

---

# Manejo y uso de los suelos de la Altillanura Colombiana

**Análisis económico de una estrategia para su conservación  
y mejoramiento: *Construcción de la capa arable***

*Libardo Rivas, Phanor Hoyos, Edgar Amézquita y  
Diego Luís Molina*

**Proyecto de Evaluación de Impacto  
Proyecto de Suelos**

**Centro Internacional de Agricultura Tropical**



**Convenio MADR - CIAT**



**Cali, Diciembre 2004**

---

## Contenido

Resumen .....	3
1. Introducción .....	6
2. El área geográfica de referencia: la Altillanura colombiana .....	9
3. La construcción de la capa arable.....	12
4. Información utilizada.....	14
5. Metodología.....	19
6. Resultados .....	22
6.1 Rentabilidad y viabilidad.....	22
6.2 Análisis de sensibilidad y riesgo.....	24
7. Monitoreo de la adopción temprana de la tecnología de capa arable en fincas de la Altillanura.....	31
7.1 Metodología.....	32
7.2 Resultados .....	33
7.3 Conclusiones preliminares .....	34
8. Conclusiones Generales .....	37
9. Referencias .....	41

## Resumen

La degradación de los suelos es un problema a escala global que limita la producción de alimentos, la competitividad y la seguridad alimentaria, en particular en los países pobres, que dependen en gran medida de la agricultura como fuente de alimentos y de empleo.

Se estima que en el mundo existen aproximadamente 2 billones de hectáreas, casi una cuarta parte de los recursos de tierras disponibles por el hombre para usos productivos, afectadas de alguna manera por problemas de degradación.

En muchas oportunidades la degradación de los suelos, solo se aprecia a largo plazo, ya que la incorporación progresiva de mayor cantidad de insumos (fertilizantes, correctivos, etc.) disimula temporalmente sus efectos negativos, conservando el nivel de los rendimientos, pero incrementando los costos de producción y deteriorando la competitividad.

En la Orinoquia nacional se tiene una enorme extensión de áreas de sabana con un gran potencial productivo, pero muy susceptibles a la degradación física, química y biológica, tan pronto se establecen cultivos comerciales.

Dentro del marco del Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR – CIAT, el Proyecto de Suelos del CIAT y varias instituciones nacionales colaboradoras, han diseñado nuevas alternativas para el manejo y la conservación de los suelos de esa región. Estas técnicas, giran alrededor del concepto de “construcción de una capa arable”, que busca transformar suelos frágiles y de baja productividad, en recursos de alta calidad, mediante prácticas planificadas de mejoramiento físico, químico y biológico.

Este estudio evalúa la rentabilidad económica a escala micro, de tres alternativas de construcción de capa arable en la Altillanura Oriental del país. Las secuencias de actividades de las alternativas evaluadas se estructuran así:

Alternativa 1: 1) Siembra y establecimiento, durante un año, de una pradera compuesta por una gramínea y una leguminosa. 2) Ciclo de pastoreo de 2 a 3 años, durante el cual se desarrollan actividades de ceba de novillos y 3) Establecimiento de un sistema de rotación semestral de cultivos maíz - soya, durante un año. Transcurrido un lapso de 4 a 5 años, la capa arable queda construida.

La Alternativa 2 es similar a la primera, con la diferencia que su primer componente, el establecimiento de la pastura, incluye adicionalmente un cultivo, en este caso se establece una gramínea + leguminosa + arroz. El período de construcción de la capa arable va de 4 a 5 años.

La Alternativa 3 se inicia con una serie de rotaciones semestrales de cultivos (arroz – maíz) por un lapso de dos a tres años, para posteriormente establecer una pastura asociada con un cultivo. (maíz) Se estima que la formación de la capa arable tarda entre 3 y 4 años.

La información de costos, inversiones, rendimientos, fue aportada por el Proyecto de Suelos del CIAT con base en los trabajos de campo desarrollados por este grupo en la Altillanura colombiana.

El estudio simula un ciclo de 10 años de producción para cada una de las alternativas evaluadas. Con el fin de determinar su conveniencia económica, se calculan dos indicadores de rentabilidad: Valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno. (TIR)

Las opciones consideradas son atractivas desde la óptica económica, no obstante la tercera opción presenta los mejores indicadores de rentabilidad: 57% de retorno anual, frente 20 y 37% de las alternativas 1 y 2, respectivamente.

Se efectuó un análisis de sensibilidad de los índices de rentabilidad frente a condiciones adversas tales como bajas en los precios de los cultivos y del ganado y reducciones de la capacidad de carga de las pasturas y de los rendimientos de los cultivos.

Se concluye que los cambios no deseados en las variables relacionadas con los cultivos (precios y rendimientos), tienen mayor incidencia sobre la rentabilidad, que las variaciones asociadas con el componente ganadero. Esto implica que los primeros constituyen la principal fuente de riesgo. Adicionalmente, el establecimiento de pasturas asociadas con cultivos, otorga una clara ventaja a las alternativas 2 y 3, en términos de rentabilidad económica. No obstante el establecimiento de cultivos requiere el empleo de maquinaria, que es escasa en la zona, por lo cual los productores de pequeña escala, que no tienen maquinaria propia, afrontan riesgos de no obtenerla oportunamente en los períodos críticos de siembra y de cosecha. Otra limitante es la escasa disponibilidad de capital de trabajo para el establecimiento de los cultivos por parte de productores pequeños y sin acceso al crédito.

La estructura de los costos de establecimiento tanto de las pasturas como de los cultivos, muestra una elevada participación de la fertilización y la maquinaria, dentro de los costos directos totales. (entre 72 y 83%) En consecuencia, toda estrategia dirigida a bajar los costos de establecimiento, debe enfatizar en éstos dos elementos de costo.

Los proyectos de formación de capa arable en las fincas de la región, deben enmarcarse dentro de una perspectiva de mediano y largo plazo. Si se estiman los indicadores de rentabilidad, considerando solamente el período exacto que se requiere para la construcción de una capa arable, se encuentra que las alternativas 1 y 2 no resultarían rentables. Esto indica que una vez mejorado el suelo, la actividad productiva debe continuar, para recuperar la totalidad de los fondos invertidos.

