

*Primer Borrador*

***Evaluación del Impacto Ex-post de la Adopción de Nuevas Tecnologías:  
Forrajes y Arroz en la Amazonia y Orinoquia de Colombia***

***Convenio de Cooperación Técnica y Científica  
MADR – CIAT***

***Libardo Rivas R.***

***Centro Internacional de Agricultura Tropical  
Proyecto de Evaluación de Impacto  
Cali, Colombia***



***Junio 2000***

HC  
79  
.T4  
R5

HC  
79  
T4  
RS

*Primer Borrador*

47618

**Evaluación del Impacto Ex-post de la Adopción de Nuevas Tecnologías  
Forrajes y Arroz en la Amazonia y Orinoquia de Colombia**

**Convenio de Cooperación Técnica y Científica  
MADR - CIAT**

*Libardo Rivas R.*

47618

**Centro Internacional de Agricultura Tropical  
Proyecto de Evaluación de Impacto  
Cali, Colombia**

**Junio 2000**

## Resumen

Dada la necesidad de documentar el impacto económico logrado con las inversiones efectuadas para diseñar y difundir nuevas tecnologías, que permitan modernizar el sector agropecuario colombiano en general y de la Amazonia & Orinoquia (A&O) en particular, en este estudio se efectúan estimaciones del impacto resultante de la adopción de nuevas técnicas de producción basadas en nuevo germoplasma de arroz y de forrajes en A&O. Estas dos actividades de investigación del CIAT, en los últimos años, han contado con el valioso apoyo financiero del Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR-CIAT.

El trabajo de evaluación del impacto, en el caso de los forrajes, se basa principalmente en información de estudios efectuados en el pasado por el CIAT. Esta información histórica permite elaborar proyecciones de la adopción, pero teniendo presente que el pasado no es totalmente extrapolable, ya que el entorno económico, social y político varía con el paso del tiempo.

La adopción e impacto del uso de mejores forrajes se evalúa en dos áreas muy específicas: La zona de Puerto López – Puerto Gaitán en la Altillanura Oriental y en el Piedemonte del Caquetá. El CIAT en la primera zona efectuó, entre 1978 y 1992 varios muestreos al azar en las fincas de la región para analizar la aceptabilidad, y la magnitud y dinámica de la adopción de las nuevas opciones forrajeras. Un trabajo similar se efectuó, con el apoyo de la Nestlé de Colombia, en el Piedemonte del Caquetá en 1986 y 1997.

Para la evaluación del cambio técnico en arroz, en 1967-1997, se contó con información histórica para todo el período de análisis.

En el estudio se analizan las tendencias de la adopción de forrajes, según clase de pastos, en las dos zonas de referencia. Se concluye que las nuevas especies de *brachiaria* han tenido gran aceptación y que paulatinamente han ido sustituyendo a la tradicional *B. decumbens*, debido a la alta susceptibilidad de esta gramínea a la plaga del “mión” o “salivazo”.

La diversificación del germoplasma forrajero es otro aspecto sobresaliente de los procesos de adopción de pasturas en A&O, lo cual ayuda a reducir los riesgos biológicos por plagas y enfermedades.

La adopción de pasturas en A&O aún no tiene la dimensión suficiente como para inducir bajas de los precios reales de los productos ganaderos en el ámbito nacional o local. Por esta razón, la evaluación de su impacto se circunscribe a cuantificar el valor de los cambios de la productividad logrados en el contexto de las fincas ganaderas.

La difusión y adopción de nuevas tecnologías arroceras ha sido de carácter masivo tanto nacional como regionalmente, lo cual ha determinado sustanciales crecimientos de la productividad, la producción, el consumo y drásticas reducciones de los precios reales pagados por los consumidores,

Entre 1967 y 1997 la producción de arroz en Colombia más que se duplicó, el precio real al productor se redujo en una tercera parte y el consumo per cápita se incrementó en un 64%.

Los cambios técnicos evaluados representan el conjunto de nuevo germoplasma, insumos y formas de producción, adoptados por los arroceros durante el período de referencia. Por todo lo anterior, para la evaluación del impacto de la adopción en forrajes y arroz se utilizaron enfoques metodológicos diferentes. En el primer caso se valoran las ganancias en productividad y se expresan como valores presentes (VP) y anualidades (A). En el caso de arroz se aplica el modelo de excedentes económicos MODEXC, el cual permite estimar los beneficios logrados por productores y consumidores en el proceso de adopción tecnológica, los cuales también se expresan como valores presentes y anualidades.

La evaluación incluye estimaciones del ahorro de tierra resultante del uso de tecnologías más productivas. Parecería que ante la gran disponibilidad de tierra en A&O, estimar ahorros de este recurso no tiene mayor sentido. Sin embargo, es preciso considerar que una gran proporción de los suelos de A&O, presenta serios limitantes físicos y químicos y que la región tiene grandes carencias en cuanto a infraestructura física y de comunicaciones.

Por lo señalado anteriormente, se considera que una de las posibles rutas para el desarrollo de A&O sería la de intensificar la producción mediante el uso de mejores técnicas y concentrarla alrededor de núcleos o polos de desarrollo, para hacerla más competitiva y lograr un mejor aprovechamiento de la infraestructura física disponible.

El valor presente de los incrementos en productividad por el empleo de pastos más productivos en Puerto López – Puerto Gaitán para el período 1978-2000 se estimó en us\$ 44.5 millones, equivalentes a una anualidad de us\$ 5 millones.

Empleando la misma metodología en el piedemonte del Caquetá para el período 1986 – 2000, se estima que el VP se sitúa alrededor us\$ 23 millones, que anualizados equivalen a us\$ 3 millones.

Se estimaron los beneficios tecnológicos asociados con las nuevas tecnologías de arroz, para Colombia como un todo, para A&O y para otras regiones productoras del país. El beneficio nacional total, incluyendo productores y consumidores, del período 1967-1997, se estimó en aproximadamente us\$1.3 billones, que representan una anualidad de us\$ 136 millones.

Para dar una idea de la magnitud relativa de las cifras anteriores, se puede anotar que la producción arrocería nacional en 1997 valorada a precios recibidos por el productor se estimó en us\$ 551 millones, y en us\$ 1.4 billones a precios pagados por el consumidor. Lo anterior significa que la anualidad calculada representa una cuarta o una décima parte del valor de la producción de 1997, según el tipo de precios que se utilice para valorarla.

El beneficio estimado del cambio tecnológico en arroz en un período de treinta años, es muy similar a la suma que el gobierno colombiano espera recibir de Estados Unidos como apoyo al Plan Colombia.

Los beneficios tecnológicos atribuibles al cambio técnico en producción de arroz en A&O durante el mismo período, se calculan en us\$ 359 millones, que como anualidad equivalen a us\$ 38 millones. Este nivel de beneficios, que representa el 28% del total, es muy congruente con la participación de A&O en la producción nacional de arroz.

Dada la poca apertura del mercado nacional de arroz en el período evaluado, la innovación técnica posibilitó una fuerte baja de los precios reales, que concentró la mayor parte de los beneficios tecnológicos en los consumidores.

Si se trata de comparar los beneficios técnicos generados por el cambio técnico en forrajes y en arroz es preciso tener de presente que: En los primeros se ha evaluado un 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 ahorro de tierra por el empleo de mejores tecnologías forrajeras señala que en Puerto López – Puerto Gaitán con la tecnología tradicional, para lograr los actuales niveles de producción, se hubiese requerido un área adicional de aproximadamente un cuarto de millón de hectáreas.

Con los rendimientos de la tecnología tradicional, la producción actual de arroz en A&O se hubiera obtenido con una superficie arrocera que duplica a la que efectivamente se utilizó.

El cambio técnico evaluado representa el esfuerzo de numerosas entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales, que participaron en diferentes etapas del diseño y difusión de las nuevas técnicas.

En todo este proceso el CIAT tubo una importante participación, que demuestra que la cooperación técnica y científica entre instituciones nacionales e internacionales, es una herramienta válida, dentro de una estrategia de desarrollo que busca la modernización de la agricultura colombiana, de forma eficiente competitiva y sostenible.

Los resultados que arroja la evaluación efectuada llevan a reflexionar sobre el impacto del cambio técnico y su dimensión temporal. Para la evaluación del impacto técnico se requiere una visión de largo plazo, en un proceso donde 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 como alivio de la pobreza, conservación del medio ambiente y de los recursos naturales y crecimiento de la economía.

Esto implica que se requiere un seguimiento sistematizado de los resultados intermedios que se van logrando en el tiempo, con el propósito de entender el proceso y aplicar los correctivos necesarios cuando se detecten fallas o cuellos de botella y asegurar que el trabajo de investigación y desarrollo efectuado, tendrá a largo plazo un claro impacto social.

**Palabras clave:** *Colombia, Amazonia & Orinoquia, Cambio técnico, Adopción, Impacto, Forrajes, Arroz.*

# **Evaluación del Impacto *Ex-Post* de la adopción de Nuevas tecnologías Forrajes y Arroz en la Amazonia y Orinoquia de Colombia**

*Libardo Rivas R.*<sup>1</sup>

## **I Introducción.**

La región de la Amazonia & Orinoquia (A&O) de Colombia paulatinamente está incrementando su participación en la actividad productiva del país, 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 de Colombia.

La expansión de la actividad económica 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 principalmente con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) hoy CORPOICA y con otras instituciones, 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 suelos.

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

---

<sup>1</sup> Economista, asociado de investigación, Proyecto de Evaluación de Impacto, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.

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 numerosos trabajos técnicos y económicos, para efectuar una evaluación del impacto *ex-post*, resultante de la adopción de nuevas tecnologías de forrajes y arroz en A&O.

A pesar de las 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 la enorme extensión de recursos de tierra susceptibles de incorporar a la actividad productiva y que además muchos de los procesos de adopción en la región aún se encuentran en etapas 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 debidos a incrementos de la producción por hectárea.

## II Forrajes en A&O

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.

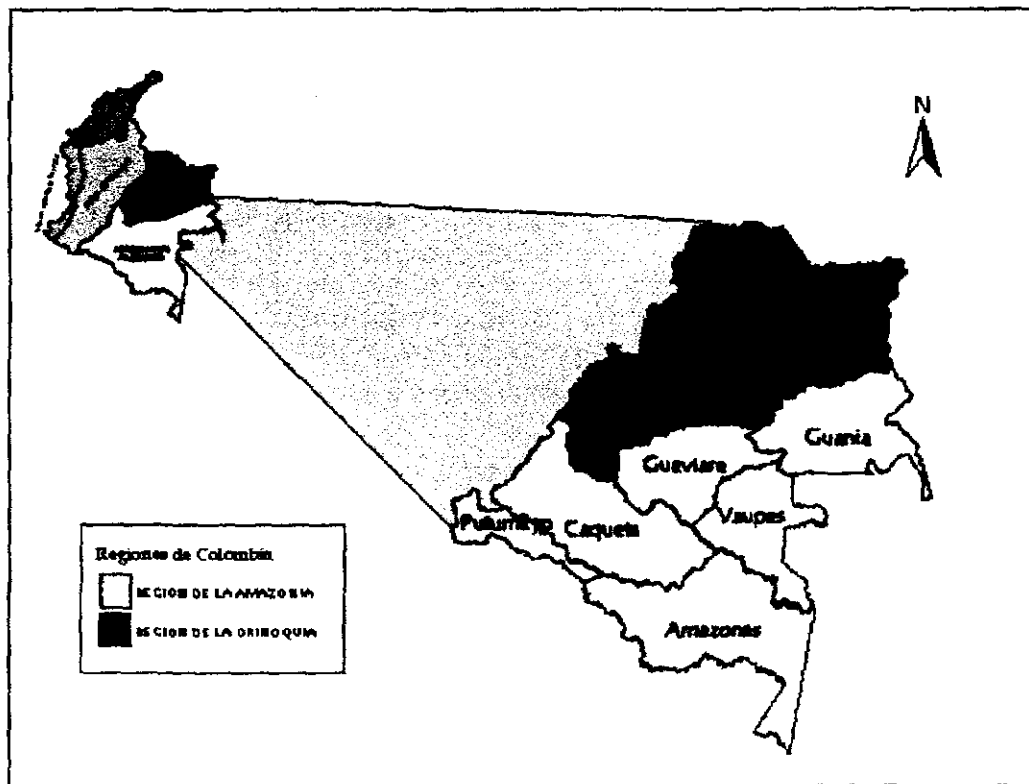
La investigación en forrajes se ha enfocado principalmente hacia el desarrollo de nuevo germoplasma de gramíneas y de leguminosas, adaptado a las condiciones de baja fertilidad, elevada acidez y tolerantes a los altos niveles de saturación de aluminio, prevalecientes en ésta región del país.

