superficies cultivadas con maíz, comenzaron a recuperarse, luego de un prolongado período de declive.

La producción maicera regional sigue el mismo comportamiento de las áreas cultivadas y experimenta una leve recuperación a partir de 1998. (Figura 6)

Se aprecia una marcada brecha tecnológica entre los dos sistemas de producción de maíz, el tradicional que en 2001 aportaba el 67% de la producción regional y el tecnificado con una contribución del 33%. En 2001 esa brecha de rendimientos equivalía a 2.6 tm. con tendencia a incrementarse a lo del tiempo. (Figura 7)

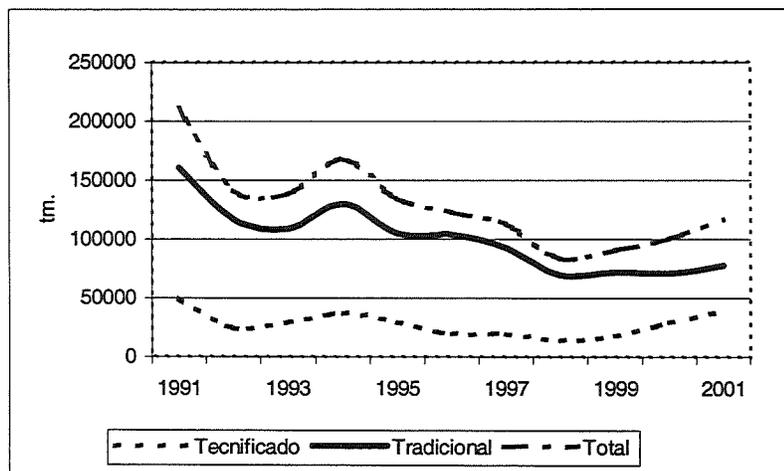
Reducir la brecha de productividad y elevar los rendimientos de los dos sistemas de producción de la región, es uno de los principales retos del futuro.

Figura 5. Áreas cultivadas de maíz en los Llanos y la Amazonia de Colombia.
1991-2001



Fuente: Cifras basadas en MADR, Anuario Estadístico

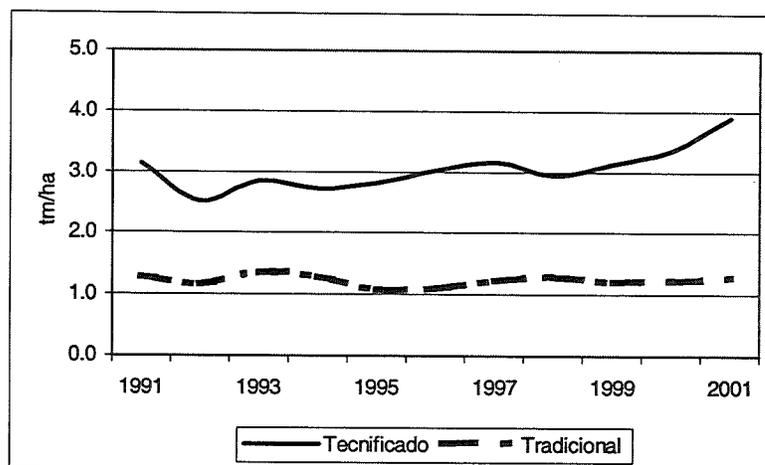
Figura 6. Producción de maíz en los Llanos y la Amazonia de Colombia:
1991-2001



Fuente: Cifras basadas MADR, Anuario Estadístico

Se debe enfatizar que para una adecuada conservación de los suelos y de la productividad en ésta zona, es imperativo trabajar con los conceptos de capa arable, empleando los sistemas rotacionales de cultivos y de pasturas. La experiencia empírica demuestra que el monocultivo permanente en los suelos de los Llanos no es sostenible.

Figura 7. Brecha de productividad entre sistemas de producción de maíz en los Llanos y la Amazonia de Colombia. 1991-2001

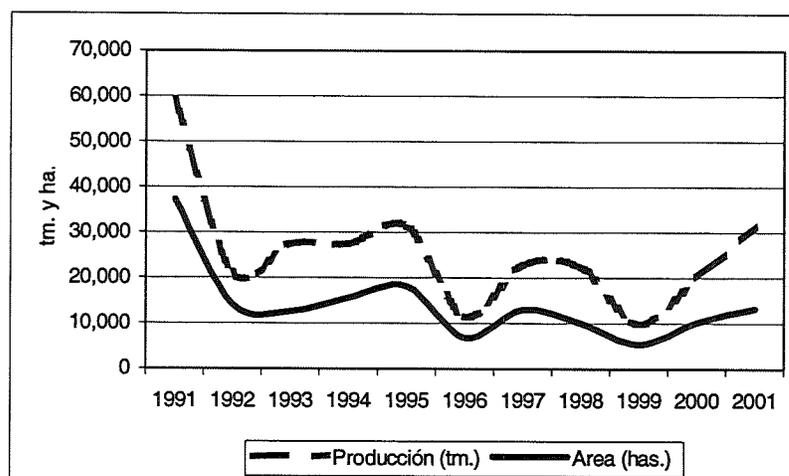


Fuente: Cifras basadas en MADR, Anuario Estadístico

Soya. Esta leguminosa surge como una de las alternativas promisorias para la expansión de la producción agrícola regional, en especial, dentro de nuevos sistemas agropecuarios más intensivos y tecnificados, con diversos componentes de cultivos y de pastos, en múltiples rotaciones, como parte de una estrategia para el mejoramiento de los suelos de la región.

El cultivo de soya al igual que el de maíz, comienza a recuperarse después de una baja de la producción y de las áreas cultivadas. La producción regional (Llanos y Amazonia) cayó de 59 mil a 10 mil toneladas en el período 1991-1999. Actualmente se aprecia un creciente avance de las siembras, que deriva en alzas de la producción. (Figura 8)

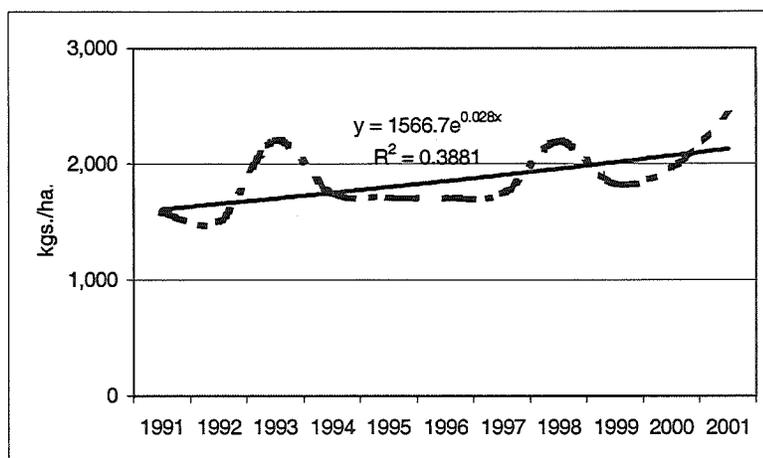
Figura 8. Producción y áreas cultivadas de soya en los Llanos y la Amazonia de Colombia 1991 - 2001



Fuente: Cifras basadas MADR, Anuario Estadístico

Si bien los rendimientos promedios del cultivo a escala regional son modestos, se nota una tendencia al alza. En 2001 el promedio regional llegó 2.4 tm/ha. (Figura 9)

Figura 9. Rendimientos del cultivo de soya en los Llanos y la Amazonia de Colombia 1991- 2001



Fuente: Cifras basadas en MADR, Anuario Estadístico

En los municipios de Villavicencio y Puerto López hay agricultores plantando soya con muy buenos resultados. Con aplicaciones de 2 tm/ha de cal y 300 kg de yeso, se pueden lograr rendimientos de entre 2.8 y 3 tm/ha.

Muchos de los productores entrevistados plantearon la necesidad de desarrollar nuevo germoplasma de soya apropiado para la región. La variedad más utilizada es la P34, que no tiene resistencia a las principales plagas y enfermedades que atacan el cultivo.

Con respecto a los últimos materiales de soya, liberados por Corpoica, anotan que su uso es muy restringido, debido a las dificultades para obtener la semilla. La soya en ésta parte de Colombia, es reconocida como un cultivo promisorio y rentable que ofrece ventajas para mejorar los suelos y como un componente apropiado en las rotaciones con otros cultivos como arroz y maíz.