Se evidencia que la opción 3 resulta ser la más sólida, ya que aparte de mostrar niveles de rentabilidad mayores, presenta la particularidad que los fondos invertidos en su implementación se recuperan más rápidamente.

Las rotaciones de pastos y de cultivos generan mayor eficiencia en el uso de los insumos, particularmente de los fertilizantes, ya que el aprovechamiento de la fertilización residual conduce a reducciones significativas en los costos de establecimiento.

La implementación de la tecnología de capa arable a gran escala en la Altillanura del país, representa un cambio técnico de gran magnitud con significativos efectos económicos y ambientales. En el contexto micro los efectos económicos esperados se manifiestan en avances de la productividad, diversificación de la producción e incrementos de los ingresos y la rentabilidad de las inversiones. A escala regional y nacional, la adopción masiva de éstas tecnologías conservacionistas implicaría la ampliación y diversificación de la oferta agregada de alimentos y materias primas, con impactos positivos sobre los niveles nutricionales de la población, el ritmo de crecimiento económico general y la preservación del capital nacional en recursos naturales y biodiversidad.

El lograr éstas metas, implica profundos cambios en los actuales sistemas de producción, que tradicionalmente se han orientado casi exclusivamente a la producción ganadera. La adopción de tecnologías de construcción de capas arables, implica el desarrollo de habilidades y capacidades nuevas, para el adecuado manejo de los diversos componentes de pastos, de cultivos anuales y semestrales y de forestales.

Un tema crítico es generar y difundir información técnica y económica de apoyo para la toma de decisiones de producción en la finca, que facilite la transición desde los sistemas tradicionales hacia otros más tecnificados y diversificados.

El estudio incluye un sondeo rápido en fincas del área de Puerto López – Puerto Gaitán en el departamento del Meta para conocer el estado inicial y las tendencias del proceso de adopción temprana de las tecnologías de capa arable.

Los entrevistados, mostraron gran interés por mantener y mejorar la calidad de los suelos, dado que en la Altillanura el empleo de prácticas conservacionistas, tiene una alta y rápida respuesta en términos de rendimientos de los cultivos y de las pasturas.

En todos los casos en que se realiza agricultura, los productores han disminuido el empleo de maquinaria, usando labranza vertical con cinceles, encalando, incorporando material vegetal, efectuando siembra directa en el segundo semestre, control químico de malezas y en casos puntuales control biológico de plagas.

Como grandes limitaciones para el mejoramiento de los suelos en la Altillanura, los productores señalaron razones económicas como fluctuaciones pronunciadas de los precios de los cultivos, falta de insumos críticos como cal, semillas de buena calidad y maquinaria y graves deficiencias en la red vial, que implican grandes sobrecostos a los productores de la región.

**Palabras Clave:** *Suelos, degradación, capa arable, altillanura, Colombia*

# **Manejo y uso de los suelos de la Altiplanura colombiana**

## **Análisis económico de una estrategia para su conservación y mejoramiento: *Construcción de la capa arable***

*L. Rivas, P Hoyos, E. Amézquita y D. L Molina<sup>1</sup>*

### **1. Introducción**

La pérdida de recursos de suelos debido a su degradación es un tema importante a escala global, por sus efectos negativos sobre la productividad y la competitividad agrícola, el medio ambiente y la seguridad alimentaria. Se trata de un tema de especial relevancia para los países en desarrollo, ya que su crecimiento poblacional pone cada vez mayor presión sobre los recursos de tierra y los recursos naturales en general.

La degradación de los suelos es un problema que a largo plazo, afecta significativamente la base de recursos naturales, la capacidad de producir alimentos y la seguridad alimentaria en el planeta, en particular de los grupos poblacionales de menores recursos económicos.

La evaluación global del deterioro de los recursos de tierras, inducido por la actividad humana muestra que el 15% del área disponible ha sufrido mermas en su capacidad productiva. De ese total, el 13% confronta problemas de degradación en el rango de ligera a moderada y en el 2% restante, la gravedad del problema se cataloga como severa o muy severa (ISRIC –UNEP – FAO, 1996)

De otra parte, el estudio GLASOD (Global land assessment of soil degradation) estima que en el planeta, de un total de 8.7 billones de hectáreas de tierras con potencial agrícola, aproximadamente 2 billones (23%) están degradadas. El 3.5 % (0.3 billones) presenta un daño tan severo, que solo puede revertirse con fuertes inversiones en obras de ingeniería. El 10% (0.9 billones) presenta moderada degradación, reversible mediante inversiones significativas en el ámbito de las unidades de producción y el 9% restante (0.8 billones) ha sufrido degradación leve, que se puede corregir mediante cambios en las prácticas de manejo y de uso del suelo.

El resultado final del deterioro de los suelos es la caída de los rendimientos, que en casos extremos resulta en la pérdida definitiva de la tierra como factor de producción. En muchas oportunidades los efectos de la degradación tan solo se aprecian a largo plazo, ya que la incorporación progresiva de más insumos (fertilizantes, correctivos etc.) disimula temporalmente los efectos negativos, manteniendo el nivel de rendimientos pero incrementando los costos de producción.

---

<sup>1</sup> Economista Msc. Proyecto de Evaluación de Impacto; Zootecnista Msc. Consultor Proyecto de Suelos; Físico de Suelos, Ph.D. e Ingeniero agrónomo, Proyecto de Suelos.