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 a 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, se inició la fase de liberación de nuevos materiales forrajeros con la gramínea *Andropogon gayanus* cultivar Llanero, 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, no solo en Colombia, sino en el trópico latinoamericano en general. Pero no obstante 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 los potreros.

Para responder a este problema, la investigación con el género *brachiaria* ha tenido gran 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 *Brachiaris* permitió el lanzamiento en 1987 de dos nuevos materiales: *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero y *Brachiaria brizantha* cv. La Libertad,



ambos tolerantes al mió 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 pinto* 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.

### III Arroz en A&O

El cultivo del arroz al igual que la ganadería, tradicionalmente ha sido una de las actividades pioneras para el desarrollo y 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 arrocera se encuentra diseminada 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.

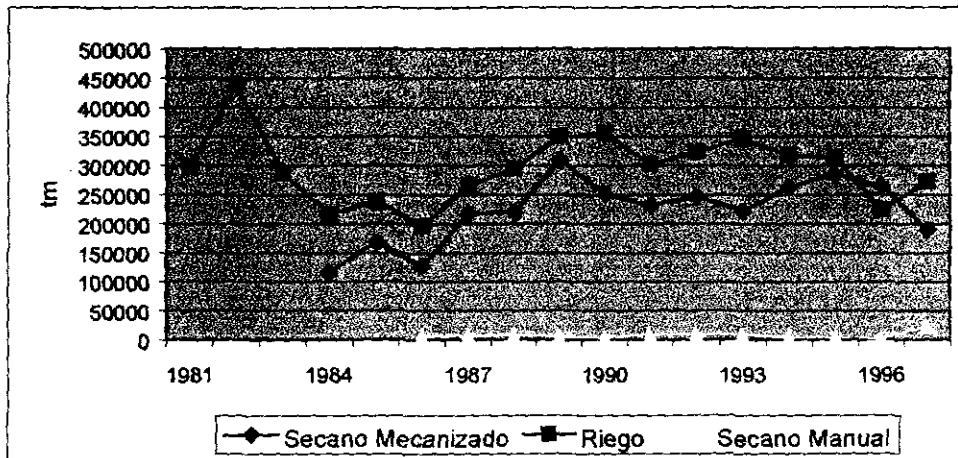
En A&O se pueden identificar dos sistemas de producción de arroz: 1) Sistema mecanizado y 2) Sistema secano manual o “chuzo”.

En el mecanizado se encuentran dos modalidades: Bajo riego y secano. El sistema bajo 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 suelo, siembra, control de malezas y plagas, fertilización y cosecha se efectúan empleando diferentes tipos de maquinaria.

El secano manual es el sistema tradicional, intensivo en mano de obra y no utiliza ninguna clase de maquinaria.

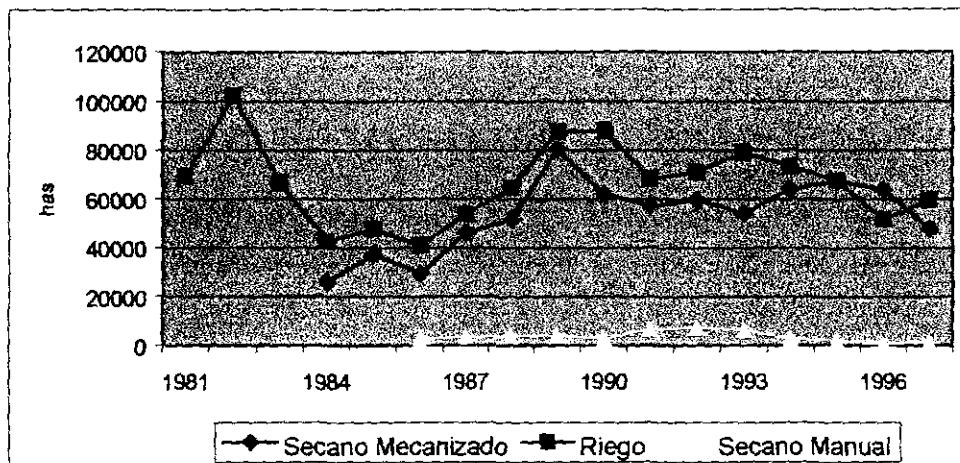
En términos de volumen de producción, superficie ocupada y rendimientos, el sistema de riego tradicionalmente ha predominado sobre los otros sistemas, tal como puede observarse en las Figuras 2 a 4

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



Fuente: Anuario de Estadísticas Agropecuarias, MADR

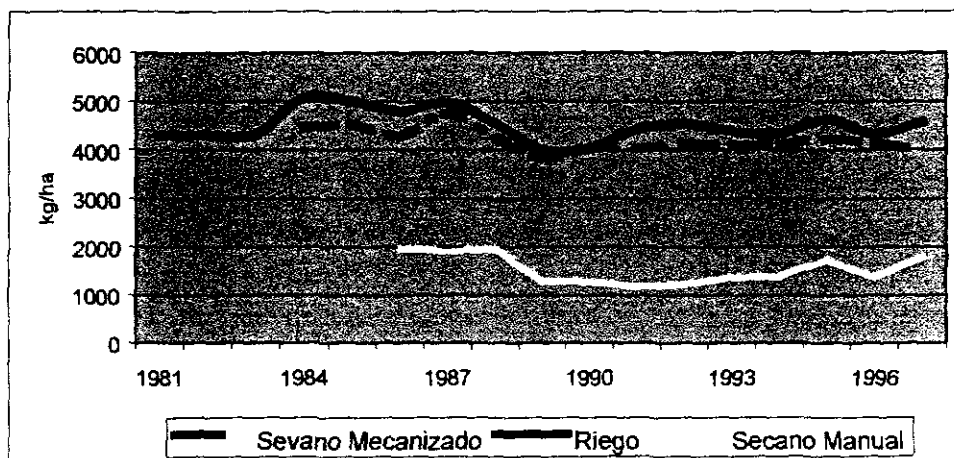
**Figura 3 Evolución del área cultivada en arroz en A& O, según sistema de producción: 1981-1997**



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 promedio del cultivo presentaron una leve tendencia a la baja, -.6% por año. (Rivas L., 1999)

En el período 1983-1989 el área plantada tanto de riego como en 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 saliendo del sector los productores más marginales y aquellos que carecían de tierra propia.

Cifras recientes 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 se detectan 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 aparecen más claramente cuando los datos se agrupan por sistema de producción.

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

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).

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

Estrato de tamaño (has)	UPA 2/		Area		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

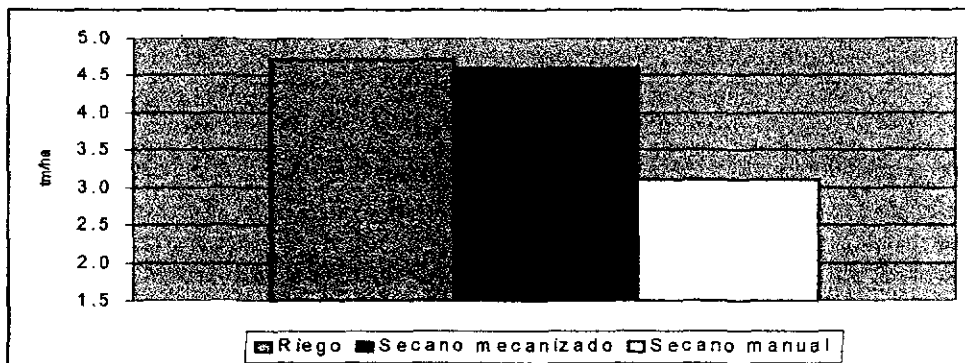
1/ Incluye los Llanos y el Caquetá. 2/ UPA: Unidad productora de arroz. 3/ Coeficiente de conversión de paddy verde a seco = 0.85

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

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

La gran brecha tecnológica aparece cuando se establecen comparaciones entre los sistemas mecanizados y el seco 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).

**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.

## IV Adopción de Pastos en la Amazonia y Orinoquia de Colombia

### IV. A 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 y 3) Adaptables a los diferentes nichos locales en suelos de sabana 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 locales 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, 1999).

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

En esa la región 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 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, 1999)

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 periodo 1986-1997, ese porcentaje cayó de 76 a 65%, (Cuadro 4).

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 de reciente aparición como *B. humidicola*, *B. dictyoneura* y *B. brizantha*, cuya principal atributo es la mayor tolerancia al salivazo

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 intensificación y de adopción

tecnológica. Dicho valor está en función de las distancias a los mercados, la oferta tecnológica, la disponibilidad y calidad de la infraestructura vial y 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.

Lo anterior determina la actual estructura del área en pastos: Una pequeña fracción de pastos mejorados para ser utilizados estratégicamente y una mayoritaria fracción en 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 observa claramente en las áreas más marginales, en tanto que en las zonas donde el precio de la tierras es más alto, la proporción del área en pastos mejorados tiende también a ser más alta.

La intensificación de la producción ganadera en A&O, mediante el empleo de pasturas altamente productivas, 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 Caquetá. (Michelsen H., 1990)

Reiterando, en las zonas más marginales, donde la tierra es relativamente abundante y sus precios más bajos, 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.

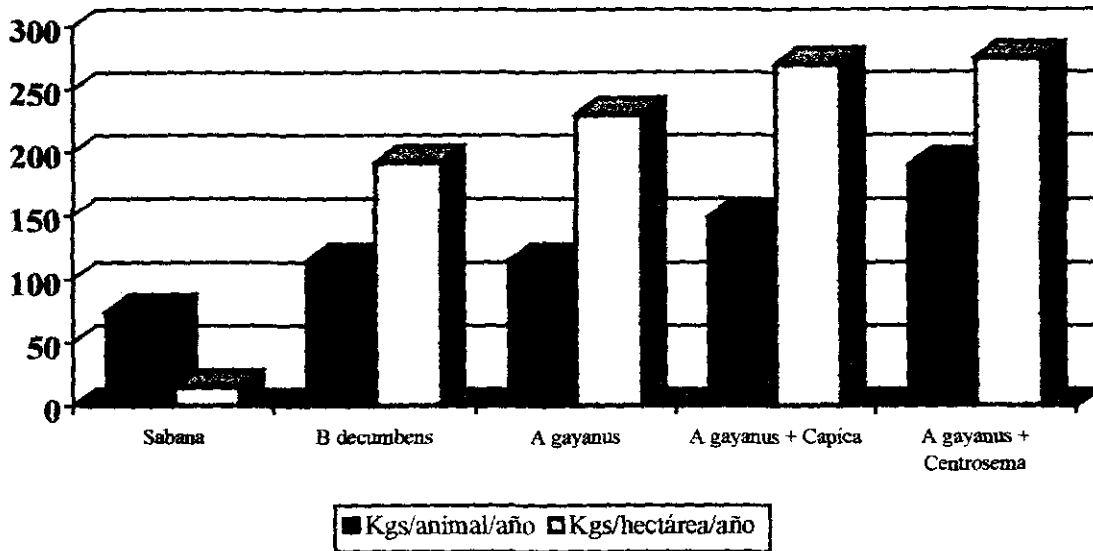
La figura 7 ilustra en términos generales las variaciones esperadas en la productividad ganadera al cambiar la fuente de forraje, pasando desde la sabana nativa hasta una pradera mixta de gramíneas y leguminosas de alta productividad. En ella se puede observar claramente el enorme potencial existente para incrementar la productividad ganadera, mediante la utilización de las nuevas alternativas forrajeras.