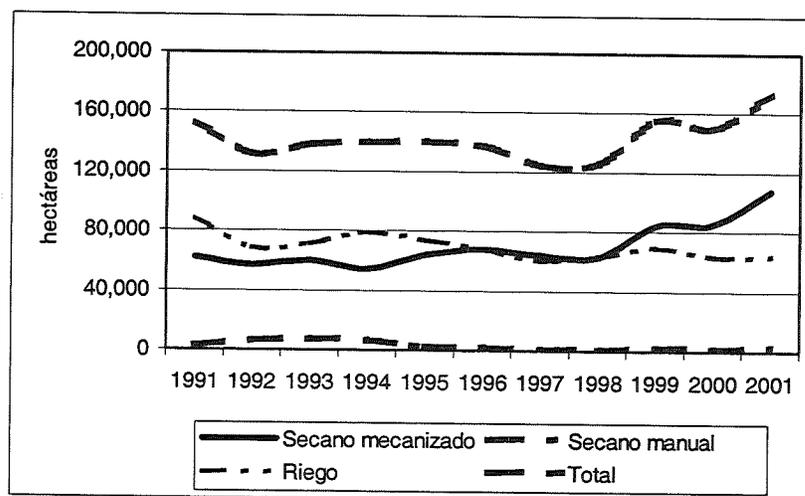
Algunos agricultores plantearon la necesidad de hacer investigación en variedades de soya de ciclo corto. El patrón de rotaciones tradicional es maíz en el primer semestre y soya en el segundo. Con variedades de soya más precoces, podría efectuarse la rotación soya – maíz, que propicia un uso más adecuado de los recursos y minimiza los problemas de malezas.

En las visitas al campo se observaron algunos ensayos de productores que utilizan la siembra directa en la sabana nativa. Se visitó una plantación de 20 has de soya, cultivadas de ésta forma. Se espera que la aplicación de ésta técnica a gran escala, ayude al mejoramiento y conservación de los recursos de suelos, a reducir los costos de producción, conservando al mismo tiempo los niveles de productividad.

De ser exitosa una estrategia de ésta naturaleza, ayudaría a mejorar sustancialmente la competitividad del cultivo en la región de interés.

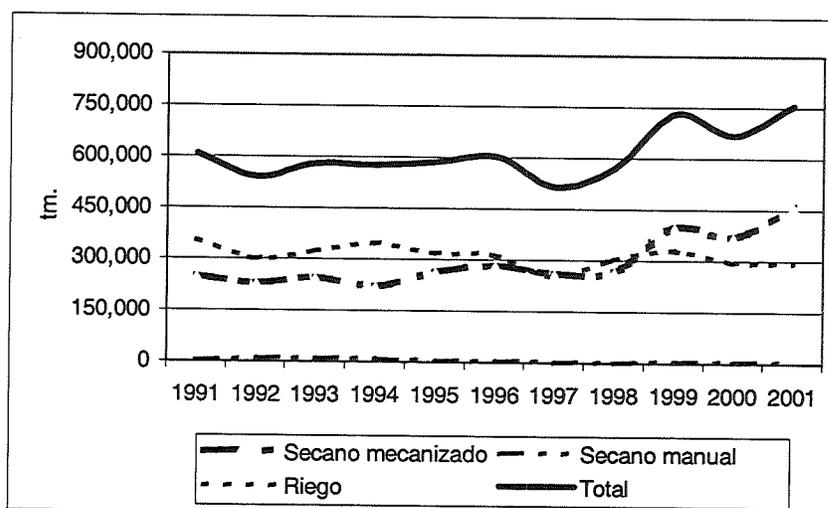
Arroz. Es un producto es básico en la economía regional y a pesar de la crisis generalizada del agro nacional desde comienzos de la década del 90, en los Llanos Orientales mantuvo sus áreas más o menos constantes durante el período crítico de 1991-1997. A partir de 1998, se observa un crecimiento sostenido de las áreas plantadas y de la producción. (Figuras 10 y 11)

Figura 10. Áreas cultivadas con arroz en los Llanos y la Amazonia de Colombia: 1991 - 2001



Fuente: Cifras basadas en MADR, Anuario Estadístico

Figura 11. Producción de arroz en los Llanos y la Amazonia de Colombia 1991 - 2001



Fuente: Cifras basadas MADR, Anuario Estadístico

Según el MADR de Colombia, se identifican tres sistemas de producción de arroz en los Llanos y la Amazonia. En 2001 la superficie cultivada según sistema, se distribuyó así: secano manual 1.5%, secano mecanizado 62% y arroz irrigado 36.5%. La producción arrocerera regional se distribuye de forma similar. (Cuadro 8)

Cuadro 8. Distribución de la producción de arroz en los Llanos y la Amazonia de Colombia: 2001

Sistema de producción	Producción (000 tm.)		Área cultivada (000 tm.)	
	Total	%	Total	%
Secano manual	4.1	0.5	2.6	1.5
Secano mecanizado	459.7	60.8	107.5	62.0
Irrigado	292.4	38.7	63.4	36.5
Total	756.2	100.0	173.5	100.0

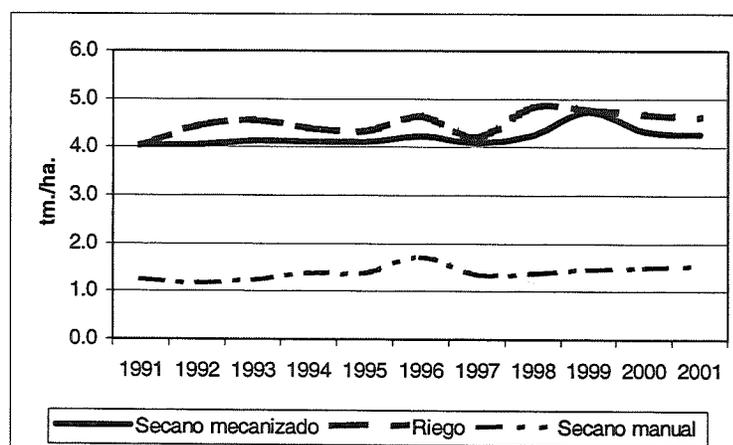
Fuente: Cifras basadas en MADR, Anuario Estadístico

El sistema tradicional, denominado secano manual, tiene escasa relevancia en cuanto a producción y área cultivada. En las zonas más marginales, de frontera agrícola, cumple el rol de cultivo pionero o introductorio de las actividades agropecuarias. Es típico de pequeños campesinos y colonos de muy bajos recursos y precaria disponibilidad tecnológica, que aporta un flujo de efectivo que financia la producción, en situaciones donde el acceso al crédito es inexistente.

Los sistemas irrigado y secano mecanizado favorecido, están muy conectados con los mercados, presentan niveles tecnológicos en el rango de medio a alto y se caracterizan por el elevado uso de insumos comprados. Ellos aportan el grueso de la producción regional, 99.5%.

Existe una pronunciada brecha tecnológica entre los sistemas de producción arrocerera, que se expresa claramente en las diferencias observadas en rendimientos. En 2001 la brecha entre el irrigado y el secano manual equivalía a 3.1 tm. (Figura 12)

Figura 12. Brecha de productividad entre sistemas de producción de arroz en los Llanos y la Amazonia de Colombia. 1991 - 2001



Fuente: Cálculos basados en MADR, Anuario Estadístico

La adopción de los materiales de arroz producidos por el Convenio MADR – CIAT, ha sido masiva y constituye uno de los factores claves, para mantener los altos niveles de rendimiento promedio del cultivo en ésta zona de Colombia y para impulsar la expansión de la producción en años recientes. En 2001 se estimaba que el 69% del área arroceras de los Llanos, estaba conformada por variedades liberadas con la contribución del Convenio. (Rivas L., 2002)

Entre las variedades de arroz lanzadas con apoyo del Convenio están Fedearroz 50, Oryzica Yacu 9, Colombia XXI, Fedearroz 2000, Fedearroz la Victoria 1 y 2, Progreso 4-25, Impoarroz 15-50. Debido a su rendimiento y resistencia a *Pyricularia*, Fedearroz 50 se ha difundido muy rápidamente en los Llanos y ocupa la mitad de las superficies cultivadas. Los beneficios del uso de los materiales mejorados de arroz son de naturaleza económica y ambiental. Los primeros se relacionan con el incremento de la productividad y con el ahorro de gastos en agroquímicos, y derivan en reducciones de los costos unitarios de producción y en mayores ingresos para los productores. (Cuadro 9)

Los segundos están asociados con un uso limitado y más racional de plaguicidas e insecticidas, como resultado de la adopción de variedades resistentes, lo cual tiene un claro impacto sobre la salud de los ecosistemas.

Cuadro 9. Impacto económico del uso de variedades del Convenio MADR – CIAT en Colombia y los Llanos Orientales

Variedad	Valor presente de la producción adicional (US\$ millones) 1/ 2/ (i=10%)	
	Colombia	Llanos Orientales
Fedearroz	62.7	21.6
Impoarroz 15 – 50	26.0	20.8
Oryzica Yacu 9	24.1	2.9
Fedearroz 2000	23.6	2.4
Fedearroz La Victoria 1 y 2	20.0	2.0
Progreso 4 -25	12.6	10.0
Colombia XXI	5.6	0.6
Selecta 3 – 20	5.3	2.9
Total	179.8	63.1

Valor presente en un horizonte de 10 años a partir de la liberación de la respectiva variedad. Fuente: Rivas L. (2002)

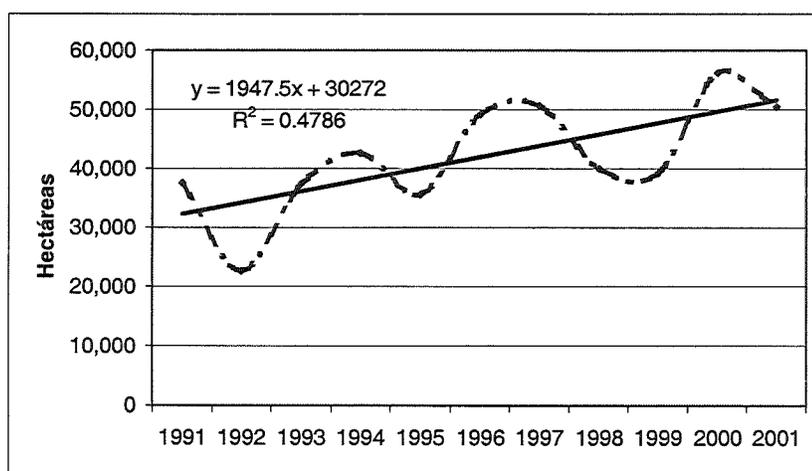
Yuca. Si bien el cultivo de yuca no está explícitamente incluido dentro del Convenio MADR – CIAT 071 de 1998, al que se circunscribe la presente evaluación, se trata de una actividad típica de la región, que representa una opción económica importante para los productores, como monocultivo o dentro de sistemas mixtos que involucran mezclas y rotaciones de cultivos. Adicionalmente, otros Convenios de Cooperación Técnica entre MADR y CIAT, han venido trabajando en temas de mejoramiento y utilización de la yuca en Colombia y los Llanos Orientales.