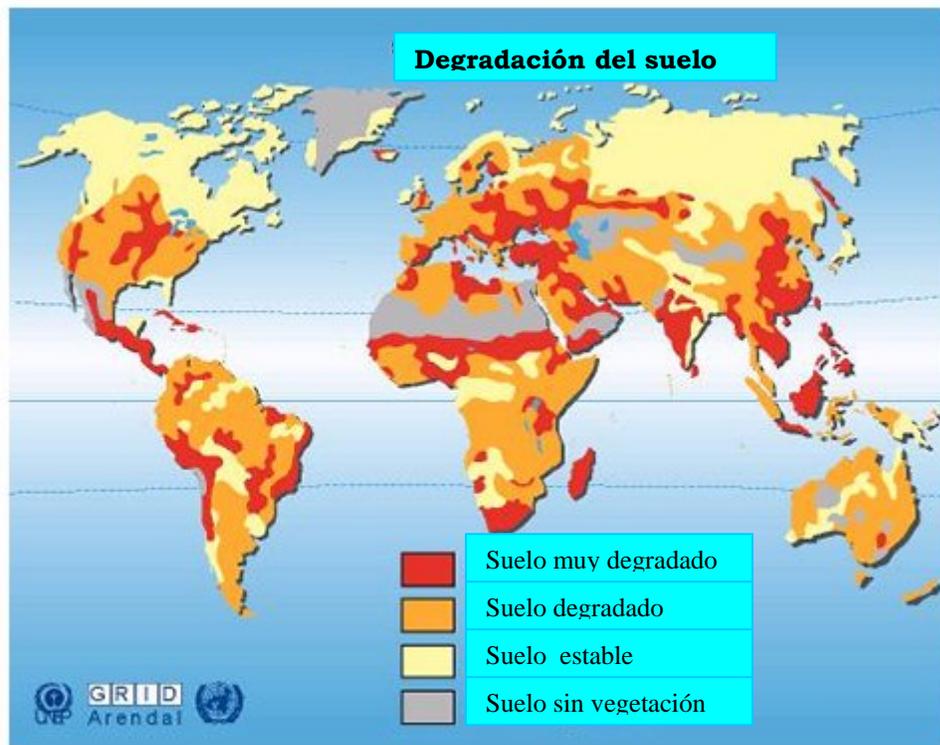
Si bien aparecen tierras degradadas en todos los continentes, los impactos económicos negativos de mayor magnitud se aprecian en los países que dependen en mayor medida de la agricultura, como fuente de ingresos y de empleo.

La creciente expansión de la población, particularmente en los países más pobres, pone una gran presión sobre los recursos de tierras. Aproximadamente 5.5 billones de personas, en la actualidad utilizan el 10% del área de la tierra, para desarrollar cultivos y actividades ganaderas. (Erosion and Soil Degradation, 2004)

En Colombia, la Orinoquia es una vasta reserva de recursos de tierras, energéticos mineros, agrícolas, pecuarios y de biodiversidad, de importancia estratégica para el desarrollo del país en las próximas décadas. Este enorme territorio cuenta con aproximadamente 26 millones de hectáreas, de las cuales más de la mitad (53%) corresponde a Altillanura bien drenada, en tanto que una quinta parte es Altillanura mal drenada. (Mejía, 1984)

Estos recursos de tierra son muy frágiles dada su alta susceptibilidad a la degradación física, química y biológica, tan pronto se establecen en ellos cultivos comerciales. Los especialistas en el tema han encontrado que la labranza con rastra de discos está causando altos niveles de compactación en los primeros 10 –20 centímetros de profundidad.

Figura 1 **Degradación de suelos a escala global**  
Un problema sin fronteras



Fuente: FAO – GRID - Arendal

El uso de implementos inapropiados, asociado con la intensa precipitación típica de la región, deriva en severos daños de la estructura física del suelo que conducen al sellamiento de la capa superficial y la consecuente reducción drástica de las tasas de infiltración, flujo de aire y agua, afectando la disponibilidad de nutrientes, de por sí bajos en éstos suelos.

Bajo condiciones naturales, los suelos de sabana en el trópico colombiano, no ofrecen un medio apropiado para el desarrollo agrícola sostenible. En este ambiente, el monocultivo continuo presenta un pobre desempeño, debido al rápido deterioro de sus rendimientos, como resultado de la alta susceptibilidad a la degradación de los suelos, agravada como ya se anotó, por el uso de maquinaria inadecuada. (Amézquita et. al, 2000)

Las particularidades de los suelos de la Altillanura han sido estudiadas por un amplio grupo de investigadores (entre otros, Spain 1993; Aristizábal et. al, 1999; Almanza y Argüelles, 1998; Rippstein, 1993; Amézquita, 1998, 1999, 2002; Phiri, et al, 2003) quienes en general los catalogan como poco fértiles y muy propensos a la erosión y a la degradación estructural.

No obstante la alta probabilidad de degradación de los suelos de la Altillanura, éstos problemas pueden ser prevenidos, controlados y/o revertidos, mediante diversos estrategias de manejo y uso de los mismos.

Entre 1994 y 1999, dada la precaria sostenibilidad de los suelos de la Altillanura, se enfatizó en los estudios sobre física, química y microbiología, que dieron lugar a un diagnóstico más preciso de los suelos de sabana nativa, bajo múltiples usos. Esto derivó en el desarrollo de indicadores de degradación en términos físicos, químicos y biológicos. A partir de 1999 y hasta 2003, con base en los indicadores anteriores y a través de diferentes proyectos interinstitucionales, con participación de Colciencias, Corpoica, Pronatta, Ministerio de Agricultura y Unillanos, se diseñaron las estrategias para la construcción y mantenimiento de las capas arables, de acuerdo con metas preestablecidas de mejoramiento del suelo, en función de los requerimientos de los sistemas de producción a implementar. (Hoyos et al, 1999 y Amézquita et al, 2004)

La formación de la capa arable incluye el mejoramiento físico del suelo mediante la labranza vertical con cinceles, aplicación de enmiendas de fertilización para mejorar sus condiciones químicas y la siembra de material vegetal, adaptado a condiciones de acidez y baja fertilidad, para la impulsar la actividad biológica. El desarrollo de germoplasma mejorado de pastos y de cultivos, actualmente disponible y con los atributos señalados, es el resultado del trabajo conjunto del CIAT, CORPOICA y el CIMMYT en la Altillanura colombiana.

La viabilidad económica a escala de finca de las nuevas alternativas de recuperación, mantenimiento y uso del suelo, depende de sus costos y de los niveles de productividad que se alcancen.