Figura 6 Ubicación de las fincas encuestadas en 1992 y Sistemas de Tierra.  
Altillanura Oriental de Colombia: Area de Puerto López – Puerto Gaitán



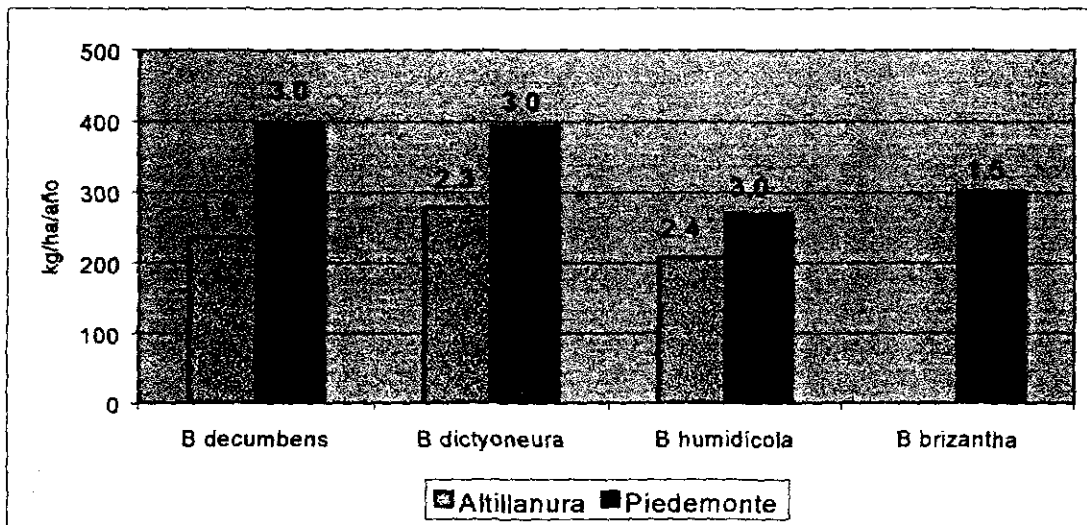
Fuente: Cadavid J.V.(1995)

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



Fuente: CIAT, 1987

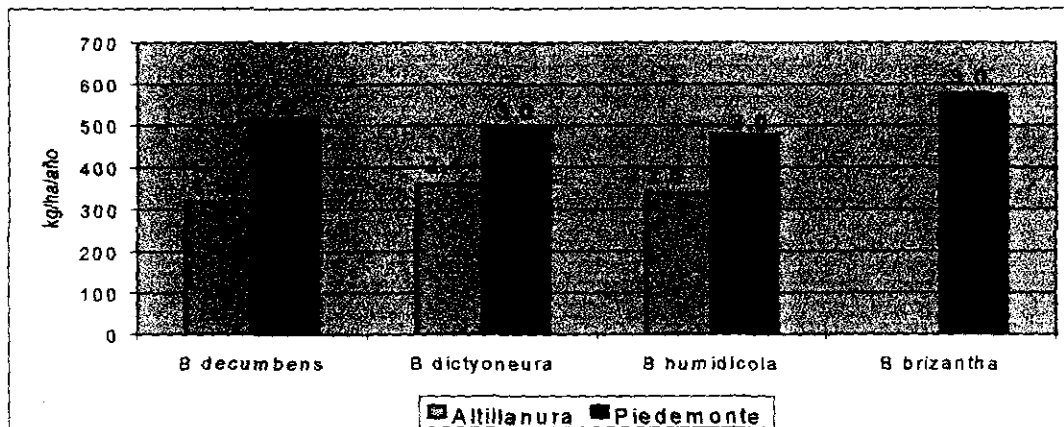
Figura 8. Productividad Promedio de diferentes especies de *Brachiaria*  
en monocultivo: Piedemonte y Altillanura de la Orinoquia de  
Colombia



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.

Cuadro 2 Evolución de las pasturas, según tipo en la Altillanura Oriental de Colombia: Area de Puerto López – Puerto Gaitán

Especies	1989		1992		Estimación al 2000	
	Area total (ha.)	% del total	Area total (ha.)	% del total	Area 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
Pasto mejorado	88733	9.2	172839	16.8	241523	22.4
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 utilizando un modelo lineal ajustado 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)

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 ecoregiones de los Llanos, la Altillanura y el Piedemonte.

Una 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 el área 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 pudieron 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 no encuestadas. (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.

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 solo llegaba al 9% (Cuadro 2)

En el último año el área plantada con *B. humidicola* 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*, en contraste con lo que sucede en Brasil, es un pasto que tiende a desaparecer en los Llanos Orientales. La encuesta de 1992 reveló 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 mas frecuente es *B. decumbens* en mezcla con *S. capitata*, que ocupa casi la mitad del área total sembrada con pasturas mixtas. Siguen en importancia las mezclas de *S. capitata* con *B. humidicola* 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.

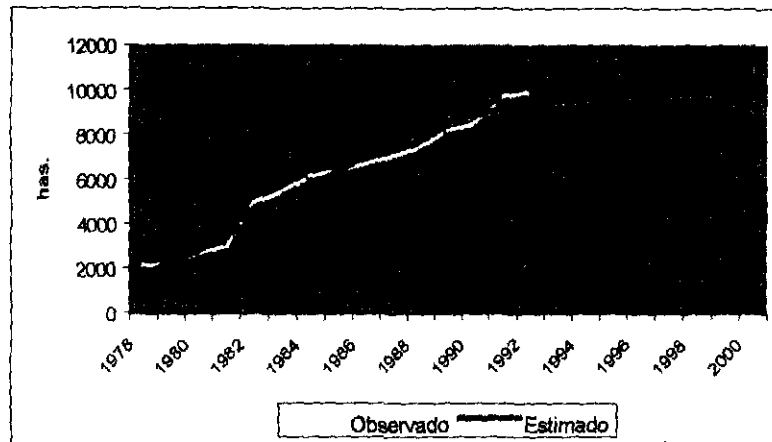
La leguminosa forrajera *A. pintoii* liberada en 1992 con el nombre comercial de maní forrajero perenne, en la actualidad presenta muy baja tasa de difusión en los Llanos. Una encuesta telefónica elaborada en 1995 para documentar la adopción temprana de ésta leguminosa en el país, reveló que su adopción 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 para la baja fertilidad de los suelos y las severas condiciones de sequía prolongada, típicos de ésta zona. La investigación con este material avanza hacia el desarrollo de acepciones más tolerantes a la sequía y con mayor adaptación a suelos de baja fertilidad, lo cual facilitará su avance en esta región de Colombia.

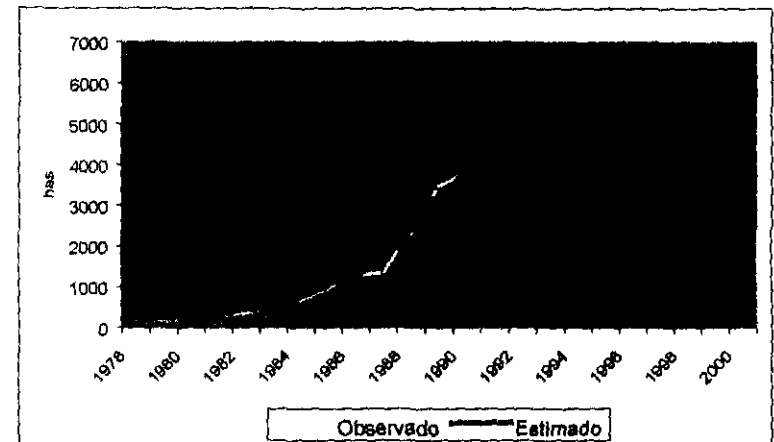
Es pertinente reiterar que una faceta sobresaliente del proceso de adopción de pasturas en los Llanos Orientales en el período analizado, es la rápida aceptación y adopción de los nuevos cultivares de brachiaria de reciente aparición, en particular *humidicola* y *dictyoneura*. Esto refleja la gran demanda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

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

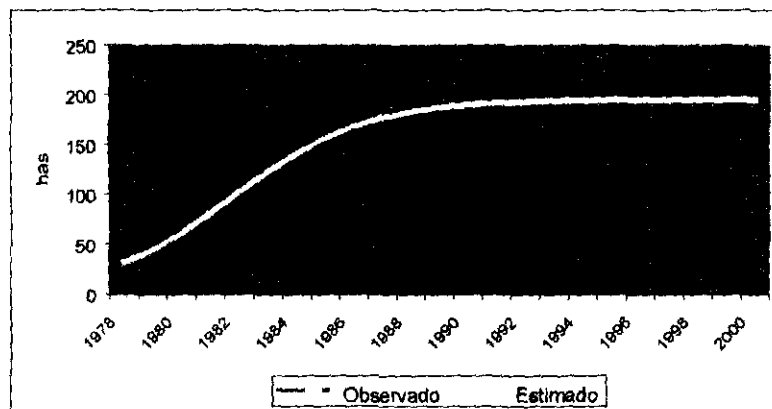
*B. decumbens*



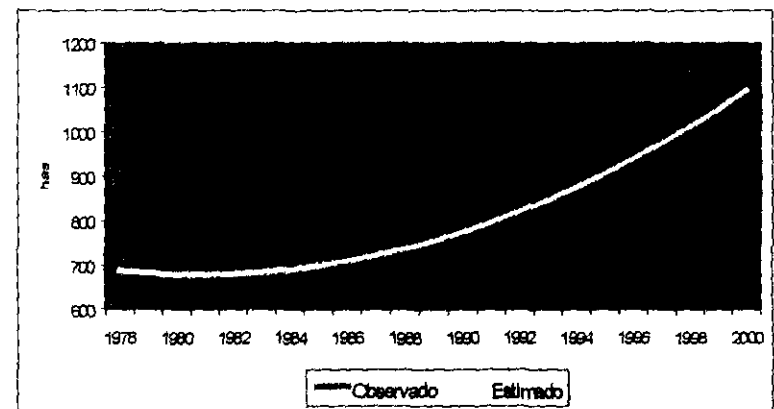
*B. humidicola*



*A. gayanus*



Otras Gramíneas

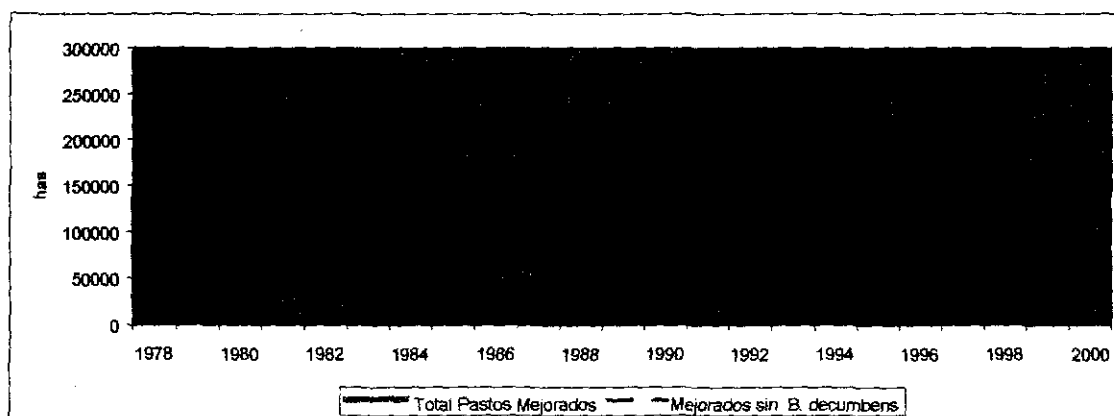


**Cuadro 3. Modelos de regresión utilizados para analizar las tendencias de las áreas plantadas, según clase de pasto en la Altillanura Oriental de Colombia**  
Zona de Puerto López- Puerto Gaitán