Este tubérculo es una de las alternativas productivas más atractivos para agricultores pobres, con recursos limitados en cantidad y calidad.

Aparte de ser un producto de consumo humano, los usos en la industria y en la alimentación animal, abren buenas perspectivas para tecnificar la producción yuquera en esta parte del país.

Las observaciones recientes de las superficies sembradas muestran un patrón cíclico con tendencia al alza. Las variaciones de las siembras en yuca, son menos pronunciadas que las detectadas en otros cultivos en los Llanos y la Amazonia. (Figura 13)

Figura 13. Áreas cultivadas de yuca en los Llanos y la Amazonia de Colombia: 1991 -2001



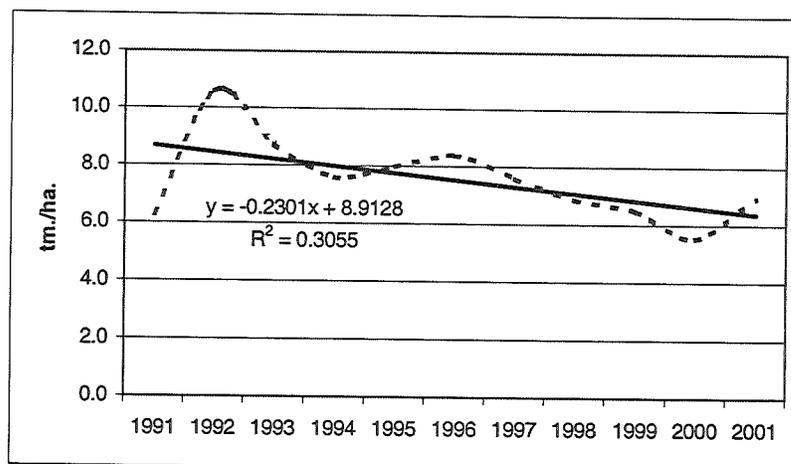
Fuente: Cifras basadas MADR, Anuario Estadístico.

Los rendimientos para la región en conjunto, presentan una marcada tendencia a la baja. (Figura 14) Se aprecian grandes diferencias y fluctuaciones de rendimientos entre los diferentes departamentos que conforman esta extensa región de la geografía nacional. Las mayores productividades aparecen en Arauca, Vaupés y Meta, situándose por encima de 10 tm/ha. Por el contrario, Amazonas sobresale por su bajísimo nivel de productividad, 3 tm./ha (Cuadro 10)

En las zonas más marginales de los Llanos y la Amazonia, predominan los sistemas artesanales de producción de yuca, con empleo mínimo de insumos comprados y utilización de variedades tradicionales, que resulta en muy bajos rendimientos promedios por hectárea para toda la región. (Figura 14)

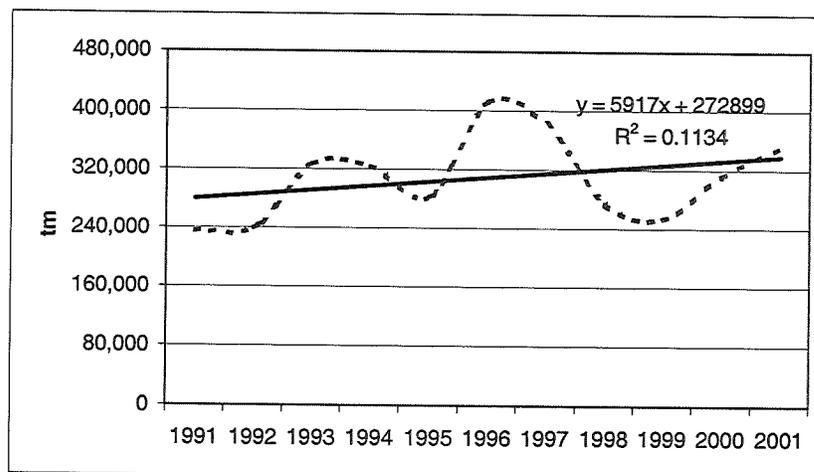
Aunque las superficies cultivadas con yuca en el área objetivo tienden a crecer, ésta tendencia es neutralizada en gran medida por la pérdida de productividad del cultivo. En el período 1991-2001 el área cultivada total creció a una tasa anual promedia del 5%, la producción al 2.1%, en tanto que la productividad (producción/hectárea) se redujo a una tasa anual de -2.9%. (véase Figuras 13, 14 y 15)

Figura 14. Rendimientos promedio del cultivo de yuca en los Llanos y la Amazonia de Colombia 1991 – 2001



Fuente: Cifras basadas en MADR, Anuario Estadístico

Figura 15. Superficies cultivadas con yuca en los Llanos y la Amazonia de Colombia 1991 – 2001



Fuente: Cifras basadas en MADR, Anuario Estadístico

El reto en el cultivo de yuca es incrementar y estabilizar sus rendimientos, para mejorar su competitividad en los usos industriales alternativos.

El empleo a gran escala de las nuevas variedades de alto rendimiento y resistentes a las principales plagas y enfermedades, es un requisito indispensable para lograr éste propósito. La mayor eficiencia en los procesos de transformación de la yuca, constituye un complemento necesario al mejoramiento tecnológico de la producción primaria.

Cuadro 10. Rendimientos del cultivo de yuca en los Departamentos de los Llanos y la Amazonia de Colombia: 1991 -2001

Año	Amazonas	Arauca	Caquetá	Casanare	Guainía	Guaviare	Meta	Putumayo	Vaupés	Vichada
1991	3.0	12.8	9.7	10.0	5.0	12.0	7.6	13.0	15.0	9.0
1992	3.0	19.3	7.0	6.5	5.0	12.0	13.0	9.9	15.5	6.0
1993	3.0	17.8	10.3	14.9	5.0	12.0	11.0	11.5	16.0	9.0
1994	4.0	12.5	7.2	10.7	1.5	12.0	11.6	10.4	13.0	10.5
1995	3.0	12.7	10.3	11.6	5.5	12.2	11.3	8.2	11.5	11.0
1996	3.0	12.4	11.3	10.4	3.9	9.0	12.1	9.4	13.0	11.0
1997	3.0	12.1	8.7	9.9	5.5	8.8	11.3	8.8	13.0	11.0
1998	3.0	11.2	8.4	11.0	4.1	7.1	10.6	8.9	8.5	13.6
1999	2.2	12.3	8.1	9.1	3.7	6.6	10.6	7.7	10.0	13.0
2000	2.5	12.1	8.2	11.7	3.8	8.2	11.2	9.5	23.7	13.6
2001	3.7	12.6	7.8	14.5	3.8	6.4	15.0	9.5	17.4	13.3
Promedio	3.0	13.4	8.8	10.9	4.3	9.7	11.4	9.7	14.2	11.0
Tasa anual de crecimiento (%)	-0.8	-3.0	-0.9	2.3	-1.2	-7.1	2.3	-2.9	0.3	6.2
Coefficiente de variación (%)	15.4	20.1	16.0	19.5	28.2	23.6	12.3	16.2	29.3	21.5

Fuente: Cálculos basados MADR, Anuario Estadístico.

Por la marcada estacionalidad de las lluvias en la región, solo en ciertas épocas se puede secar la yuca al sol, por consiguiente para estabilizar a través del año la producción de producto seco, es necesario implementar esquemas de secado artificial, que resulten económicos. El establecimiento de plantas de secado y picado que acopien y procesen la producción de yuca fresca de grandes áreas productoras, podría ser una buena alternativa para generar economías de escala, ahorrar costos de transporte y garantizar un mercado estable y permanente, especialmente para los agricultores de bajos ingresos.

Limitantes para la adopción. En términos generales se aprecia que en el Piedemonte y la Altillanura, las siembras de cultivos, particularmente de maíz, arroz y soya, son adelantadas por agricultores de escala mediana a grande, con adecuado empleo de insumos, maquinaria y equipos y quienes tienen acceso a financiación formal o informal. Las estructuras de costos de producción que aparecen en el Cuadro 11, muestra claramente que se requiere un importante capital de trabajo para establecer cultivos a escala comercial significativa, en ésta zona del país. Los costos de producción para los cultivos evaluados están en el rango \$1.3 a \$3 millones por hectárea.