El propósito de éste documento es evaluar la conveniencia económica en el contexto micro, de la adopción de las nuevas metodologías de formación de capa arable en ésta región colombiana, El estudio evalúa tres alternativas técnicas para la construcción de una capa arable, que implican diferentes secuencias de los componentes de pastos y de cultivos, en la construcción de la misma.

La Alternativa 1 se estructura de la siguiente forma: 1) Siembra y establecimiento durante un año de una pastura mejorada. 2) Ceba de novillos durante un lapso de 2 a 3 años, aplicando fertilización de mantenimiento. 3) Rotación de cultivos semestrales, arroz y soya, durante un año. Transcurridos 4 a 5 años, la capa arable queda construida.

La Alternativa 2 incluye: 1) Establecimiento de una pastura asociada (pasto + arroz), la cual al cabo de un año está lista para el pastoreo. 2) Ceba de novillos durante un lapso de 2 a 3 años, efectuando rotación de praderas y fertilización de mantenimiento. 3) Siembra rotacional de cultivos: maíz en el primer semestre y soya en el segundo. En el lapso de 4 – 5 años la capa arable está disponible.

La Alternativa 3 presenta la siguiente secuencia: 1) Rotación durante un período de 2 a 3 años de cultivos semestrales, iniciando con maíz y terminando con soya. 2) Establecimiento, durante el tercero o cuarto año, de una pastura asociada con maíz, la cual al año puede ser pastoreada. Esta alternativa implica que la capa arable queda construida al tercer o cuarto año. La Figura 4 ilustra las secuencias de pastos – cultivos de las alternativas consideradas.

Dado que algunos productores de la Altillanura han comenzado a utilizar prácticas conservacionistas de uso del suelo, el estudio incluye un sondeo rápido efectuado en fincas de la zona Puerto López – Puerto Gaitán en el Departamento del Meta, para identificar y entender las principales tendencias y facetas de éste incipiente proceso de cambio técnico. Este esfuerzo representa un primer paso hacia un seguimiento y evaluación más rigurosos, de los procesos de adopción tecnológica en ésta parte del país.

## **2. El área geográfica de referencia: la Altillanura colombiana**

La Altillanura colombiana se extiende desde el municipio de Puerto López, sobre la margen derecha del río Meta, hasta la desembocadura del Orinoco, estimándose que contiene un área con potencial agrícola de aproximadamente 4.5 millones de hectáreas. En este territorio predomina una sabana herbácea extensa y continua, presentándose también especies leñosas, aisladas o agrupadas en bosques de galería, que bordean los cursos de agua. Sus suelos se caracterizan por la elevada acidez ( ph 3.8 – 5.0), alto contenido de aluminio (frecuentemente mayor del 80%), baja capacidad de intercambio catiónico y pobre fertilidad, por el bajo contenido de materia orgánica que resulta en escasa disponibilidad de nutrientes para las plantas (P, N, Ca, Mg y K)

La actividad económica predominante en la región es la ganadería extensiva de cría y levante de vacunos. La producción de cultivos presenta limitaciones originadas

principalmente por la pobreza de los suelos y la saturación de aluminio (Al). Los problemas de infraestructura vial y de servicios de apoyo a la producción constituyen serios cuellos de botella para la producción agrícola en la Altillanura. Sin embargo, esta región por sus ventajas comparativas, es estratégica para la expansión de la frontera

**Cuadro 1 Distribución de la tierra en Puerto López, Meta**

Estrato de tamaño (has)	Área (has)		No de fincas	
	Total	% del total	Total	% del total
3 <	25125	3.6	740	33.1
3 > 50	16892	2.4	502	22.5
50 > 200	57469	8.3	370	16.6
200 > 500	109702	15.8	278	12.4
500 > 1000	242539	35.0	240	10.7
1000 > 2000	101488	14.6	62	2.8
2000 >	139537	20.1	41	1.8
Total	692752	100.0	2233	100.0

Fuente: Plan de Ordenamiento territorial de Puerto López, basado en información de IGAC, 1999

agrícola nacional, encaminada a incrementar y diversificar la producción de alimentos y materias primas, en un país con alta dinámica demográfica y amplios sectores de la población marginados y con graves carencias alimentarias.

Los sistemas de producción tradicionales son extensivos con énfasis en la ganadería vacuna. En la medida en que nuevas opciones de producción aparecen en la región, en particular germoplasma mejorado de pastos y de cultivos, adaptado a las condiciones edáficas y climáticas de la zona, los sistemas de producción tienden a intensificarse y a diversificarse. Un estudio de Cadavid (1995), documenta que la introducción progresiva de pastos mejorados, particularmente del género *Brachiaria*, en las fincas ganaderas de la Altillanura fue muy dinámica en el período 1986 –1997. En dicho lapso, en el área de los municipios de Puerto López y Puerto Carreño, la superficie en pastos mejorados creció más del doble, pasando de 89 mil a 173 mil hectáreas. Se destaca la aparición de nuevos materiales de *Brachiaria*: *B. humidicola*, *B. brizantha*, *B. dictyoneura*, sembradas como monocultivo o asociadas con leguminosas tales como *S. Capitata*, *D. Ovalifolium* y *A. Pintoi* (Cadavid, 1995). Una estimación hacia el 2000, basada en las cifras reportadas por Cadavid, señala que el área total en pasturas en la zona es aproximadamente 1.1 millones de hectáreas, de las cuales el 22%, corresponde a pasturas mejoradas (Rivas, 2004)