Clase de pasto	Parámetros			Forma funcional	Período de estimación	R <sup>2</sup> ajustado por grados de libertad
	a	b	c			
<i>B. decumbens</i>	9961.2	6.415	0.304	$y = \frac{a}{1 + e^{-ct}}$	1979-1992	0.95
<i>B. humidicola</i>	6408.0	274.8	0.463	$y = \frac{a}{1 + e^{-ct}}$	1979-1992	0.98
<i>B. dictyoneura</i>	36.8	70.2		$y = a + bt$	1987-1991	0.81
<i>A. gayanus</i>	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 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.

#### IV. B Caquetá.

El Caquetá es un extenso territorio (8.9 millones de hectáreas), localizado al sur de Colombia, con una alta proporción de su área ocupada por el bosque húmedo tropical

(74%). 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 del Caquetá es una zona altamente representativa de la Amazonia colombiana. En la actualidad predominan en ella 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 efectuados han permitido identificar varias fases en la evolución y desempeño de la ganadería, en donde el común denominador ha sido la progresiva intensificación de la producción a través del empleo de nuevos materiales forrajeros, lo cual a su vez a inducido cambios en los sistemas de producción y en la productividad de la ganadería. (Michelsen, 1990, Ramírez & Seré, 1990, Rivas y Holmann, 1999)

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 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 era marcado el predominio de *B. decumbens*, que ocupaba más de tres cuartas partes de ella. 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 de la ganadería. 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. Las áreas sembradas aún son muy 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, 1999).

En el momento de la encuesta se encontró 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.

Las delicadas situaciones 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 el futuro cercano. Se conoce ampliamente que 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 lo son los del Caquetá.

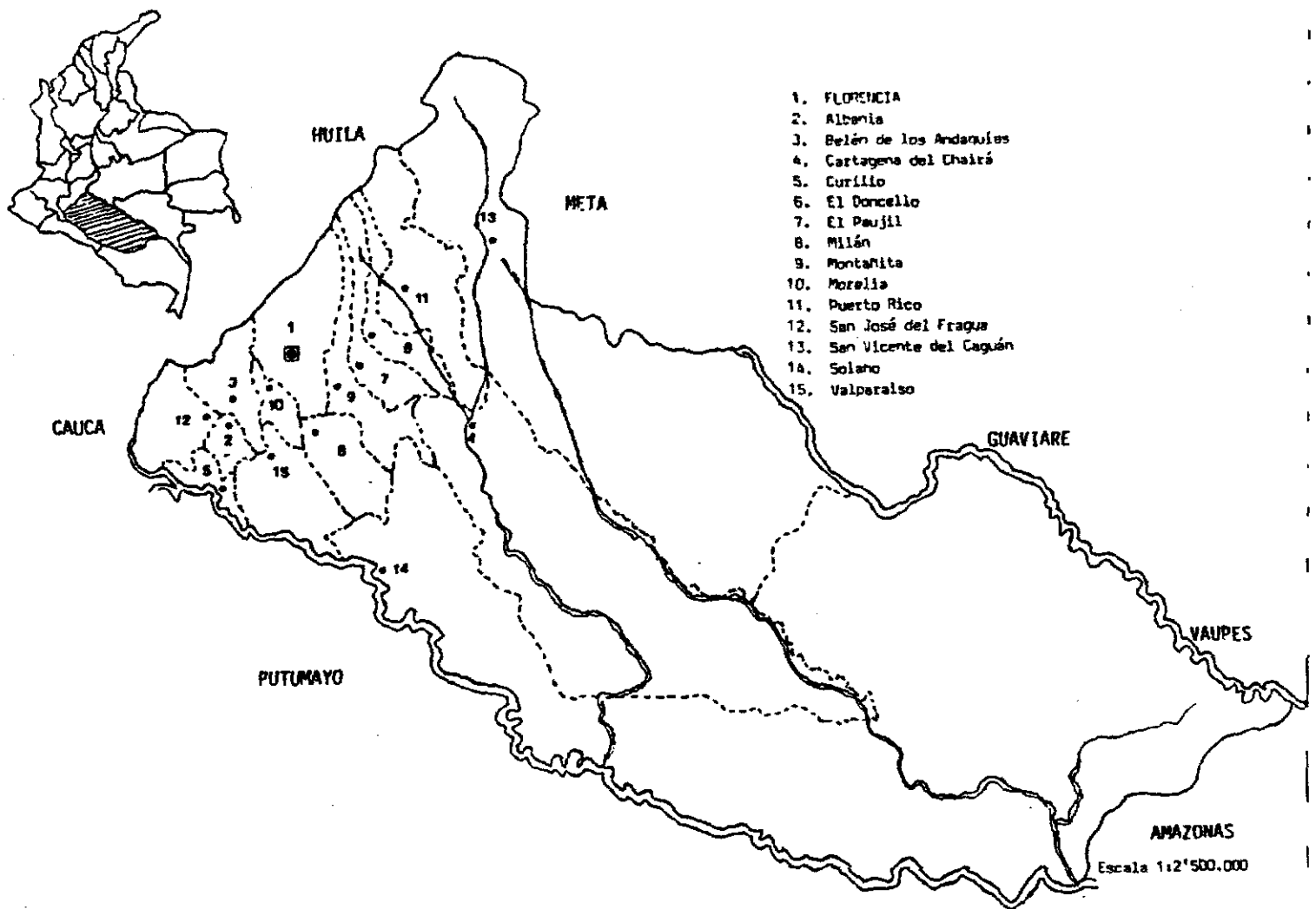
Si a los riesgos biológicos y económicos propios de la actividad ganadera, se le adicionan los que se derivan de una compleja situación de orden social y político, resulta poco probable que los productores de la región emprendan, en éstas circunstancias, un proceso sostenido de inversiones en el desarrollo de nuevas pasturas.

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 sobre la evolución en el tiempo de las superficies plantadas con brachiarias en el Caquetá durante el período 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.*

Figura 12 Ubicación del Departamento del Caquetá, Colombia



Fuente: Ramírez & Seré (1990)



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 pintoí asociado</i>	0	0.0	2616	1.0	2706	1.0	-
<i>Arachis pintoí solo</i>	0	0.0	356	0.1	367	0.1	-
Otras gramíneas	19919	19.6	4795	1.8	4941	1.8	-12.1

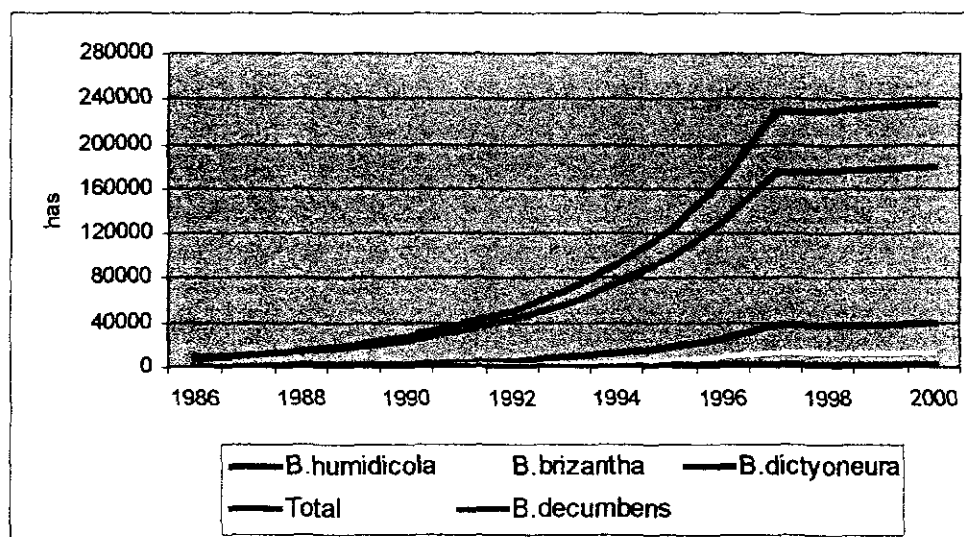
Cifras consolidadas de 2973 fincas proveedoras de Nestlé en el Caquetá.

Fuente: Cálculos basados en cifras de Ramírez y Seré (1990) y Rivas y Holmann (1999)

*decumbens*, lo cual implica una gran vulnerabilidad de la base forrajera debido a la alta susceptibilidad de esta gramínea 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 leguminosas. El conocimiento de ésta tecnología recién se está introduciendo, por lo cual a nivel de campo son muy pocas las experiencias que se pueden observar sobre la utilización a nivel de finca de esta clase de praderas.

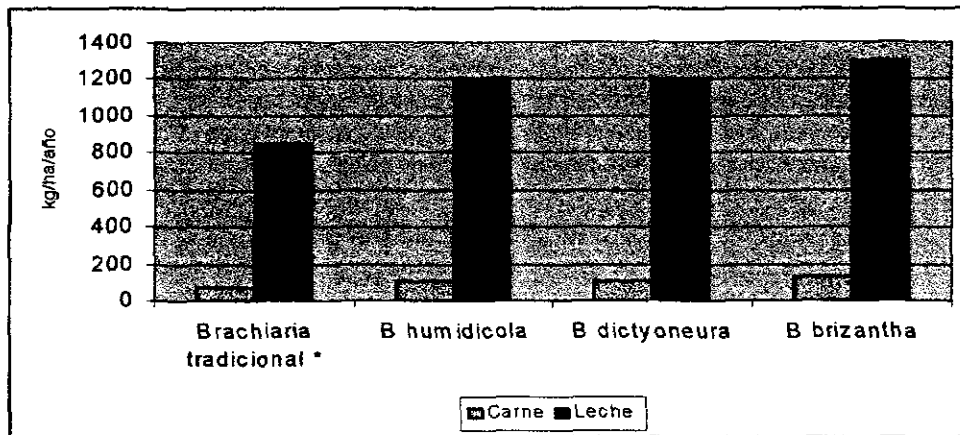
Figura 13 Evolución de la superficie plantada con Brachiarias en el Caquetá 1986-2000



Los niveles de productividad utilizados para estimar los valores de la producción adicional resultantes del empleo de las brachiarias de reciente introducción en el Caquetá

se muestran en la Figura 14. Se pueden considerar como los mejores estimativos disponibles, los cuales se basan en observaciones y opiniones de expertos que trabajan en la zona. En la actualidad no existen cuantificaciones formales de los niveles de productividad de los diferentes tipos de brachiaria, en términos de producción de carne y leche, para 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

## V Adopción de Nuevas Tecnologías de producción de Arroz en A&O

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 de Colombia se caracteriza por su amplio dinamismo en cuanto a generación y adopción de nuevas tecnologías. En este cultivo el cambio técnico incluye no solo el empleo de insumos modernos, sino también 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 la variedad 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. Es así como en 1974 ocupaba tan solo el 1% del área cultivada y había sido remplazada 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, solo cubría el 1.3% de la superficie cultivada. IR22 también estaba siendo sustituido por otras variedades y su participación en las áreas sembradas había caído a 19.8%.