La información sobre la rentabilidad de los cultivos indica que se encuentra en el rango de mediana a alta (Cuadro 11). Se destacan la yuca, el maíz y la soya como cultivos de alta rentabilidad. Este atributo fue citado reiteradamente por los productores de menores recursos, para justificar su inclinación por cultivar yuca. El arroz presenta la menor rentabilidad, es un cultivo tradicional de la región y ocupa la mayor cantidad de área. En 2001 en los Llanos y la Amazonia, arroz ocupaba 173.6 miles de hectáreas, maíz 61.1, yuca 50.5 y soya 13.1 miles de hectáreas.

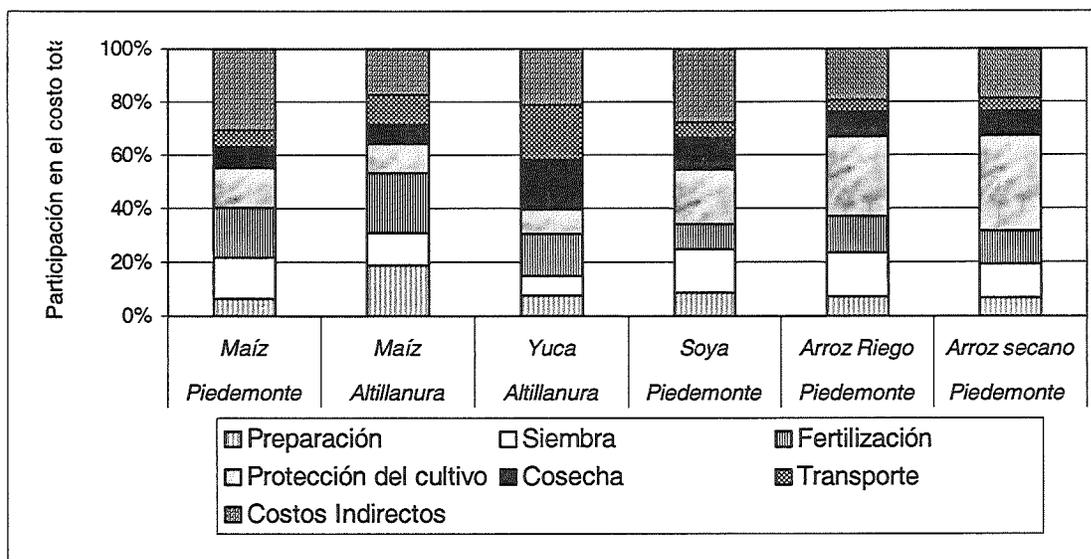
La menor rentabilidad del arroz tal vez pueda explicarse con el hecho de que por ser un cultivo más difundido en la región las rentabilidades tiendan a nivelarse y que en un ambiente más competitivo, desaparecen las ganancias extraeconómicas. Se puede plantear hipotéticamente que la producción agrícola regional, no presenta problemas de rentabilidad y que las mayores dificultades se relacionan con su viabilidad, tanto técnica como financiera, lo cual afecta en mayor medida a los productores de menores recursos.

Aparte del desarrollo de nuevas variedades de alta productividad y con resistencia a diversas plagas y enfermedades, es necesario trabajar en temas agronómicos y de manejo de cultivos, identificando las restricciones más importantes, para diseñar estrategias efectivas que alivien los problemas en éstas áreas de la producción.

Como es de esperar los costos de transporte son críticos cuando la producción se desarrolla en la Altillanura, lejos de los centros de consumo, abastecimiento y procesamiento de las materias primas. En el caso de la yuca fresca, por tratarse de un producto de alto volumen y contenido de agua, este costo representa una proporción importante (20%) del costo total de producción. (Figura 16)

En maíz la fertilización constituye uno de los costos más significativos, ente 19 y 23% del costo total, seguido del de siembra, 12-15% y del de cosecha 11-15%. (Cuadro 11 y Figura 16)

Figura 16. Distribución en porcentaje de los costos de producción de cultivos seleccionados en los Llanos Orientales 2002



En soya y arroz, los costos de protección del cultivo (control de malezas, plagas y enfermedades) implican una fuerte erogación monetaria, entre el 28 y el 30% del costo de producción.

La yuca en su fase de cosecha, emplea intensivamente mano de obra, absorbiendo en esa etapa una fracción significativa del costo total de producción, 19%.

Algunos expertos conceptúan que para mejorar la competitividad del cultivo, una estrategia debería ser buscar alternativas que reduzcan el empleo de mano de obra en la fase de cosecha. Sin embargo es conveniente tener presente el contexto socioeconómico actual en el que se desenvuelve la actividad productiva del país, caracterizado por un alto nivel de desempleo. La generación de empleo en el sector rural implica un alto beneficio social ya que mejora las condiciones de vida de los grupos de población de menores recursos.

Cuadro 11. Costos y rentabilidad de los cultivos en los Llanos: 2002 (000 \$/ha.)

Costos	Maíz		Yuca Altillanura	Soya Piedemonte	Arroz	
	Piedemonte	Altillanura 1/			Riego	Secano favorecido
Preparación del suelo	115	80	130	120	200	180
Aplicación de correctivos		275	53			
Riego					120	
Siembra	260	222	172	216	339	324
Fertilización	319	421	383	126	379	323
Control de malezas	153	62	199	186	492	429
Control de plagas y enfermedades	103	141	12	89	349	507
Cosecha	135	138	461	162	260	246
Transporte	110	208	488	75	128	120
Total costos directos	1195	1547	1897	974	2267	2130
Total costos indirectos	523	318	505	374	536	487
Costo total por ha.	1718	1865	2403	1348	2803	2617
Rendimiento (tm/ha)	4.5	4.8	20.0	2.0	5.3	5.0
Costo por tm.	382	405	120	674	529	523
Precio de venta (000 \$/tm.)	466	466	150	785	550	550
Ingreso bruto (0000 \$/ha.)	2097	2144	3000	1570	2915	2750
Ingreso neto (000 \$/ha.)	379	279	597	222	112	133
Rentabilidad (%)	22	15	25	16	4	5

1/ Promedio para un ciclo de cultivo de 3 años

Fuente: Cálculos basados en cifras de la Secretaría Técnica de Cadenas Productivas: Consenso del Comité Temático de Costos, Villavicencio y CIAT, Proyecto de Yuca

Reiterando, en la Altillanura y el Piedemonte, las siembras de maíz, soya, arroz, yuca y de cultivos en general, son adelantadas por agricultores de escala mediana a grande, que poseen un adecuado volumen de capital propio y acceso al mismo a través del sistema financiero formal e informal. Cuentan con disponibilidad oportuna de maquinaria para labores de siembra y de cosecha y desarrollan algunas prácticas culturales más sofisticadas, tales como el tratamiento de la semilla antes de la siembra. Entre éstos productores, el concepto conservacionista del uso de los suelos, gana cada día más adeptos.

Es creciente el interés y la preocupación en la región en lo concerniente al manejo y uso de los recursos de tierras. Muchos de los productores efectúan análisis de suelos, con el fin de aplicar esquemas de fertilización más eficientes. Al parecer uno de los grandes problemas que enfrentan, es el ajuste de los niveles de fertilización. Se argumenta que con respecto a los nuevos cultivares, su siembra y manejo, en general se suministra adecuada información, pero que existe un déficit marcado en el tema de manejo de la fertilización.

Los métodos de labranza mínima, utilizados por algunos agricultores, resultan muy eficaces para minimizar los daños al suelo provocados por el uso agrícola. No obstante, algunas personas opinan que debido a ésta práctica, ha proliferado la plaga del chinche, como consecuencia de que todo el tamo permanece en el lote. Otros agricultores acotaron que deben utilizar la labranza convencional debido a serias dificultades para controlar las malezas.

Una manera de impulsar la difusión a gran escala de la labranza mínima, es impulsar el diseño de sembradoras y equipos apropiados, que permitan adelantar la práctica más eficientemente.

En el tema de la financiación de la producción algunos agricultores indicaron que ésta es en uno de los principales cuellos de botella para trabajar en la región. Se argumenta que ya existe tecnología adecuada que permitiría lograr reducciones significativas en los costos de producción, pero que los productores, particularmente los de menores recursos económicos, tienen muchas dificultades para acceder al crédito institucional. Problemas de burocracia y tramitología frenan el flujo de este crédito hacia los productores más marginales.

El crédito informal, si bien suple las necesidades, resulta oneroso, ya que frecuentemente está amarrado a la compra de insumos y a la venta de la producción a quien lo suministra, bajo condiciones de precio, calidad etc., estipuladas por el prestamista.

La formación de capital humano, de operarios y trabajadores calificados, para el manejo de equipos y la ejecución de las labores agrícolas, se visualiza como una prioridad regional para un futuro muy próximo. Algunos agricultores manifiestan que ya tienen dificultades para contratar personal con el adecuado nivel de adiestramiento. Si se impulsa un desarrollo productivo de gran magnitud en los Llanos y la Amazonia, la demanda por trabajadores agrícolas crecerá muy rápido, y en consecuencia es prioritario

emprender desde ya, el diseño e implementación de planes y programas de capacitación de trabajadores agrícolas.