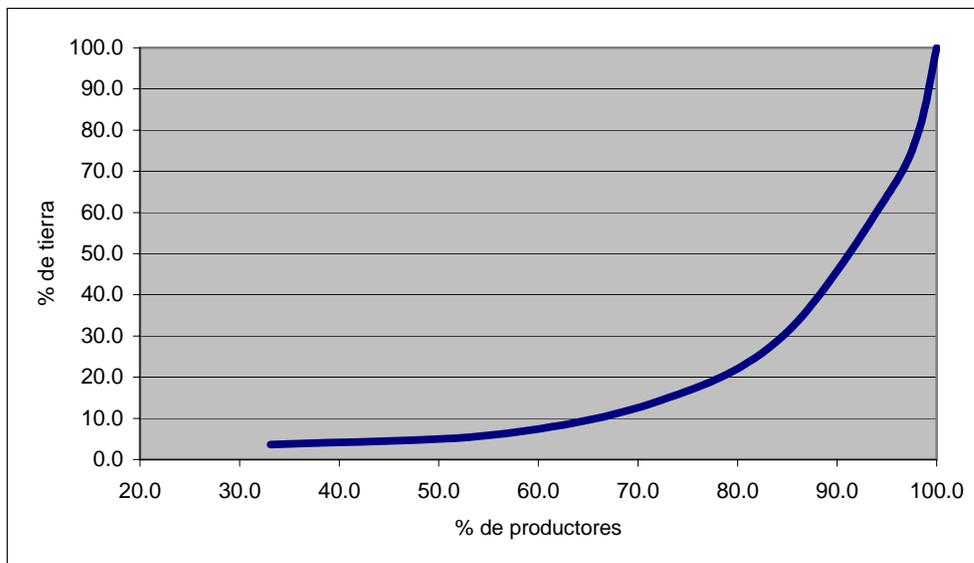
Tradicionalmente la agricultura se ha desarrollado en las vegas de los ríos, estimándose que las áreas agrícolas no superan las 20 mil hectáreas, casi la mitad de ellas dedicadas al cultivo de arroz y el resto a maíz, yuca, plátano, cítricos y palma aceitera. La escasa disponibilidad de germoplasma de cultivos, adaptado a las condiciones particulares de la Altillanura, ha sido una de las principales causas que explican el lento avance de la agricultura en ésta zona de Colombia. Los nuevos desarrollos técnicos que implican ampliación de la oferta de germoplasma de pastos y de cultivos adaptado y los novedosos enfoques integrales de producción que integran el germoplasma mejorado con nuevas prácticas de manejo y uso de los recursos de suelos, abren una perspectiva muy promisoriosa para el despegue de la producción agropecuaria en la Altillanura.

La distribución de la tierra en el municipio de Puerto López (Meta) sirve para ilustrar el tema de la tenencia de la tierra en el área objetivo. El Cuadro 1, muestra que hay un número significativo de explotaciones agropecuarias menores de 50 has (56% del total), que controlan una fracción muy baja de la tierra total disponible (6%). Un poco más de la mitad del área total se ubica en las fincas del rango 200 – 500 has, que agrupa el 23% del total de fincas. Lo anterior evidencia un alto grado de concentración de la tierra, tal como se observa en la Figura 2, que muestra la curva de Lorenz.

Se espera que los nuevos esquemas de producción que mejoran la calidad del suelo e incrementar su productividad, como es el caso de la construcción de capas arables, tengan un impacto significativo sobre el grupo de pequeños y medianos productores, con fincas menores de 50 hectáreas, que poseen limitadas cantidades de tierra, y que constituyen un poco más de mitad del total de productores. Las nuevas alternativas tecnológicas permitirían diversificar la producción, reducir los riesgos económicos y biológicos y aumentar los ingresos, haciendo más viables, rentables y sostenibles las explotaciones de pequeña escala.

El impacto potencial de las tecnologías de conservación de suelos en la región de interés, tiene diferentes implicaciones según la escala de los productores. Para los de pequeña escala, que son numerosos pero que controlan una pequeña fracción de la tierra total disponible, el mayor impacto se genera a través de la equidad, al mejorar sus ingresos

Figura 2 **Concentración de la propiedad de la tierra en Puerto López (Meta)**  
Curva de Lorenz

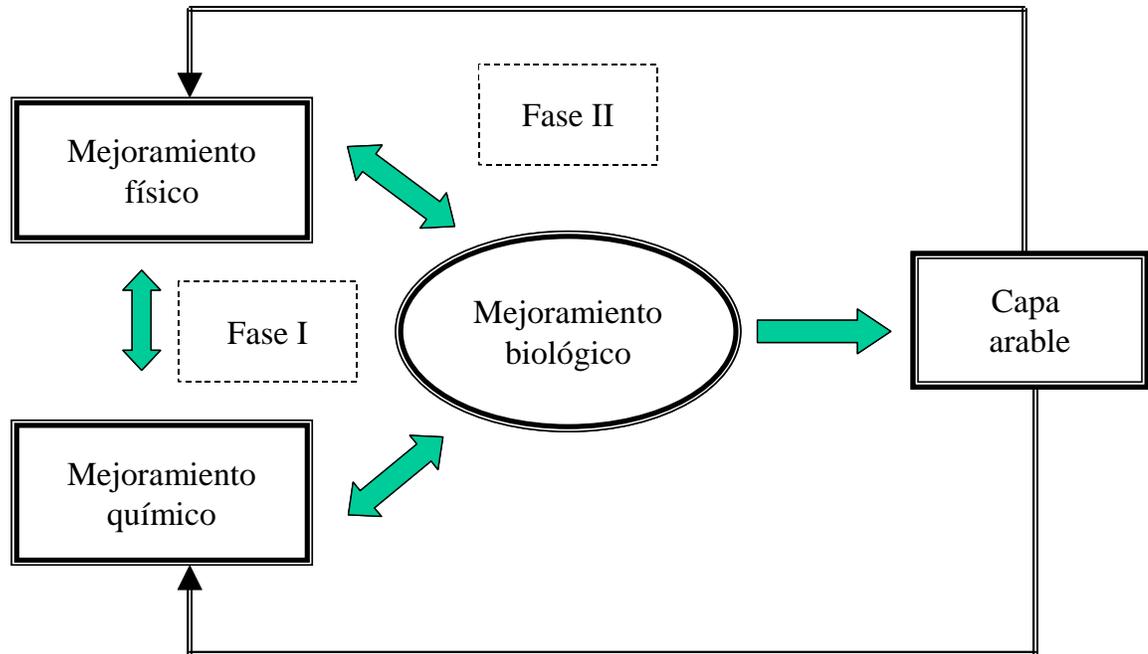


y nivel de vida. En el caso de los agricultores de gran escala, que son pocos y controlan la mayor parte de la tierra disponible, los beneficios esperados se originan principalmente en la conservación del recurso suelo y la generación de empleo, ingresos y producción, que impulsen el crecimiento económico general.