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 el período 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 cultivada. Siguieron en importancia Línea 2, Selecta 3-20 y Caribe 8 (Cuadro 6).

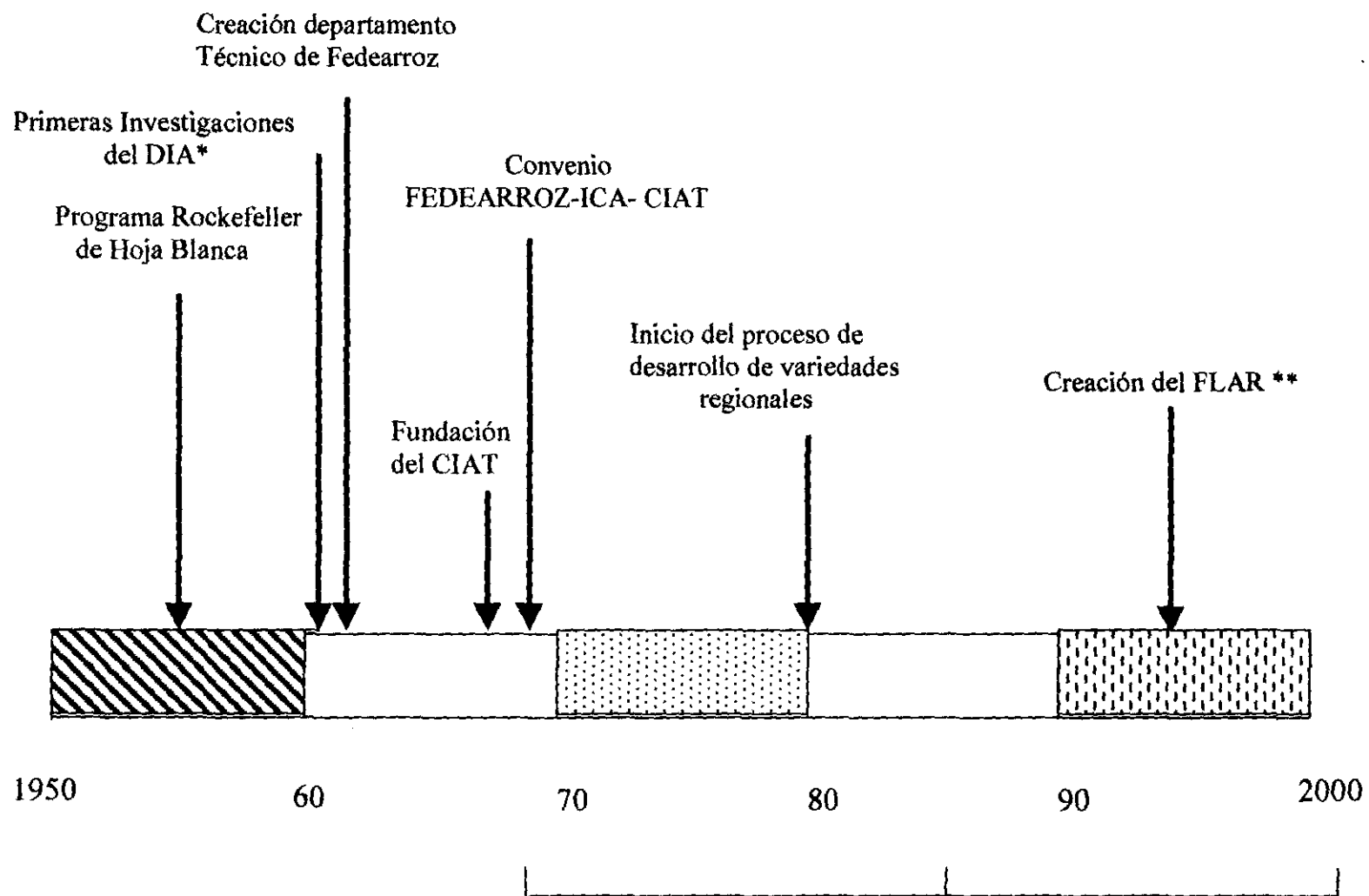
La variedad regional mas difundida es Oryzica Llanos 5 de la cual se sembraron anualmente en promedio cerca de 17 mil hectáreas, que constituyen el 13% de la superficie arroceras total. Variedades regionales como Metica 1, hasta el momento han logrado poco éxito en A&O (Cuadro 6).

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 griseae*), 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 no solo ha buscado mantener los rendimientos del cultivo a alto nivel, sino que también pretende una mayor racionalización del uso de los 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 a la estabilidad.

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



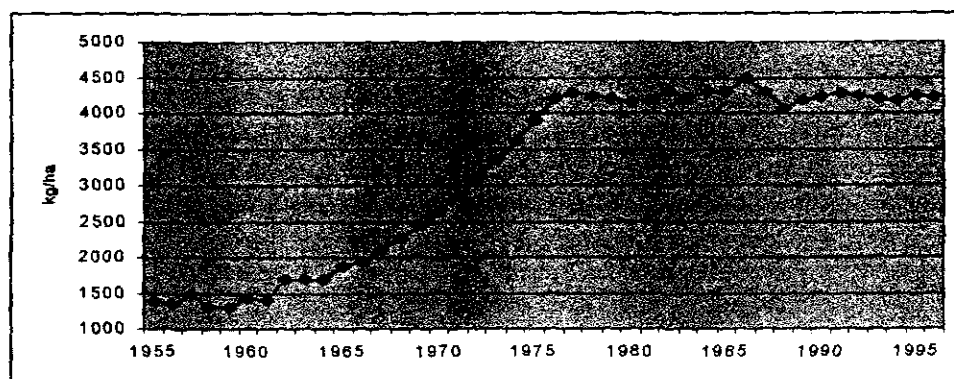
\* DIA: Departamento de Investigaciones Agropecuarias, anteriormente ICA y actualmente CORPOICA

\*\* FLAR: Fondo Latinoamericano de Investigación en arroz de riego

Liberación de variedades de altos rendimientos

Investigación orientada a mantener los altos rendimientos

**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	SEMILLANO
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

## VI Impacto en productividad por el empleo de mejores forrajes

Uno de los principales beneficios directos del uso de nuevas tecnologías de producción lo constituyen los incrementos de la productividad, los cuales se materializan 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, como los obtenidos por los consumidores quienes se benefician por la reducción de los precios reales en el mercado y por una mayor disponibilidad de producto.

En el caso de las tecnologías forrajeras en A& O de Colombia, los beneficios tecnológicos más evidentes son los logrados a través de las alzas en productividad, en el ámbito de las fincas adoptadoras. La magnitud del cambio técnico de la ganadería en A&O, aún no presenta la dimensión 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 muestran una moderada tendencia creciente, 1.5% por año.

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

Las variaciones de la productividad en los sistemas ganaderos extensivos son difíciles de cuantificar, ya que ello que implica mediciones en el campo de la producción física de carne y de leche en intervalos predeterminados de tiempo, con un número adecuado de observaciones que permitan hacer inferencia a nivel finca, sistema o región productora, lo cual resulta costoso en términos de tiempo y de recursos. Si lo a lo anterior se adiciona la complejidad y heterogeneidad de los diferentes sistemas de producción ganadera, es muy fácilmente entendible la poca 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 un asociación de gramíneas con leguminosas.

**Cuadro 6 Area 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	%
Cica 8	22999	22.2	62276	48.3	41020	36.4	55348	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
<b>Total</b>	<b>103512</b>	<b>100.0</b>	<b>128977</b>	<b>100.0</b>	<b>112563</b>	<b>100.0</b>	<b>99688</b>	<b>100.0</b>	<b>90478</b>	<b>100.0</b>	<b>131226</b>	<b>100.0</b>	<b>155437</b>	<b>100.0</b>	<b>821881</b>	<b>117412</b>	<b>100.0</b>

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

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

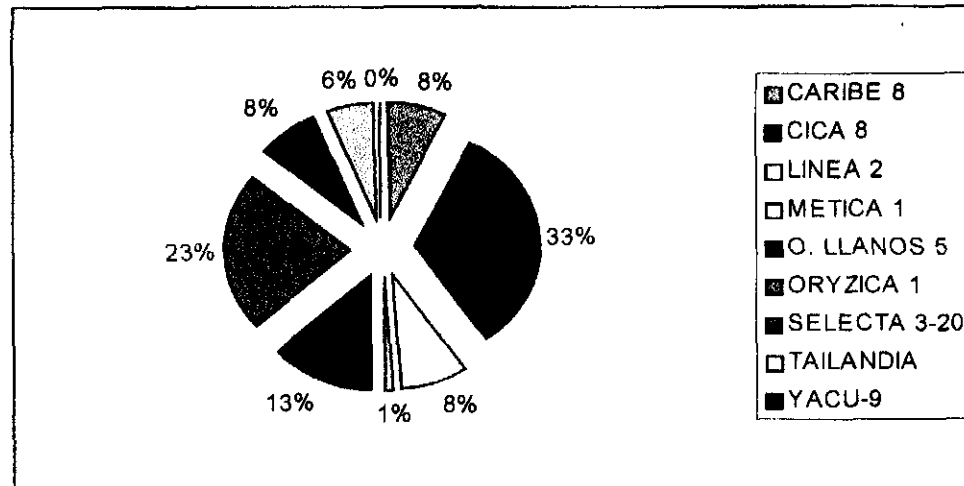
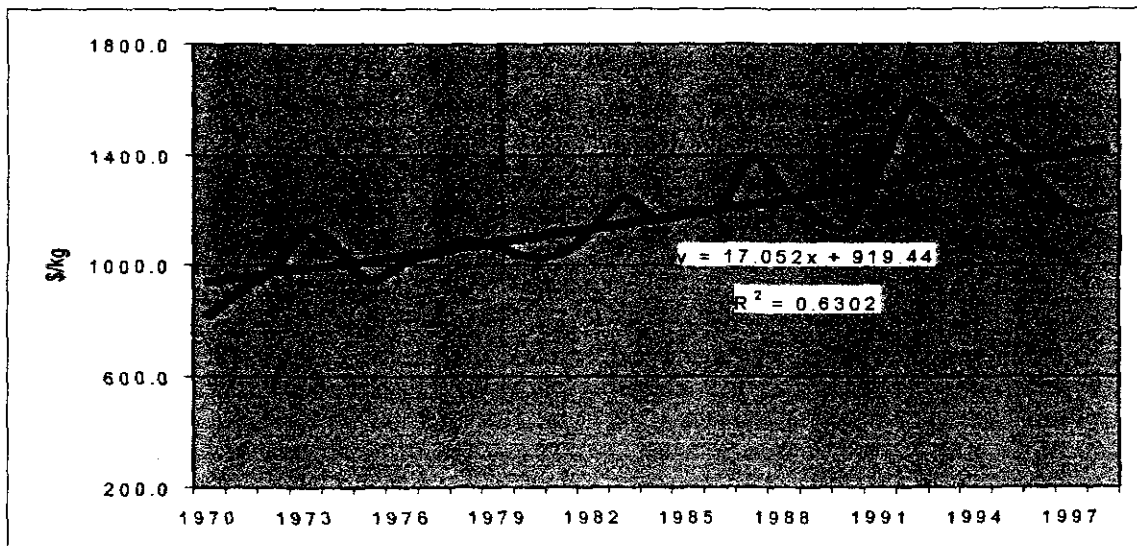


Figura 17 Precios Reales de Carne Vacuna en Bogotá al Consumidor 1/  
\$ de 1990/kg



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

El valor del cambio en productividad, medido como el valor de la producción adicional, resultante de la adopción de nuevas pasturas 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 del pasto a en el período t - Tecnología mejorada

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

$P_t$  = Precio del producto en el período t.