Otro gran limitante para la adopción en gran escala del nuevo germoplasma en los Llanos y la Amazonia, es la escasa disponibilidad para los agricultores, de semilla de las variedades liberadas, lo que es particularmente más notorio, cuando se trata de materiales forrajeros. El Convenio MADR – CIAT en el caso de los forrajes, ha realizado esfuerzos para aliviar ésta situación, y es así como ha establecido acuerdos con la industria privada, para multiplicar y comercializar semilla, por ejemplo en el caso del híbrido de *Brachiaria* cv. Mulato, liberado en 2003.

En este campo se requiere mayor participación de la industria privada productora de semilla, para cubrir la en crecimiento. Podría ser viable la implementación de un sistema de concertación entre el sector público y el privado, que mediante diversos estímulos económicos promueva la entrada del sector semillerista.

En yuca se liberaron nuevos materiales, pero su proceso de difusión se ha frenado por falta de semilla limpia para los demanda agricultores. Técnicos del CIAT que trabajan en la zona, informan que en muy corto tiempo, recibieron gran cantidad de solicitudes de semilla. (entre 50 y 60 personas)

Un peligro potencial es la producción de semilla por parte de los productores, sin los debidos controles sanitarios. Esto puede aumentar la incidencia de enfermedades como el cuero de sapo, que tiende a convertirse en endémico en la región.

En las comunidades visitadas se utilizan los materiales de yuca tradicionales, destacándose la variedad conocida como “la brasilera”. Las personas entrevistadas mostraron particular interés en el empleo materiales mejorados de mayor rendimiento y calidad, ya que con frecuencia, problemas asociados con éstas dos variables merman severamente sus ingresos.

Un rápido sondeo entre un pequeño grupo de agricultores de la comunidad de El Turpial (Puerto López), para auscultar su interés en participar en un nuevo proyecto piloto de evaluación y difusión de variedades mejoradas de yuca, arrojó las siguientes respuestas:

¿Con variedades mejoradas de yuca de alto rendimiento, cuántas hectáreas, estaría Ud. dispuesto a sembrar?

Agricultor	Respuesta (has)
1	Toda el área disponible (3 has.)
2	2
3	1
4	1*
5	2**

* solicita semilla y asistencia técnica

** Como parcelas demostrativas para la comunidad

Los grupos de pequeños productores de Puerto López manifestaron interés en trabajar con nuevos cultivos como arroz, yuca, cítricos, papaya, maracuyá, soya, pero anotan que aparte de los problemas de comercialización, la falta de maquinaria es la restricción más importante.

La variedad de arroz Línea 30, es un material con alto potencial y gran demanda, que requiere menos correctivos del suelo que cuando se siembra maíz (500 Kg/ha. de cal frente a 2 tm./ha.), pero según la opinión de algunos técnicos que trabajan en la región, es muy lenta su difusión por la baja disponibilidad de semilla.

Los nuevos materiales de soya liberados por Corpoica han sido exitosos. Si bien el Convenio no ha trabajado en el mejoramiento de ésta leguminosa, ella representa un componente importante, dentro de sistemas agrícolas mixtos, que incluyan rotaciones para construir capa arable.

Se nota un creciente interés por la conservación del suelo y por las nuevas técnicas de construcción de capa arable, impulsadas por el Convenio, las que han tenido gran receptividad. Se ha hecho un importante esfuerzo de divulgación de nuevos métodos de manejo del suelo, a través de la capacitación de técnicos y productores. En el período 1995 – 2003, un total de 210 personas fueron entrenadas en métodos de manejo sostenible de los suelos de los Llanos, en un trabajo interinstitucional que incluye a Corpoica y a la Universidad de los Llanos.

Entre los problemas detectados en las entrevistas y visitas al campo y que dificultan la modernización del sector agropecuario regional está la precaria y deteriorada red vial, que frecuentemente se torna intransitable, incrementando el tiempo y los costos de transporte. La carencia de información relevante de carácter económico, (rendimientos, precios, costos, beneficios) que facilite la toma de decisiones es otra de las barreras a la adopción citada por algunos de los entrevistados. Las restricciones coyunturales al transporte y a la venta de combustibles, debido a situaciones de control del orden público, dificultan las operaciones agropecuarias y frenan la inversión para aplicar técnicas de producción más avanzadas.

Algunos agricultores, que adelantan cultivos tecnificados a gran escala evidencian problemas de cobertura de los suelos, los que quedan expuestos durante largos períodos, induciendo procesos erosivos, que pueden convertirse a corto plazo, en un grave problema ambiental y económico. Por esta circunstancia, se visualiza una creciente demanda potencial de cultivos de cobertura, que tengan atributos de alta rusticidad, sistemas radiculares fuertes y alta capacidad para competir con las malezas. La leguminosa *Desmodium heterocarpum* cv. Maquenque, liberada por el Convenio MADR – CIAT, es un una excelente opción, por su desempeño como cultivo de cobertura.

En las entrevistas con técnicos y productores se constata que existe cierta preocupación por la tendencia creciente, hacia el uso indiscriminado y excesivo de agroquímicos tóxicos, que afectan negativamente la fauna benéfica y los ecosistemas. Por ejemplo, se menciona que se están utilizando venenos que atacan el sistema nervioso de los insectos y

que ponen en peligro la salud humana. Es un tema en el que habría que profundizar y recabar información en mayor detalle, para analizar y evaluar la magnitud del problema y diseñar estrategias de control de la situación.

Los procesos de adopción del germoplasma mejorado aportado por el Convenio MADR - CIAT para el área objetivo, se han iniciado, pero son incipientes. Es preciso continuar su seguimiento, como paso previo para mejorar la estimación del impacto real.

Se puede decir que la adopción está avanzando de dos formas. Por un lado los productos obtenidos tales como las herramientas y las técnicas de planificación y evaluación, se entregaron formalmente al gobierno nacional, para su distribución y empleo por diferentes instituciones y grupos de toma de decisiones. Es una difusión del tipo “scaling up”, donde el trabajo con las instituciones es la base de la difusión.

La otra clase de difusión está asociada con los materiales genéticos mejorados, donde el principal interés radica en su difusión y adopción a escalas significativas, en las fincas de la región. Esa adopción es del tipo conocido como “scaling out”. Se obtuvieron evidencias y testimonios que indican que los nuevos materiales, han tenido un despegue promisorio en el área de referencia. Se espera que superadas las limitaciones actuales de disponibilidad de semilla, la adopción de los nuevos materiales genéticos tenga mayor dinámica y cobertura.

A mediano y largo plazo y a medida que el ritmo de crecimiento regional se incremente, se mejore la red vial, las condiciones crediticias y la infraestructura de almacenamiento, se puede esperar que ésta región, se convierta en la de mayor crecimiento agropecuario del país, en las próximas décadas. Es muy factible un escenario, en donde se produzca una relocalización de la producción agrícola nacional (tal como sucedió en los Cerrados del Brasil), en el cual muchas actividades productivas emigren hacia los Llanos y en menor medida a la Amazonia, y queden en el resto del país áreas libres para emprender otras opciones productivas.

6. Externalidades hacia otras regiones de Colombia

Se anotó que el sitio de referencia, dentro del esquema de investigación desarrollado, cumple un rol de laboratorio de campo, que permite evaluar y validar en el mundo real, las nuevas propuestas tecnológicas y metodológicas.

Como se trata de un sitio representativo de las condiciones generales de los Llanos colombianos, se espera que los productos técnicos desarrollados, se puedan aplicar directamente o con pocos ajustes en otros lugares de la Orinoquia.

Algunos de los productos técnicos pueden ser transferidos directamente o con ajustes, a otras regiones del país, distintas a los Llanos Orientales. Este fenómeno es conocido en la literatura económica como efectos de desborde, externalidades (spillover) o transferencia de la tecnología a otras regiones.

En el Encuentro Nacional de Usuarios de Herramientas SIG para la toma de Decisiones en Planificación Rural y Ordenamiento Territorial, efectuado en la sede del CIAT en Palmira, en Noviembre de 2002, se presentaron algunos casos de aplicación de las herramientas diseñadas por el Convenio, en otras áreas geográficas y en varios casos, con fines diferentes a los previstos. En el Cuadro 12 se incluyen algunos de ellos. Resalta el hecho de de varias metodologías ya se están usando en otras zonas de Colombia.

7. Conclusiones

El estudio realizado incluyó dos objetivos específicos: monitorear el trabajo del Convenio MADR – CIAT en el sitio de referencia de Puerto López y dar una visión muy general, del status de la adopción del nuevo germoplasma en los Llanos y la Amazonia, tratando de identificar las principales restricciones a la adopción.

Dentro del trabajo del Convenio MADR – CIAT el sitio de referencia de Puerto López se ha constituido en el laboratorio de campo, donde se han probado las diversas metodologías y tecnologías propuestas para la Orinoquia nacional.