### 3. La construcción de la capa arable

Desde hace varios años, con el apoyo del Ministerio de Agricultura de Colombia y dentro del marco del Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR – CIAT, se viene trabajando en el desarrollo de nuevas tecnologías de manejo y uso de los suelos de

Figura 3 Fases del proceso de construcción de capa arable

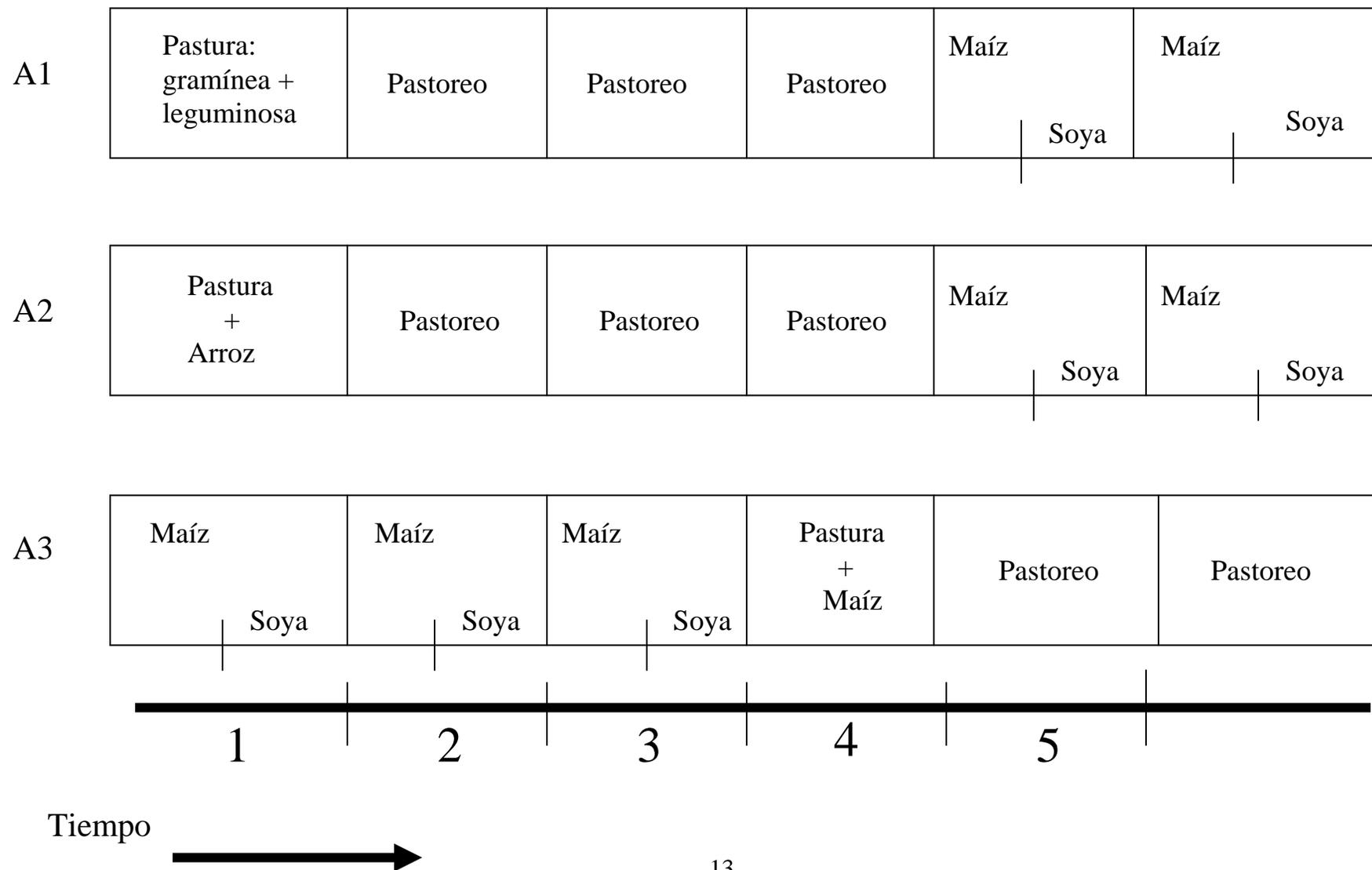


Fuente: Ciat – Colciencias - Corpoica (1998)

la Altillanura, para establecer modernos sistemas de producción eficientes y sostenibles. Las tecnologías propuestas giran alrededor del concepto de “construcción y mantenimiento de una capa arable” en esos suelos pobres, para posteriormente establecer sistemas de pastos y de cultivos, de alta productividad sostenibles en el tiempo. Esta se define como una capa de suelo, en la cual las limitaciones físicas, químicas y biológicas sean mínimas (Amézquita, et al, 2000, 2001, 2004)

La idea central es transformar suelos de baja productividad en recursos altamente productivos, mediante prácticas planificadas de mejoramiento físico, químico y biológico (Figura3). Las condiciones físicas del suelo se mejoran mediante la labranza vertical con cinceles rígidos a profundidades no mayores de 30 centímetros, lo cual permite fraccionar el suelo y superar limitaciones físicas como alta densidad aparente, sellamiento superficial, tasas de infiltración bajas y dificultades para la penetración de las raíces de los pastos y de los cultivos (Amézquita et al., 1998; Amézquita 2000b) Las flores en el jardín

Figura 4 **Secuencias de rotaciones de tres alternativas de construcción de capa arable en la Altillanura colombiana**



Se efectúan enmiendas químicas al suelo (cal + fertilizantes) para incrementar su fertilidad y reducir los problemas de acidez. El uso de material vegetal, gramíneas y leguminosas forrajeras, genéticamente adaptado a elevada acidez y baja fertilidad, capaz de producir sistemas de raíces extensos, fuertes y fibrosos, apunta a incrementar la actividad biológica y a mejorar la cantidad y calidad de la materia orgánica.