Las ganancias en productividad resultantes de la adopción de nuevas pasturas, representan 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 elaborados 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 puede considerarse como una fase de expansión económica en los Llanos colombianos, en la cual la participación del PIB regional en la economía nacional se incrementó, las áreas sembradas de muchos cultivos crecieron considerablemente - arroz, maíz, yuca, palma - y la explotación petrolera creció 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 éstas nuevas circunstancias es realista considerar que el ritmo de expansión de las 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 sus áreas, las condiciones económicas generales dan pautas de que tal expansión no ha ocurrido. Por lo anterior y para hacer más conservadoras las estimaciones del área sembrada en asociaciones en el período 1993-2000, se empleó para su estimación la tendencia lineal del período 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) de la producción adicional, derivada del empleo de las diferentes 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 período considerado anteriormente hasta el año 2000 (1978-2000), el VP del flujo de beneficios estaría muy cercano a los us\$ 45 millones. En términos de anualidades esto representa un flujo anual de us\$ 5 millones. (Cuadro 7)

Si el supuesto utilizado en la estimación anterior, de 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 1978-200, como un límite superior.

**Cuadro 7 Valor de la Producción Adicional de carne vacuna en canal  
debido al 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/ us\$

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

Año	<i>B. humidicola</i>			<i>B. dicryoneura</i>			<i>B. brizantha</i>			Total		
	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
Periodo 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
Periodo 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\$

Empleando la misma metodología se efectuaron cálculos similares para el Caquetá en sistemas de doble propósito y considerando solamente las especies de Brachiaria de reciente introducción. Se evaluaron dos períodos 1986-1997 que corresponde al periodo intermuestral - se realizaron dos encuestas la primera en 1986 y la segunda en 1997 - y el periodo 1986-2000.

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

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

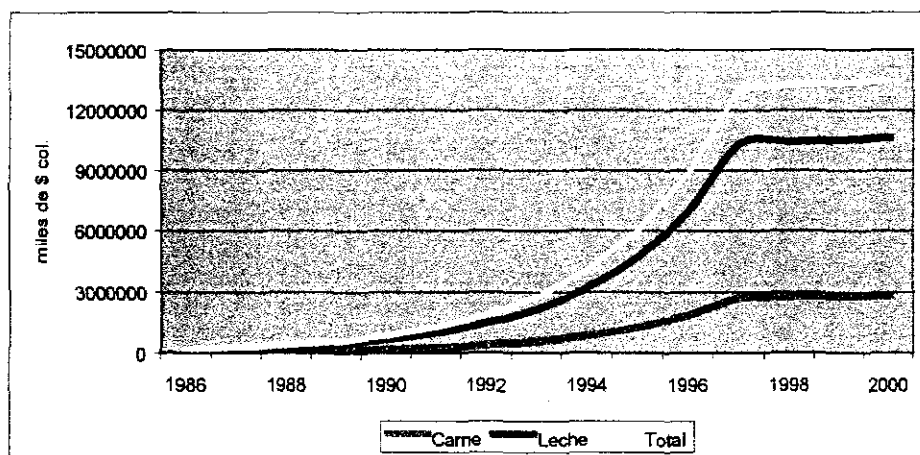
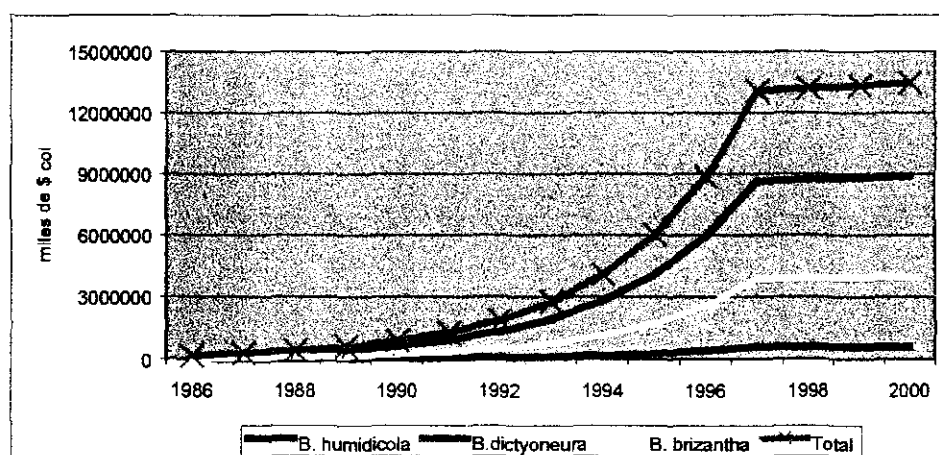


Figura 19 Valor de la producción adicional debido al uso de nuevas brachiarias según clase de material forrajero. Caquetá, Colombia:1986-2000



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 esto afectó negativamente la dinámica de las siembras y los procesos de adopción de pasturas mejoradas en el Caquetá.

Para el período intermuestrial (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 una anualidad 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 una anualidad de us\$ 3 millones. Dado 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 concentran en esa actividad. Cerca del 80% de los ellos se originan en la lechería (Cuadro 8).

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

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

**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\$
Orinoquía (Puerto López -Puerto Gaitán)				
1978-1992	18094	15.9	2379	2.1
1978-2000	50797	44.5	5518	5.0
Amazonia (Caquetá, Piedemonte)				
1986-1997	15828	13.9	2323	2.0
1986-2000	26386	23.1	3469	3.0

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

El monto de los anteriores beneficios puede considerarse como alto teniendo presente 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 y pueden ser usadas esta clase de tecnologías. 2) Los montos de los beneficios superan por lejos los niveles de inversión anual destinados al desarrollo de nuevas pasturas en ésta región del país. 3) En los cálculos solo se incluye las ganancias en productividad que

capturan los productores que adoptan estas tecnologías, pero no se consideran los beneficios que pueden obtener los consumidores cuando el proceso de cambio técnico sea de mayor magnitud.

## **VII Ahorro de tierra por el empleo de mejores pastos**

Cuando se hace referencia a una región tan extensa como 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 nuevas tecnologías.

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, que permitan el desarrollo de 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 sustancialmente los costos de producción de las áreas más marginales, afectando negativamente su competitividad.

La tendencia observada 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 en el corto y mediano plazo, para efectuar cuantiosas inversiones en desarrollo de infraestructura en A&O, el patrón de desarrollo de esta región parece ir en dirección de la concentración e intensificación de la producción.

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 al máximo 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, frenando 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 originados en la intensificación de la producción se calculan como:

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

donde :

$\partial A_t$  = 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 obtenido con las nuevas tecnologías en el año t

$R_{TT_t}$  = Rendimiento físico por unidad de área obtenido con 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 determinado que la producción ganadera se expanda sin incrementos sustanciales en la superficie ganadera utilizada.

**Cuadro 10 Ahorro de tierra en los Llanos Orientales debido al 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

El monto 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 que se tienen algunas evidencias de que las siembras de 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 sustituyen a una pastura de brachiaria tradicional en un estado intermedio de su vida productiva.

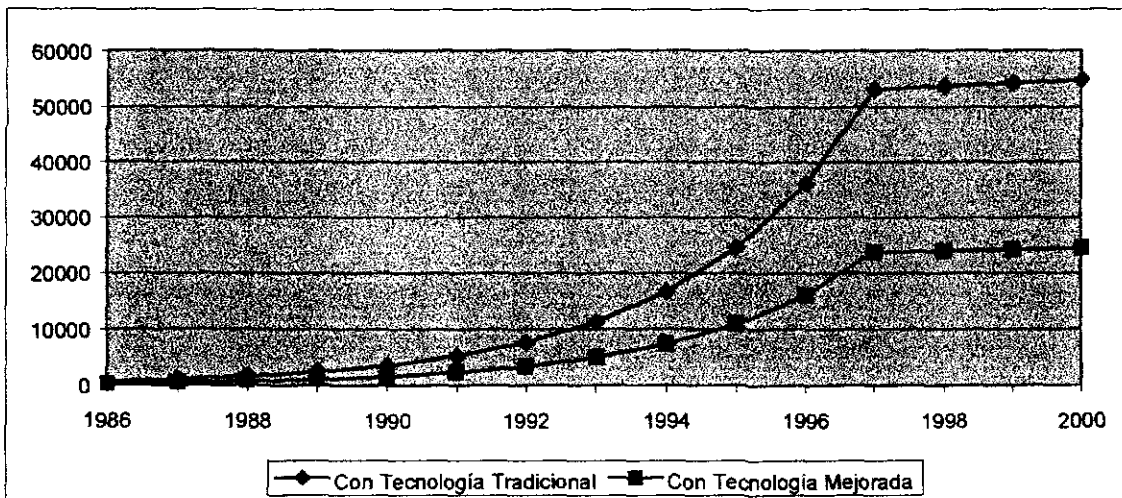
El ahorro de tierra originado en el empleo de nuevos materiales forrajeros se estima que en año 2000 se aproxima a un cuarto de millón de hectáreas en el área de Puerto López – Puerto Gaitán (Cuadro 10)

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 en términos de reducción de las tasas de deforestación.

En el Caquetá las estimaciones del ahorro de tierra debido al empleo de nuevas Brachiarias se estimó en el año 2000 en 30 mil hectáreas, bajo el supuesto ya señalado de que se cambiaron 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 reveló que el incremento del uso de pastos mejorados en esa región de Colombia, ha derivado en una reducción de las áreas en descanso y un ligero incremento en términos absolutos y relativos de las zonas de reserva forestal en las fincas ganaderas (Rivas y Holmann, 1999).