Debido al enfoque de sitio de referencia, el esfuerzo se concentró en Puerto López. Se espera que los resultados logrados sean extrapolables a otras zonas del área objetivo y del país. Algunas herramientas SIG y metodologías de planificación participativa ya se están utilizando con éxito en otras regiones como los Santanderes, la Costa Norte, el Valle del Cauca y la Amazonia.

Las herramientas de planificación y evaluación se han probado a diferentes niveles: desde el contexto más agregado del municipio o vereda hasta el nivel micro de la finca o la parcela.

En el tema de planificación los logros más sobresalientes tienen que ver con la participación del Convenio en la formulación de los planes de ordenamiento territorial y de desarrollo del municipio de Puerto López. La contribución a esos planes involucra aportes de información cartográfica y de técnicas para su manejo, metodologías de planificación participativa y fortalecimiento de la capacidad local, mediante el adiestramiento de personal técnico.

Dentro de las esferas político – administrativas de Puerto López (alcaldía, concejo municipal) se da alta valoración a los aportes del Convenio, por la reducción de los costos de la planificación, la mayor eficiencia en la formulación de los planes y la amplia participación de los diversos estamentos sociales del Municipio.

No obstante, inquieta que los mencionados planes no estén acompañados de la asignación presupuestal correspondiente, por lo cual su ejecución no está garantizada. Es relevante que los procesos de planificación se desarrollen de forma más técnica y científica, para asegurar una eficiente asignación de los recursos sociales.

Cuadro 12. Aplicación de herramientas producidas por el Convenio MADR – CIAT en otras regiones de Colombia

Título	Región, Departamento	Presentador	Institución	Metodología usada
Ordenamiento territorial a escala de predio rural: Aplicación a finca ganadera de la Altillanura	Llanos Meta	César Guevara	Corpoica Universidad Nacional	Teledetección SIG Map Maker
Formulación del Plan de Desarrollo Zonal del Corregimiento de Mata de Maíz, municipio de Valencia	Costa Norte Córdoba	Delimiro Durango	Planeación Municipal	Planificación participativa con base en visión común de futuro
Aplicación de herramientas metodológicas CIAT en los Planes de Ordenamiento Territorial del Departamento del Guaviare	Amazonia Guaviare	L. A. Rodríguez	Urpa, Secretaría departamental de agricultura	Metodologías y herramientas para la formulación de los POT's
Programa Agropecuario Municipal (PAM) 2002-2004 del municipio de Pamplonita	Oriental Norte de Santander	Antonio Morales	Municipio de Pamplonita	Planificación participativa con base en visión común del futuro
Metodología modelo para actualizar el inventario de bienes inmuebles del Municipio de Palmira	Occidental Valle del Cauca	Eliana Cruz	Municipio de Palmira	Map Maker
Implantación de un sistema de información territorial en el Departamento de Santander	Oriental Santander	Gladys Jaimes	Secretaría Planeación Departamental	Sistemas SIG aplicados al POT, Map Maker
Plan de modernización y desarrollo de la Universidad de los Llanos	Llanos Meta	Sonia Pabón	Universidad de los Llanos	Planificación participativa: Visión común de futuro
Formación ambiental de líderes para el ordenamiento ambiental del territorio: Experiencia de un proceso en el DMI Ariari –Guayabero del AMEM y el PNN la Macarena	Llanos Meta	D. Vanegas	Cormacarena Ministerio del Medio Ambiente CDA	Planificación participativa con base en la construcción de visión común
Uso de los sistemas de información geográfica (SIG en la Universidad Nacional, sede Palmira	Occidental Valle	Fernando Montealegre	Universidad Nacional	Capacitación de CIAT en uso de Map Maker

Sin embargo de no apropiarse oportunamente los fondos necesarios para la ejecución de los proyectos, los beneficios sociales de una planificación más rigurosa, pueden reducirse considerablemente.

Los ejercicios de planificación a escala de predio, representan valiosas herramientas para la toma de decisiones sobre usos del suelo y selección de alternativas de producción. Esto permite, principalmente a los productores más pobres y vulnerables, minimizar los riesgos biológicos y económicos. Ellos requieren asesoría y asistencia técnica para establecer cultivos distintos a los tradicionales y superar las múltiples restricciones no tecnológicas que enfrentan: mercados pequeños, falta o inadecuada red vial, carencia de infraestructura de riego, baja o nula disponibilidad de maquinaria agrícola etc.

En las comunidades visitadas se percibe alta conciencia sobre los beneficios de construir capital social y de la eficacia de la acción colectiva, para promover el crecimiento personal y de la comunidad. En estas veredas ya funcionan diversas organizaciones de productores, para adelantar acciones de beneficio común. Parece claro, que en un mundo económico, cada vez más concentrado en multinacionales y conglomerados económicos, la formación de capital social y la acción colectiva, son herramientas valiosas, para la supervivencia de los grupos sociales con menor poder político y económico.

El Convenio ha impulsado diversos proyectos piloto, que pueden considerarse como puntos de entrada, para la difusión de las tecnologías y metodologías propuestas. Se destaca el proyecto de secado de yuca que tuvo una amplia aceptación en la comunidad del Turpial.

Se trabajó en estrecho contacto con la Umata local, lo cual fortaleció su acción, mejorando el apoyo que brinda a los productores en diferentes campos como son: información y asistencia técnica, diseño de proyectos productivos y organización de trabajos comunitarios.

El movimiento del germoplasma mejorado producto del Convenio debe ser estudiado en mayor profundidad en los próximos años. En la actualidad la adopción de los materiales se encuentra en una fase primaria. Se identifica la escasa disponibilidad de semilla, como la mayor barrera para la difusión de las nuevas variedades, en especial en el caso de los forrajes. Otros problemas de índole no tecnológica, tales como deficiencias en la infraestructura vial y energética, la falta de maquinaria adecuada, el limitado o nulo acceso al crédito institucional, la falta de personal humano calificado, la escasez de información económica y técnica sobre las nuevas opciones productivas, emergen como factores que frenan la adopción.

Se incluye un análisis de la evolución reciente de los cultivos más relevantes en la región: arroz, maíz, soya y yuca. Se concluye que en todos ellos, luego de un período de crisis que duró casi toda la década de los 90, se observan signos de reactivación, en términos de avances de las áreas sembradas y de la producción. Se destaca la rápida difusión y el elevado impacto económico de los materiales de arroz, desarrollados con participación directa del Convenio.

Del análisis de la estructura de costos y de la rentabilidad de los cultivos de la región, surgió la hipótesis de que los problemas de adopción tecnológica se relacionan más con la viabilidad técnica y económica de los proyectos que con su rentabilidad. La viabilidad se relaciona con la disponibilidad de semillas, de adecuada infraestructura de vías y de comercialización, de la existencia de mercados seguros y estables. El nivel de conocimiento de los adoptadores para aplicar exitosamente las nuevas técnicas y las posibilidades de tener acceso oportuno a recursos financieros, también son factores importantes que influyen la viabilidad del cambio técnico.

En los procesos de adopción de los productos del Convenio se pueden vislumbrar dos niveles: 1) Apropiación por parte de instituciones o entidades gubernamentales, principalmente de las metodologías y herramientas, para su utilización y difusión, en un proceso conocido como “scaling up” y 2) Difusión de los productos técnicos en amplias áreas geográficas, principalmente el germoplasma mejorado, en un patrón de expansión conocido como “scaling out”. A partir de estos procesos de difusión, se podrá cuantificar en el futuro el impacto logrado.

8. Referencias

- Fajardo Adriana (2002) Exploración de estrategias de Producción Agrícola de Pequeños Productores y Asociaciones de Campesinos. Estudio de casos en 5 Veredas de Puerto López. Memorias Encuentro Nacional de Usuarios de Herramientas SIG, para la toma de decisiones en Planificación Rural y Ordenamiento Territorial, Palmira, Colombia, 13-15 de Noviembre.
- Gómez Doris (2002). Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Puerto López. Memorias Encuentro Nacional de Usuarios de Herramientas SIG, para la toma de decisiones en Planificación Rural y Ordenamiento Territorial, Palmira, Colombia, 13-15 de Noviembre.
- Jaramillo Jaime (2003). Informe Anual 2002 del Convenio MADR – CIAT, Meta 5, Centro Internacional de agricultura Tropical, Palmira, Enero.
- Jaramillo Jaime, (2002). Informe Anual 2001 del Convenio MADR – CIAT, Meta 5, Base de Datos Cufrucol, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, Agosto.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, MADR, (2002). *Anuario Estadístico del Sector Agropecuario 2001*, Bogotá, Octubre.
- Pineda Rogelio (2002) El Plan de Desarrollo de Puerto López y su articulación con el Plan de Ordenamiento Territorial. Memorias Encuentro Nacional de Usuarios de Herramientas SIG, para la toma de decisiones en Planificación Rural y Ordenamiento Territorial, Palmira, Colombia, 13-15 de Noviembre.