La tecnología de capa arable es un enfoque holístico para enfrentar la problemática de los suelos de la Altillanura. En el pasado reciente, las soluciones propuestas se enfocaban exclusivamente a superar los problemas físicos y/o químicos. Las nuevas alternativas involucran también al germoplasma, como mecanismo para el mejoramiento y la conservación de los suelos.

Los científicos que trabajan en el tema, plantean que la formación y mantenimiento de una capa arable, es un proceso con una secuencia claramente definida en el tiempo. En su fase inicial, el trabajo de formación se orienta a la preparación y enmienda del suelo, de tal manera que mejore su aptitud para el crecimiento de los pastos y de los cultivos. (Figura 3)

Una vez agotada ésta fase, se establecen los cultivos cuyas raíces se desarrollan y sus hojas caen, lo cual es beneficioso para el suelo. En la medida en que se repiten los ciclos de cultivos y pastos, se observa un mejoramiento progresivo del suelo, que permite el establecimiento gradual de germoplasma con mayores requerimientos nutricionales y más productivo. Lo anterior resulta en una espiral ascendente de interacción de factores bióticos y abióticos, que conduce finalmente a la obtención de una capa arable con condiciones físicas, químicas y biológicas, que permite el desarrollo de una agricultura sostenible y eficiente. (Ciat – Colciencias - Corpoica, 1998)

La evaluación económica efectuada supone que la construcción de la capa arable se inicia a partir de una sabana nativa que se incorpora a la producción. Los investigadores consideran que no habría una diferencia significativa en términos de costos, si se parte de un suelo degradado, previamente usado con cultivos o con pastos.

#### **4. Información utilizada**

Los datos para la evaluación económica de tres alternativas para la construcción de la capa arable en la Altillanura Oriental, fueron suministrados por los técnicos del Proyecto de Suelos del CIAT, quienes basándose en experiencias de campo, aportaron la información sobre las inversiones, gastos y rendimientos de cultivos, involucrada en cada una de las alternativas consideradas.

La alternativa 1 se inicia con el establecimiento de una pradera mixta, una gramínea mezclada con una leguminosa, la cual está lista para su utilización al cabo de un año. Luego de pastorearla, se establece un sistema de rotaciones semestrales de cultivos, en este caso maíz y soya (Figura 4) La información de costos se expresa en \$ colombianos del año 2002. La inversión inicial de establecimiento de la pastura asociada (gramínea +

leguminosa), supera ligeramente el millón de pesos por hectárea. (Cuadro 3) Los costos directos (fertilización, semilla, maquinaria y mano de obra), representan el 65% de la inversión inicial.

Los de mayor relevancia son los de fertilización al establecimiento, casi 30% del costo total, y el de maquinaria para la preparación del suelo, 17%. (Figura 5)

El Cuadro 3 presenta los costos de siembra de la rotación maíz – soya. El costo de establecimiento del maíz en el primer semestre casi duplica al de la soya del segundo semestre. Esto obedece a que el último cultivo aprovecha la fertilización residual del maíz, por lo cual sus costos de fertilización se reducen sustancialmente. En otras palabras, algunos costos efectuados en el primer semestre, benefician al cultivo del segundo. Aunque el margen bruto/ha para soya, resulta significativamente mayor que el del maíz, la evaluación económica de los componentes individuales no tiene mayor sentido, dadas las interacciones existentes entre ellos, lo que obliga a la evaluación económica del sistema de producción en su conjunto

En la alternativa 2, la construcción de la capa arable se inicia con el establecimiento de una pastura mixta, conformada por una gramínea y una leguminosa, asociada con arroz. (Figura 4) Después de efectuar el pastoreo, se establece la rotación semestral de cultivos.

El costo de establecimiento de la asociación pastura – cultivo, supera ampliamente al de la pradera sola. Este efecto negativo es contrarrestado por el hecho de que al finalizar el primer semestre, se reciben los ingresos por la venta de arroz. En el presente caso, esos recursos monetarios financian totalmente el costo inicial de establecimiento. (Cuadro 4) Los rendimientos de arroz, 4.0 tm/ha, están casi al nivel del rendimiento de equilibrio, 3.9 tm. - cantidad de arroz por hectárea que es necesario producir para cubrir totalmente el costo de establecimiento de la asociación pastura + arroz - Los costos de instalación de la rotación maíz – soya de la segunda alternativa, son exactamente iguales a los de la primera y corresponden a los que se presentan en el Cuadro 3.

En la alternativa 3, el proceso de formación de la capa arable comienza con un sistema rotacional de cultivos semestrales (maíz - soya) por un lapso de dos a tres años, luego del cual se establece una pastura mixta asociada con un cultivo, en éste caso maíz. Las rotaciones de cultivos, previas a la siembra de la pastura, ayudan a reducir sus costos de fertilización de establecimiento. Nuevamente, al asociar la pastura con un cultivo (maíz), se obtienen ingresos que permiten financiar el costo total de instalación de la asociación.

**Cuadro 2 Costo de establecimiento de una pastura mixta, gramínea + leguminosa en la Altillanura Oriental de Colombia ('000 \$ de 2002/ha)**

Costo establecimiento	Unidad	Cantidad	Valor unitario \$	Costo Total ('000\$/ha)
Fertilización establecimiento	kilos			318.8
Cal dolomita		1000	105	105.0
Roca fosfórica		500	163	81.5
Clorato de potasio		100	500	50.0
Sulpomag (18-22% K, 18% Mg, 27% S)		100	400	40.0
Urea		50	500	25.0
Sulfato de zinc		10	1726	17.3
Fertilización mantenimiento	kilos			77.3
Cloruro de potasio		120	500	60.0
Sulfato de zinc		10	1726	17.3
Semilla	kilos			120.0
Gramínea		4	15000	60.0
Leguminosa		4	15000	60.0
Maquinaria	pases			180.0
Encalada (cal + roca)		1	15000	15.0
Arado de cinceles (a 20cms)		2	30000	60.0
Rastra de discos		1	20000	20.0
Sembradora – abonadora		1	30000	30.0
Abonadas (1 <sup>ero</sup> , 2 <sup>do</sup> , y 3 <sup>er</sup> año)		3	5000	15.0
Escardillos (2 <sup>do</sup> y 3 <sup>er</sup> año)		1	20000	20.0
Total costos directos				696.0
Imprevistos (%)	%	10		70.0
Arrendamiento (años)	año	3	84000	252.0
Asistencia técnica (años)	año	3	15000	45.0
Total costos indirectos				367.0
Costo total				1063