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





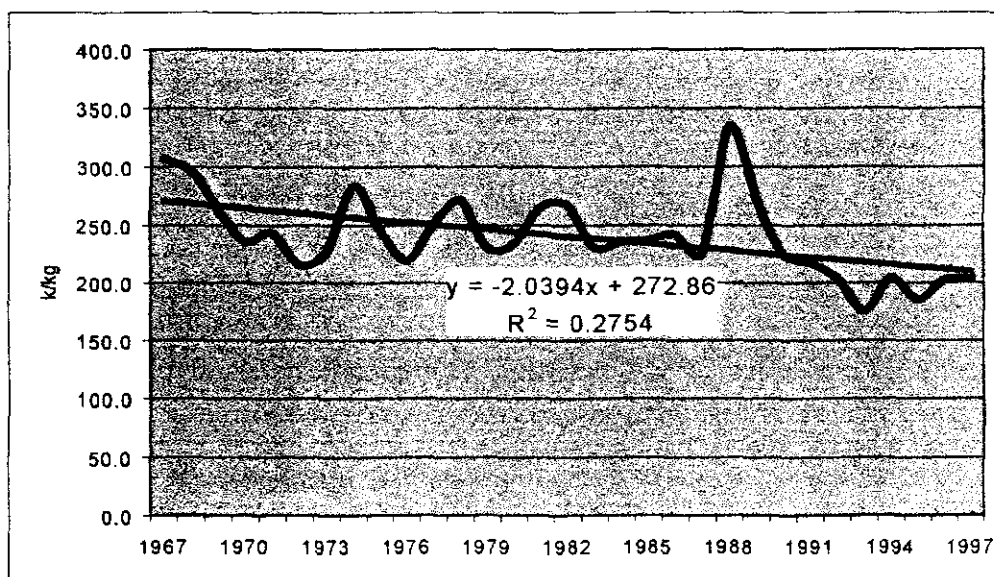
## VI Impacto del cambio técnico en producción de arroz en A&O

La adopción de nuevas tecnologías de producción de arroz ha sido de carácter masivo tanto en los Llanos Orientales como en el resto de Colombia. Se puede decir que los productores de riego y secano mecanizado en su totalidad están utilizando exitosamente las nuevas variedades generadas por los sistemas nacional e internacional de investigación.

El método de secano manual se ha rezagado, ante la carencia de tecnologías específicas los productores que emplean ese sistema han perdido competitividad y sus áreas sembradas se han reducido notoriamente. En 1961 el secano manual predominaba, ocupando el 56% del área cultivada. Progresivamente ha perdido importancia y en 1997 aparecía solo en el 7% de la superficie arrocerera del país (Fedearroz, 1998).

La adopción tecnológica ha derivado en reducciones del precio al consumidor e incrementos 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 por habitante subió 64% al pasar de 20.7 a 33.9 kg/año. (FAO, 1999)

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

La dinámica del cambio técnico en la producción de arroz en Colombia y en A&O, ha sido de tal magnitud que sus efectos no solo se han traducido en importantes ganancias de productividad, sino que los precios al consumidor se han reducido sustancialmente, por lo cual estos últimos han capturado una fracción muy grande de los beneficios totales del cambio técnico.

Por lo anterior, para estimar los beneficios atribuibles a la adopción de nuevas tecnologías en la producción de arroz, se aplicó un modelo de excedentes económicos, que permite calcular tanto los beneficios que capturan los consumidores, debido a la reducción de los precios reales, así como los beneficios netos obtenidos por los productores resultantes de las ganancias en productividad.

El modelo empleado es *MODEXC – Modelo de Excedentes Económicos* – diseñado en el CIAT y utilizado en diversas evaluaciones del impacto de nuevas tecnologías agropecuarias.

La conceptualización teórica de este modelo corresponde a la teoría Marshalliana de excedentes económicos tanto a productores como a consumidores, en donde a partir de una situación de equilibrio del mercado, un factor exógeno – la tecnología – cambia la situación de 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 a través del tiempo están sincronizados con el proceso de adopción tecnológica, por lo cual el modelo simula el proceso de difusión y adopción de la nueva tecnología a través del tiempo y calcula los beneficios tecnológicos año por año. (Rivas et al, 1999)

La formulación matemática del modelo parte de un sistema simultáneo de ecuaciones del tipo Cobb Douglas, con elasticidades constantes, las cuales reflejan las condiciones de oferta y demanda del mercado y se adiciona una tercera ecuación que representa la condición de equilibrio del mismo. Dicha formulación matemática se expresa como:

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

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

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

donde:

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

$\Omega$  = Tasa anual de crecimiento de la demanda del producto a por factores autónomos

$\beta$  = Intercepto de la función de demanda

$\eta$  = Elasticidad precio de la demanda del producto a

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

$\theta$  = 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 el modelo son de dos clases: tecnológicos y económicos. Los primeros se relacionan con el uso de la nueva tecnología, los niveles de productividad logrados, las áreas afectadas y los niveles de producción obtenidos.

Los parámetros tecnológicos se sintetizan en un coeficiente que clásicamente se conoce como  $K$  o factor de desplazamiento de la función de oferta (véase ecuación 2).

En el caso de arroz en Colombia y específicamente en A&O, para el período de evaluación, 1967-1997, se conocen los niveles de producción, de productividad y las áreas impactadas con la nueva tecnología por lo cual es posible calcular el parámetro  $K$ .

En el Cuadro 11 aparecen los niveles y los cambios en producción, área y rendimientos de arroz en Colombia, en A&O y en el resto del país durante el período de evaluación

**Cuadro 11 Producción, área y rendimientos de arroz en Colombia, A&O y el resto del país: 1967-1997**

Variables	Colombia		A & O		Otras regiones	
	1967	1997	1967	1997	1967	1997
Producción (000tm)	661.5	1830.3	136.8	464.9	524.7	1365.4
Area (000 ha)	290.7	394.1	79.4	108.8	211.3	285.3
Rendimiento (kg/ha)	2275	4644	1720	4273	2483	4786
Cambios 1967-1997:						
$\partial Q$ (000tm)	1168.8		328.1		840.7	
$\partial A$ (000 ha)	103.4		29.4		74.0	
$\partial R$ (kg/ha)	2369		2553		2303	
$K$	2.765		1.495		2.27	

Fuente: Anuarios del Ministerio de Agricultura y Tróchez, 1971.

A partir de las variaciones de la cantidad de arroz producida, en A&O y en el resto de Colombia en el período 1967-1997, se estiman los factores de expansión de la función de oferta nacional ( $K$ ), de la siguiente forma:

$$K_c = \frac{Q_{0,c} + \partial Q_c}{Q_{0,c}}$$

Siendo  $Q_{0,c}$  la producción observada en Colombia en el año inicial y  $\partial Q_c$  el cambio en términos absolutos de la producción nacional entre el año inicial (1967) y el año final (1997).

Los factores individuales de expansión de la oferta de arroz en Colombia, resultantes de la adopción de nuevas tecnologías de producción en A&O y en el resto del país, se calculan como:

$$K_{A\&O} = \frac{Q_{0,c} + \partial Q_{A\&O}}{Q_{0,c}}$$

$$K_{RC} = \frac{Q_{0,c} + \partial Q_{RC}}{Q_{0,c}}$$

$K_{A\&O}$  representa el factor de expansión de la oferta nacional debido a la adopción tecnológica en A&O y  $K_{RC}$  es el factor de la expansión de la oferta, resultante de la adopción de nuevas tecnologías de arroz en las otras regiones del territorio nacional.

Aplicando las formulas anteriores se obtienen los factores de expansión de la oferta de arroz que se muestran en el Cuadro 11.

Los parámetros económicos permiten introducir al modelo las especificidades del mercado de un determinado producto, en este caso el de arroz, en términos de sus elasticidades precio de oferta y demanda, precio mínimo de oferta, tasas de crecimiento autónomas 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 12.

**Cuadro 12 Parámetros Económicos utilizados para la evaluación del Impacto de la Adopción de Nuevas Tecnologías de Arroz en Colombia**

Parámetro	Valor
Elasticidad precio de oferta ( $\rho$ )	0.80
Elasticidad precio de demanda ( $\eta$ )	-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 ( $\Omega$ )	2.7
Tasa de crecimiento autónomo de la oferta ( $\theta$ )	2.6

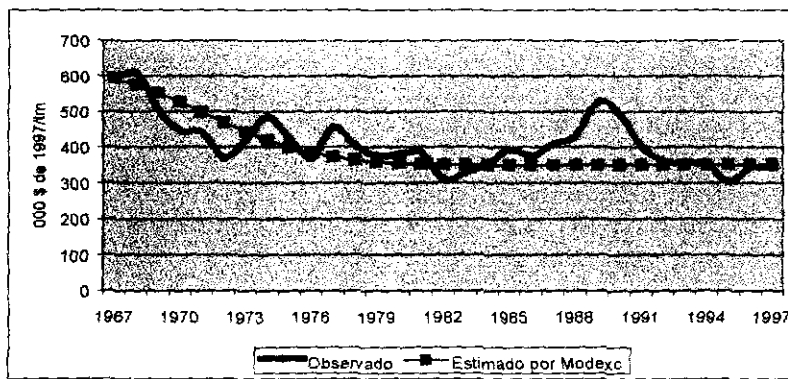
1/ Precios de 1967, expresados en \$ de 1997

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

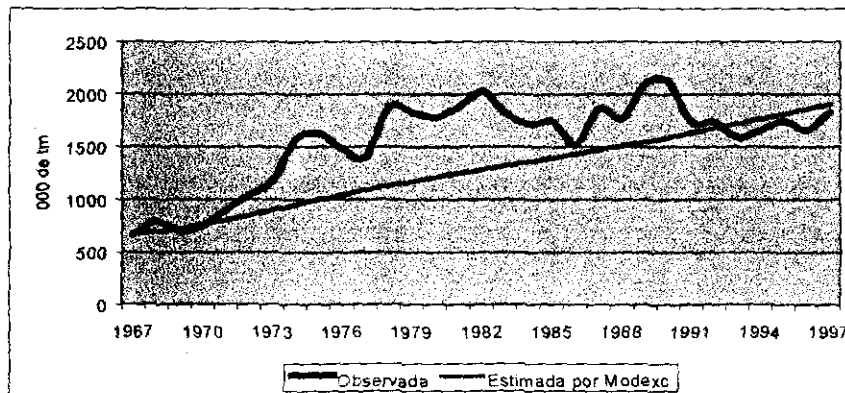
En razón de que el proceso de adopción tecnológica en arroz, ha sido muy dinámico lográndose el techo de adopción en unos cuantos años, contrario a lo que sucede con las pasturas, se puede considerar que es un proceso maduro, en el cual las nuevas variedades y técnicas de producción son rápidamente adoptadas por los productores.

El cambio técnico ha sido de gran intensidad y cobertura. La gran mayoría de los productores del país ha estado usando permanentemente las nuevas variedades y métodos de producción de arroz generados por los sistemas de producción nacional e internacional de investigación.

**Figura 22 Precios de equilibrio de Arroz al Productor Observados y Estimados por el Modelo Colombia:1967-1997**



**Figura 23 Cantidades de equilibrio de Arroz al Productor Observadas y Estimadas por el Modelo Colombia:1967-1997**



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 de gran magnitud. 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 evaluado la producción se incrementó en 240%. Los rendimientos del cultivo crecieron notoriamente, 104% en promedio para todo el país y 148% en A&O. (Cuadro 11)

Las ganancias en productividad permitieron expandir sustancialmente la producción, con un incremento muy moderado de las superficies cultivadas, en efecto el área arrocería total en Colombia solo creció 36% y en A&O 37% durante el período de evaluación

Para estimar el valor de los beneficios sociales recibidos por los consumidores y por los productores, se corrió el modelo MODEXC con los parámetros técnicos y económicos anteriormente descritos.

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

Las cifras del VP de los beneficios sociales logrados, luego de un proceso de 30 años de cambio técnico, en el que las variedades mejoradas de arroz jugaron un papel muy importante, tanto en Colombia como en la Amazonia & Orinoquia del país, se muestran en el Cuadro 13.

**Cuadro 13 Beneficios sociales de la adopción tecnológica en arroz  
Colombia, Amazonia y Orinoquia: 1967-1997  
(valores en millones) 1/**

Grupos Sociales	Colombia		Amazonia & Orinoquia		Otras regiones	
	\$col	us\$	\$col	us\$	\$col	us\$
Consumidor	11420472	1245	398376	349	1022096	896
Productor	41363	36	11600	10	29763	26
Total						
VP	1461835	1281	409976	359	1051859	922
Anualidad	155070	136	43490	38	11580	98

1/ Cifras en pesos de 1997, convertidas a us\$ usando la tasa de cambio de \$col 1141/ 1us\$. Tasa de descuento = 10%

El VP estimado para todo el país de los beneficios a productores y consumidores derivados del cambio técnico analizado se sitúa en casi us\$1.3 billones, equivalentes a una anualidad de us\$136 millones durante 30 años.