- Quintero Marcela (2002) Árboles de Decisión: Herramienta como apoyo en la toma de decisiones frente al uso de la tierra. Memorias Encuentro Nacional de Usuarios de Herramientas SIG, para la toma de decisiones en Planificación Rural y Ordenamiento Territorial, Palmira, Colombia, 13-15 de Noviembre.
- República de Colombia (1999) Departamento del Meta, Municipio de Puerto López, *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*, Primera fase.
- Rodríguez Atehortua, Maryory. (2000) Uso de SIG como instrumento de apoyo a la planificación agrícola en complemento al ordenamiento territorial del Municipio de Puerto López, Meta, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira – Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Rivas Libardo. (2002) Impacto Económico y Resultados 1994 –2001, Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR – CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Mayo.
- UMATA (2003) Informe de Gastos del Proyecto de Secado de Yuca en la vereda El Turpial, Puerto López, Meta.

Capítulo 6

Conclusiones generales

El presente estudio se elaboró dentro del marco de dos objetivos específicos: 1) Aportar información y bases metodológicas relevantes para la evaluación socioeconómica del impacto del Convenio MADR – CIAT en el área de referencia y 2) Evaluar el impacto y la adopción de algunos de los resultados/productos científicos del mismo, durante el período 1999 – 2003.

El análisis retrospectivo de la producción agropecuaria en A&O, identificó un grupo actividades económicas tradicionales y básicas de la región, que le otorgan identidad dentro del contexto productivo nacional. Ellas son ganadería, arroz, maíz, plátano, palma de aceite y yuca. Se estima que el área total de pasturas de la región se aproxima a los 10 millones de hectáreas, de las cuales una alta fracción está ocupada por pasturas nativas.

Dentro de las actividades de evaluación del Convenio, se planteó la necesidad de efectuar un análisis retrospectivo de las tendencias socio económicas globales de la producción agropecuaria en la Orinoquia y Amazonia, a manera de marco de referencia y línea de base del trabajo de evaluación. Como un ejercicio esencial de apoyo a la toma de decisiones de inversión en investigación en esa zona del país, se elaboró una evaluación *ex- ante* del impacto económico de nuevas opciones tecnológicas de producción, adaptadas a las condiciones ambientales y económicas de la región.

La economía regional experimentó un fuerte crecimiento en el período 1980 – 1995. El producto interno bruto de A&O creció durante esos años a razón de 6.6% anual, frente 3.8% del PIB nacional. La actividad económica y la población con el transcurrir del tiempo, se concentraron principalmente en las áreas de piedemonte de la Orinoquia y la Amazonia, lo cual explica las altas tasas de crecimiento de las últimas décadas.

La expansión económica y de la población, tendió a ser mayor en áreas de intensa actividad petrolera como Arauca, Vichada, Putumayo y Casanare. El auge petrolero generó un gran flujo de población hacia la región, cuyas tasas de crecimiento demográfico superan el 6% por año.

Debido a la aún baja densidad poblacional la demanda interna de A&O es reducida, por lo cual está en capacidad de generar excedentes de producción que se comercializan en el resto de Colombia. Comparada con otras zonas del país, A&O presenta un menor desarrollo relativo, pero exhibe un gran potencial para la exportación de materias primas y de alimentos.

En las actuales circunstancias, la limitada dotación de mano de obra eventualmente puede representar un cuello de botella, para implementar sistemas de producción agropecuaria intensivos en trabajo, por lo menos en una perspectiva de corto plazo.

El crecimiento agrícola de A&O durante los dos últimos decenios, fue de carácter extensivo. La incorporación de nuevas áreas, se constituyó en el principal factor que impulsó el avance productivo. En arroz el cultivo de mayor área, 155 mil hectáreas en 1998, las ganancias en producción obedecieron exclusivamente a la expansión de las superficies cultivadas, ya que los rendimientos mostraron un leve deterioro.

En un contexto de relativo aislamiento del resto de Colombia, por distancias y deficiencias en la infraestructura vial; con un mercado interno pequeño que obliga a comercializar el grueso de la producción fuera de la región y con la presión, cada día mayor, por mejorar la competitividad dentro de un mundo globalizado, se visualiza que el futuro de las actividades agrícolas en A&O, dependerá en gran medida de su capacidad de concentrarse en áreas específicas (nichos) y de la posibilidad de intensificarse, empleando tecnologías mejoradas de mayor productividad.

Para aportar elementos de juicio que ayuden a hacer más eficientes los procesos de planeación y de asignación de recursos de investigación en el área objetivo, se efectuó una evaluación *ex-ante* de los beneficios potenciales del cambio técnico, en diversas actividades productivas. Se empleó el Modelo de Evaluación de Excedentes Económicos (MODEX), que estima los beneficios tecnológicos que recibiría la sociedad, tanto productores como consumidores, al adoptarse en la región tecnologías de mayor productividad.

Se evaluó una amplia gama de productos agropecuarios: carne vacuna, leche, arroz, maíz, sorgo, soya, plátano, palma de aceite, yuca, fríjol y frutales. Estos últimos incluyen: naranja, piña, aguacate, mango, papaya y sandía. Los beneficios sociales se expresan como el valor presente de un flujo monetario durante de 15 años. (período de adopción)

El valor presente de los beneficios, de acuerdo a la clase de producto, fluctúa entre US\$ 175 - 3, millones, correspondiendo el mayor valor a carne y el menor a fríjol. Colocados de manera descendente, los cinco primeros productos se agrupan así: Carne, plátano, leche, arroz y frutales considerados como grupo.

La rentabilidad social de las inversiones en investigación, es indispensable para justificar el empleo de fondos públicos en éstas actividades. Para materializar el impacto, es crítico el logro de altos niveles de difusión y adopción de las nuevas técnicas. Se sugiere que los mayores problemas de adopción tecnológica en la región, están más relacionados con la viabilidad que con la rentabilidad social y privada. La viabilidad incluye aspectos económicos, técnicos, de mercados y de infraestructura de vías y comunicaciones, que pueden frenar la adopción de la tecnología.

Con el fin de mostrar evidencias empíricas y resultados de los procesos de cambio técnico observados en el pasado en el área de referencia, se efectuó una evaluación del impacto *ex-post* de la adopción de nuevas tecnologías de producción, en dos actividades agropecuarias muy importantes, la ganadería vacuna y el cultivo de arroz. Ellas presentan patrones de adopción contrastantes que responden a distintas particularidades

económicas, de calidad y cantidad de recursos disponibles, de organización gremial, de disponibilidad de insumos y de infraestructura.

El desarrollo y adopción de nueva tecnologías de arroz ha sido uno de los éxitos de mayor resonancia tanto en Colombia, como en América Latina. Se trata de un cultivo de ciclo corto, con elevada proporción de inversiones y gastos que se recuperan en un lapso relativamente breve y con una organización gremial fuerte, que brinda apoyo en producción, comercialización de productos e insumos y en el área técnica.

En contraste la ganadería en particular la de tipo extensivo como la de A&O, presenta ciclos de producción largos, de 4, 5 y hasta más años, que implican mantener una alta proporción del capital de la finca (pastos y ganado) inmovilizado durante el ciclo productivo largo. Desde ésta perspectiva, el ganadero frente al cultivador de arroz, tiene menor margen de maniobra para cambiar las estrategias de producción y las decisiones de inversión. Estas particularidades ayudan a explicar, aunque sea parcialmente, las diferencias observadas en los patrones de adopción.

La evaluación del impacto económico del cambio técnico en arroz en Colombia y en A&O se efectuó empleando dos modelos económicos alternativos: MODEXC y DREAM. Independiente del modelo utilizado, se concluye que el impacto económico resultante de la adopción tecnológica en el cultivo de arroz, fue de gran magnitud en Colombia y en A&O, en términos monetarios y en cuanto a ahorro de recursos de tierras empleados por el cultivo.

Para el país en conjunto, los beneficios económicos del período 1967-1997, expresados como valor presente se estiman entre US\$ 1.3 billones (MODEXC) y 1.4 (DREAM) Presentados como flujo anual de dinero, se sitúan en el rango US\$ 136 – 154 millones. Para dar idea de su magnitud relativa, se puede anotar que la producción colombiana de arroz de 1997 valorada a precios al productor se estimó en US\$ 551 millones y a precios al consumidor en US\$ 1.4 billones.

Los beneficios del cambio técnico en arroz se estimaron en US\$ 495 millones de acuerdo a MODEXC y en US\$ 450 millones según DREAM. Su flujo anualizado se ubica en el rango 48 –53 millones de dólares, valores muy superiores a las inversiones anuales en la investigación para A&O.

Aunque la adopción de pasturas no ha sido tan generalizada como en el caso del arroz, el monitoreo en la región de Puerto López - Puerto Gaitán, permite inferir que en el período 1978 – 1992, hubo gran dinámica en el uso de nuevos materiales forrajeros como las *Brachiarias* y las pasturas mixtas, conformadas por gramíneas y leguminosas.

El Valor Presente (VP) de las ganancias en productividad por la adopción de materiales forrajeros mejorados en el período 1978 -2000, en la zona de Puerto López - Puerto Gaitán, se estima en US\$ 44 millones, equivalentes a una anualidad de US\$ 5 millones, En el piedemonte del Caquetá en el período 1986 –2000, el VP se estimó en US\$ 23 millones, que anualizado equivale a US\$ 3 millones.

Con el fin de evaluar la eficiencia y eficacia del Convenio, una de las metas del mismo, es la evaluación de su impacto, que comprende tanto el monitoreo de los resultados científicos logrados, como la evaluación del impacto socioeconómico. Para cumplir con este propósito, se elaboró un marco conceptual de referencia que incluye la estructuración y articulación de las diferentes metas y los resultados esperados del Convenio, así como también elementos conceptuales relacionados con los procesos de adopción y difusión tecnológica y los métodos y herramientas para el monitoreo y la evaluación del impacto. Un segundo paso fue identificar los productos y resultados técnicos aportados por el Convenio, durante los dos primeros años de ejecución, 1999-2000. El conjunto de resultados/productos científicos es heterogéneo, incluye desde conocimientos básicos de apoyo a la actual y futura investigación, pasando por nuevas metodologías y procedimientos, hasta llegar a los productos terminados y listos para su utilización como son las bases de datos o los cultivares liberados.

Los resultados/productos técnicos se agruparon en 7 categorías: 1) Nuevos conocimientos científicos, que incluye dos subgrupos: a) De apoyo a la investigación y b) De aplicación inmediata, por productores/usuarios. 2) Avances en recursos genéticos. 3) Desarrollo de cultivares y de sistemas de producción. 4) Investigación y validación en fincas. 5) Diseño e implementación de bases de datos y fuentes de información. 6) Capacitación y divulgación y 7) Liberación de cultivares.

Se contabilizaron 152 productos/resultados tecnológicos, aportados por las 9 Metas que conforman el Programa de Investigación. Más de la mitad de ellos (55.9%) se concentra en las categorías de nuevos conocimientos científicos y desarrollo de cultivares y en la de sistemas de producción.

La investigación efectuada por el Convenio, es de carácter estratégico para Colombia, porque involucra elementos indispensables para el desarrollo sostenible de la región objetivo: 1) incremento de la productividad, 2) conservación de la biodiversidad, 3) protección del medio ambiente, 4) fortalecimiento institucional y del sistema nacional de investigación. Este esfuerzo complementa y refuerza el trabajo de las instituciones nacionales de investigación y desarrollo y se enmarca dentro de la política sectorial del MADR, que fija como prioridades el combate a la pobreza, el uso sostenible de los recursos naturales y la competitividad del sector en el contexto internacional

El trabajo conjunto del MADR y del CIAT, es muy rentable para Colombia, dado que los recursos públicos invertidos en ésta iniciativa, son sustancialmente menores que el valor de los beneficios ya logrados y los que se pueden lograr en un futuro cercano, con la aplicación de los productos/resultados técnicos. Se estimó en cerca de US\$ 99 millones el valor presente, en 2002, de los beneficios potenciales de un cambio tecnológico en frutales, basado en la expansión de los rendimientos y de las áreas cultivadas.

Se calculó en cerca de US\$ 180 millones, el valor presente de las ganancias en producción obtenidas al usar el nuevo germoplasma de arroz. El valor presente de la reducción en costos de producción de éste cereal, por menor uso de agroquímicos, cuando

se siembra la variedad Fedearroz 50, resistente a pyricularia, se estimó en US\$ 46 millones en el corto período de 4 años de empleo del material.

Los fondos invertidos en investigación en forrajes, presentan una relación beneficio – costo muy favorable, que evidencia la eficiencia económica y social de las inversiones en la ejecución de éstos proyectos. Los beneficios económicos potenciales de la adopción de los nuevos forrajes se calcularon en US\$ 190 millones

Los trabajos en recursos naturales, particularmente los relacionados con el uso y manejo de los suelos, son críticos para lograr el propósito de impulsar en la región sistemas productivos eficientes y sostenibles. En estos suelos pobres y frágiles, en términos físicos y químicos, la aplicación del concepto de “capa arable”, se presenta como una opción promisoriosa desde el punto de vista técnico y económico.

El beneficio de construir una capa arable, se estimó mediante el valor de la producción adicional, que se obtendría al aplicar esta técnica. Para dar una idea de su potencial económico, se simuló un proceso progresivo de adopción, en una extensión de 100 mil hectáreas en un período de 10 años. El flujo de beneficios estimado tiene un valor presente en 2002 de US\$ 238.9 millones. Se trata de un potencial de beneficios enorme, que simplemente refleja el hecho de convertir grandes extensiones de tierras actualmente improductivas, o de muy baja productividad, en campos de alta producción sostenible en el tiempo.

El trabajo en recursos naturales en la Orinoquia colombiana ha producido un variado conjunto de herramientas e instrumentos analíticos para apoyar la planificación y la toma de decisiones a diferentes escalas: unidad productiva – comunidad – región. Se destaca que en éste trabajo se involucró tanto las comunidades clientes y beneficiarias del cambio técnico, como los planificadores y tomadores de decisiones en distintos niveles administrativos: comunidad, municipio departamento y país.

La colección, caracterización y distribución de germoplasma de pastos y de cultivos para ponerlo a disposición de los usuarios nacionales y el establecimiento de protocolos para su manejo y conservación, son actividades muy efectivas, que complementan el trabajo de las diferentes metas del Convenio y que apoyan las labores de investigación de diversas instituciones nacionales.

La formación de capital humano a través de la capacitación y el adiestramiento de jóvenes técnicos y científicos colombianos, se ha sido visualizada dentro del Convenio como un instrumento esencial para cumplir dos propósitos: 1) Aumentar la disponibilidad de personal técnico y científico de alto nivel, que lidere los procesos de desarrollo y cambio técnico en los próximos años y 2) Difundir entre la comunidad científica y las entidades de investigación y desarrollo de Colombia, los resultados técnicos producidos. En el período 1994 –2003 recibieron adiestramiento 1618 profesionales colombianos, en diferentes áreas de trabajo del Convenio.

Existe en Colombia un vacío de información técnica y económica que limita seriamente la identificación de los problemas y oportunidades, en el ámbito de la investigación y el desarrollo. La información existente, en muchos casos, es escasa, dispersa y poco sistematizada. Esto implica que su búsqueda y recolección resulta costosa en tiempo y dinero. Además, al no conocerse exactamente “el estado del arte” en términos de trabajos de investigación ya realizados y sus resultados, se propicia la duplicidad de esfuerzos.

Para contribuir a la solución de problemas de esta naturaleza, se enfatizó en la documentación rigurosa de las actividades ejecutadas. En la medida de lo posible, se documentaron las actividades y logros, mediante la implementación de bases de datos, sistemas de información, plegables informativos y numerosos documentos técnicos y económicos, en medios escritos y electrónicos.

Como sitio de referencia de la investigación en la Orinoquia colombiana, se seleccionó al municipio de Puerto López en el Departamento del Meta. Todas las herramientas de apoyo a la planificación y al uso y manejo eficiente de los suelos, se probaron en el sitio de referencia: Arboles, Cufrucol, Escenarios, Geosoil y Map Maker popular. Este trabajo se adelantó en las comunidades de El Turpial, Puerto Alicia, Puerto Guadalupe, Umapo y La Victoria. Se impulsaron varios proyectos comunitarios orientados al empleo de las nuevas tecnologías y a la formación de capital social, mediante el fortalecimiento de la acción colectiva.

En el tema de planificación los logros más sobresalientes tienen que ver con la participación del Convenio en la formulación de los planes de ordenamiento territorial y de desarrollo del municipio de Puerto López. La contribución a esos planes involucra aportes de información cartográfica y de técnicas para su manejo, metodologías de planificación participativa y fortalecimiento de la capacidad local a través del adiestramiento de personal técnico.

Los ejercicios de planificación a escala de predio, representan valiosas herramientas para la toma de decisiones sobre usos del suelo y selección de alternativas de producción. Esto permite a los productores, particularmente a los más pobres y vulnerables, minimizar los riesgos biológicos y económicos a los que están expuestos. La mayoría de ellos requiere asesoría y asistencia técnica para establecer cultivos distintos a los tradicionales y superar las múltiples restricciones no tecnológicas que enfrentan: mercados muy pequeños, falta o inadecuada red vial, carencia de infraestructura de riego, muy baja o nula disponibilidad de maquinaria

Los resultados del Convenio son aplicables en la región objetivo y en otras áreas de Colombia directamente, o con leves adaptaciones. Lo anterior implica que aparte de los beneficios directos obtenidos en la región de referencia, se lograrán ganancias adicionales debido a las externalidades positivas.

En todo trabajo de investigación & desarrollo los beneficios se distribuyen a lo largo del tiempo y la mayoría se concentra en el largo plazo, frecuentemente mucho tiempo

después de concluidos los proyectos. Bajo ésta premisa, la estimación de los beneficios técnicos logrados hasta el momento, tiene un carácter parcial y se requiere continuar el monitoreo y la evaluación de los productos/resultados del Convenio, para tener una estimación más precisa de su impacto real.

La conclusión general es que las evidencias del impacto presentadas en este documento, muestran la pertinencia, rentabilidad y conveniencia, de implementar esquemas de cofinanciación de la investigación, que garanticen alta calidad de la investigación y de sus resultados, le permiten a Colombia fortalecer su sistema nacional de investigación y obtener avances técnicos, que contribuyan a lograr las metas sociales a menores costos para el país.