Para tener una idea de la magnitud relativa de las cifras anteriores, se puede señalar que el valor presente de los beneficios totales, es muy similar a la cifra que el gobierno colombiano espera recibir de Estados Unidos como apoyo al Plan Colombia.

En 1997 la producción colombiana de arroz estimó 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 millones), representa una cuarta parte del valor de la producción de 1997 si ésta se valora a precios del productor y aproximadamente una décima parte si la valoración se efectúa a precios del consumidor.

El VP de los beneficios derivados de la modernización del cultivo de arroz en A&O se estimó en us\$ 359 millones, equivalentes a una anualidad de us\$ 38 millones.

Los beneficios totales atribuibles a la adopción tecnológica en A&O, representan el 28% de los beneficios totales del país, porcentaje que es muy consistente con la participación de esa región en la producción arrocera nacional.(25% en 1997).

El cambio tecnológico observado fue sesgado en beneficio de los consumidores, quienes captaron la mayor parte de los mismos, gracias a la caída de los precios y al incremento de las cantidades consumidas.

La tecnología evaluada representa el conjunto de nuevas opciones de germoplasma, insumos y formas de producción, adoptadas por los productores durante ese periodo 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.

Los beneficios a los productores se concentran en aquellos que adoptaron las nuevas tecnologías, el sector de productores más marginal, aquel que utiliza el sistema de secano manual, al no incrementar su productividad frente a las bajas de precios del mercado, perdió competitividad y sus áreas plantadas decayeron notoriamente. Es así como en 1967 el secano manual contabilizaba un área cultivada de 181 mil hectáreas (62% del total nacional) y en 1997 se estimaba en solo 20 mil hectáreas la superficie bajo tal modalidad de cultivo. (Fedearroz, 1998)

Es probable que algunas áreas que antiguamente estaban en secano manual se hayan reconvertido principalmente a secano mecanizado, mientras que los productores que no lo hicieron así, han salido de la actividad y se constituyeron en perdedores netos dentro del proceso de cambio técnico.

## **IX Ahorro de tierra por el uso de nuevas tecnologías de arroz**

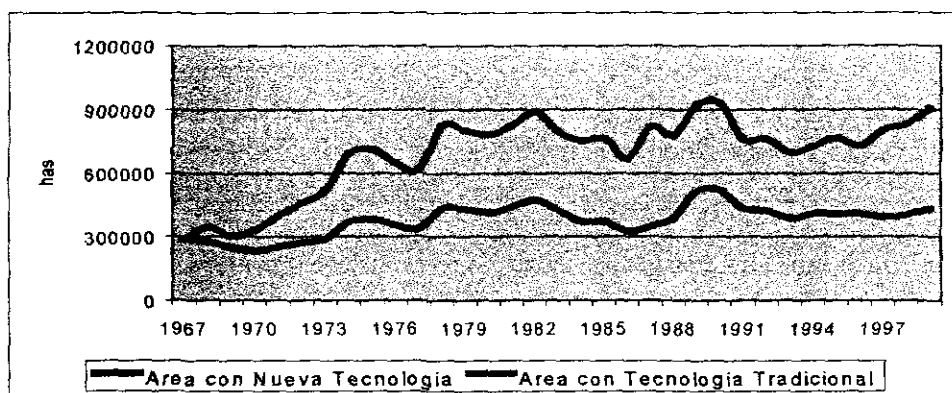
Como se señaló anteriormente los incrementos de productividad implican un ahorro de tierra ya que se pueden generar mayores volúmenes de producción con los mismos o menores recursos de tierra que se empleaban con la tecnología tradicional.

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 todo el país las nuevas tecnologías permitieron un ahorro cercano al medio millón de hectáreas en 1999. 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 arrocerá en el país, el área cultivada que en 1999 era de 431 mil hectáreas, se hubiese más que duplicado llegando a 905 mil hectáreas.

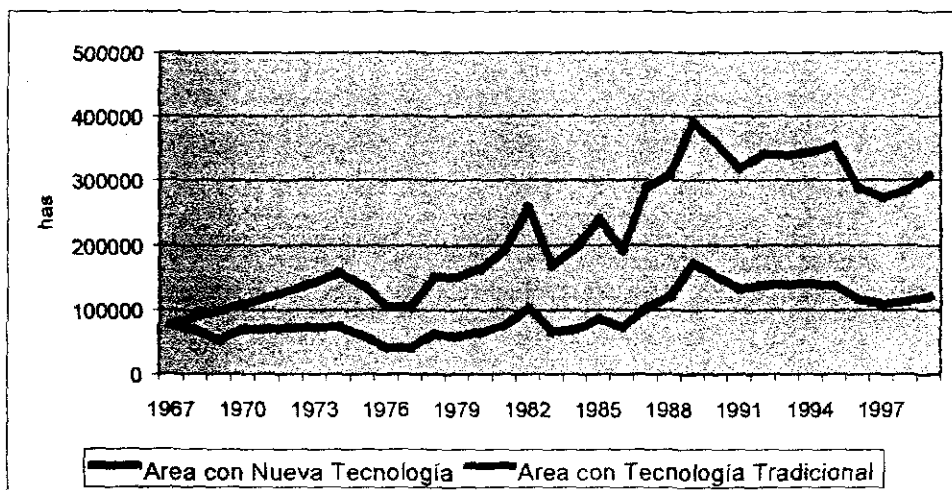
Se estima que en A&O en 1997 en condiciones de tecnología tradicional el cultivo de arroz hubiese ocupado una superficie de 308 mil hectáreas, más del doble de las que efectivamente utilizó.

En la Figuras 24 y 25 se presenta la evolución en el tiempo de los ahorros de tierra en Colombia y en A&O, propiciadas por la modernización del cultivo de arroz.

**Cuadro 24 Efecto del cambio tecnológico sobre la magnitud de las áreas cultivadas de arroz en Colombia: 1967- 1999**



**Cuadro 25 Efecto del cambio tecnológico sobre la magnitud de las áreas cultivadas de arroz en A&O: 1967- 1999**





## **X 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 diferentes que responden a sus distintas particularidades económicas, de la calidad y cantidad de recursos disponibles, de su organización gremial, de la disponibilidad de insumos y de infraestructura y de los riegos de diferente naturaleza que enfrenta cada una de ellas.

El proceso de desarrollo y adopción de nueva tecnologías de arroz ha sido uno de los éxitos de mayor resonancia no solo en Colombia, sino en América Latina en general. Por tratarse de un cultivo de ciclo corto, una elevada proporción de las inversiones y de los gastos en este cultivo se recuperan en un lapso relativamente breve.

Por el contrario, 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 de la inversión en la finca (pastos y ganado) inmovilizados 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 que 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 las estimaciones del área en pasturas durante el período 1993-2000.

La otra región de evaluación fue el piedemonte del Caquetá, en donde el CIAT conjuntamente con la firma Nestlé de Colombia, efectuó dos muestreos en 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 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, por las razones anteriormente señaladas, se adoptaron supuestos conservadores sobre el crecimiento del área en pastizales.

La evolución se ha efectuado empleando principalmente 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 presente 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 ya no la tienen.

Para la evaluación del cultivo de arroz se contó con información histórica para todo el período evaluado.

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

La evaluación en ganadería incluye los impactos sobre la productividad y sobre el uso de tierra. La del impacto en arroz es más completa, e integra las ganancias en productividad, las reducciones del precio en el mercado 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 evaluado un 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 VP de las ganancias de productividad debido a la adopción de pasturas en la zona de Puerto López - Puerto Gaitán se estima que pueden llegar a us\$ 44 millones, equivalentes a una anualidad de us\$ 5 millones, en 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 caquetense.

El impacto económico del cambio técnico en arroz en Colombia y en A&O es de gran magnitud en términos monetarios y en cuanto al 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 en us\$ 1.2 billones, que en términos de una anualidad equivalen us\$136 millones. Para dar una idea de la magnitud relativa de estas cifras se puede anotar 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. Lo anterior implica que la anualidad de los beneficios tecnológicos equivale cerca de una cuarta parte del valor de la producción de 1997, si ésta se valora a precios del productor y a una décima parte si la valoración se hace a precios del consumidor.

Los beneficios del cambio técnico en el cultivo de arroz en A&O se estiman en us\$ 359 millones, equivalentes a una anualidad de us\$38 millones. Estos valores son congruentes con la participación de A&O en la producción arrocería nacional, ya que ellos representan el 28% de los beneficios totales del país.

Dada la caída de los precios reales al consumidor durante el período evaluado y el poco nivel de apertura de dicho mercado, los mayores beneficiados con la adopción de nuevas tecnologías de arroz han sido los consumidores. La región de 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, el grueso de los beneficios se ha concentrado en los consumidores urbanos, en particular en los de Bogotá, el principal centro consumidor de la nación.

Los beneficios tecnológicos estimados tanto en forrajes como en arroz resultan del esfuerzo conjunto, en diferentes etapas del desarrollo y difusión de las nuevas tecnologías, de numerosas entidades nacionales e internacionales, públicas y privadas, que han colaborado en la modernización del sector agropecuario nacional.

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

Es difícil y complicado determinar todos los costos y las inversiones efectuados por las diversas instituciones en el transcurso del tiempo, por lo cual elaborar indicadores de eficiencia económica de las inversiones efectuadas, tales como tasas internas de retorno (TIR) o relación beneficio/costo (B/C), en el momento 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 en

1991 en us\$ de 1985, tales gastos estaban alrededor de 100 millones. (Falconi & Pardey, 1993)

Es importante destacar el rol que han desempeñado 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 mas eficiente y sostenible la producción agropecuaria.

Los resultados que arroja la evaluación efectuada llevan a reflexionar sobre el impacto del cambio técnico y su dimensión temporal. Para la evaluación del impacto técnico se requiere una visión de largo plazo, en un proceso donde 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 como alivio de la pobreza, conservación del medio ambiente y de los recursos naturales y crecimiento de la economía.

Esto implica que se requiere un seguimiento sistematizado de los resultados intermedios que se van logrando en el tiempo, con el propósito de entender el proceso y aplicar los correctivos necesarios cuando se detecten fallas o cuellos de botella y asegurar que el trabajo de investigación y desarrollo efectuado, tendrá a largo plazo un claro impacto social.

## 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** (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 en 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 Orinoquía. Universidad de Los Llanos. Instituto de Investigación de la Orinoquía 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.

**Ramírez Alvaro y Carlos Seré** (1990). *Brachiaria decumbens* en el Caquetá: Adopción y Uso en ganaderías de Doble Propósito. Proyecto Colaborativo Nestlé de Colombia, Fondo Ganadero del Valle, INCORA, SENA, Universidad de la Amazonia, ICA, CIAT. Documento de Trabajo No 67, Cali, 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 Tropileche, Cali, Colombia.

**Rivas Libardo y Federico Holmann** (1999). Adopción temprana de *Arachis pintoi* en el Trópico Húmedo: El caso de los Sistemas Ganaderos de Doble Propósito en el Caquetá Colombia, CIAT, Cali, Colombia, Junio.

**Rivas R., Libardo** (1999). Desarrollo Tecnológico y Crecimiento Económico en la Orinoquía y Amazonía 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.