Fuente: Proyecto de Suelos del CIAT

Para obtener un equilibrio de ingresos y de costos, dado un precio de \$430 mil por tonelada, se requiere lograr un rendimiento del maíz, no inferior a 3.5 tm. por hectárea. Por otro lado, dado un rendimiento de 4.5 tm./ha, obtenido a escala comercial, el precio recibido por el productor no puede bajar de \$333 mil pesos por tonelada, para poder cubrir totalmente el costo de establecimiento, con los ingresos por la venta del maíz. (Cuadro 5)

**Cuadro 3 Costos de establecimiento de la rotación maíz - soya para formación de capa arable en la Altillanura Oriental de Colombia**  
(‘000 \$ de 2002/ha)

Costo	Costo (‘000 de \$/ha	
	Semestre A: maíz	Semestre B: soya
Costos directos	1407.0	743.6
Abonos	703.8	296.9
Cal dolomita	262.5	
Sulcamag (0.87% P, 25% CaO,13% MgO, 8% S)	70.0	70.0
DAP (fosfato diamónico: 18-21% N, 46-53% P)	120.0	120.0
Cloruro de potasio	100.0	50.0
Urea	100.0	
Zinfosil (zinc + boro)	51.3	51.3
Molibdato		5.6
Herbicidas	30.0	30.0
Glifosato	30.0	30.0
Maquinaria y transporte	512.5	240.0
Aplicación de herbicidas	15.0	15.0
Encalada	15.0	
Arado de cinceles (30 cmts.)	80.0	
Rastra de discos	20.0	
Sembradora – abonadora	50.0	50.0
Abonadas	30.0	
Recolección de cosecha	100.0	100.0
Transporte cosecha	135.0	75.0
Secado de grano	67.5	
Semilla	114.5	104.0
Otros insumos	46.2	72.7
Trichogramma	20.0	30.0
Telenomus	22.5	22.5
Lorsban	3.7	3.7
Inóculo de semilla		16.5
Costos indirectos	249.0	100.0
Imprevistos	140.0	75.0
Arrendamiento	84.0*	
Asistencia técnica	25.0	25.0
Costo total	1656.0	843.6
Rendimiento (tm./ha. )	4.5	2.5
Costo/tm.	368.0	337.4
Precio al productor (‘000\$/tm.)	430.0	785.0
Margen bruto (‘000\$/tm.)	62.0	447.6

\* Valor anual

Fuente: Proyecto de Suelos del CIAT.

**Cuadro 4 Costo de establecimiento en la Altillanura de una pastura asociada gramínea + leguminosa + arroz ('000 \$ de 2002/ha)**

Costo establecimiento	Unidad	Cantidad	Valor unitario \$	Costo total ('000\$/ha)
Fertilización establecimiento	kilos			546.3
Cal dolomita		1000	105	105.0
Sulcamag (0.87% P, 25% CaO,13% MgO, 8% S)		200	350	70.0
DAP (fosfato diamónico: 18-21% N, 46-53% P)		200	600	120.0
Cloruro de potasio		200	500	100.0
Urea		200	500	100.0
Zinfosil (zinc + boro)		20	2564	51.3
Fertilización mantenimiento	kilos			77.3
Cloruro de potasio		120	500	60.0
Sulfato de zinc		10	1726	17.3
Semilla	kilos			240.0
Gramínea		4	15000	60.0
Leguminosa		4	15000	60.0
Arroz		100	1200	120.0
Maquinaria & transporte	pases/ha			445.0
Encalada		1	15000	15.0
Arado de cinceles (a 30 cmts)		2	40000	80.0
Rastra de discos		1	20000	20.0
Sembradora – abonadora		1	50000	50.0
Abonadas arroz		2	15000	30.0
Abonadas (2 <sup>do</sup> y 3 <sup>er</sup> año)		2	5000	10.0
Escardillos (2 <sup>do</sup> y 3 <sup>er</sup> año)		2	20000	40.0
Recolección	kilos	4000	20	80.0
Transporte cosecha	“	4000	30	120.0
Otros insumos				23.7
Tichogramma	pulgadas	200	200	20.0
Lorsban	kilos	1	3700	3.7
<b>Total costos directos</b>				<b>1332.3</b>
Imprevistos (%)	%	10		133.0
Arrendamiento	año	3	84000	252.0
Asistencia técnica:				70.0
arroz	año	1	25000	25.0
pastos	“	3	15000	45.0
<b>Total costos indirectos</b>				<b>455.0</b>
<b>Costo total</b>				<b>1787.3</b>
Rendimiento arroz (tm/ha)			4.0	
Precio de arroz al productor ('000 \$/tm.)			464.0	
Ingreso por venta de arroz ('000 \$/tm.)			1856.0	
Rendimiento de equilibrio (tm./ha)			3.9	
Precio de equilibrio ('000 \$/tm.)			458.3	

Fuente: Proyecto de Suelos del CIAT

## 5. Metodología

La formación de capa arable es un proceso de mejoramiento gradual de un factor de producción como lo es el suelo, que finalmente conduce a incrementar su capacidad productiva. Desde el punto de vista de la teoría económica, el precio o remuneración a un factor de producción está en relación directa con su productividad, por lo cual se espera que una vez efectuadas las inversiones para la formación de la capa arable, el precio o el arrendamiento de la tierra se incrementen, dada su mayor productividad.

Partiendo de ésta base, la evaluación económica a nivel micro se plantea como un análisis de las inversiones que un productor privado debe efectuar a través del tiempo, para construir la capa arable. Para conocer la bondad y conveniencia económica de tales inversiones, se estiman dos indicadores de rentabilidad, tasa interna de retorno (TIR) y valor presente neto. (VPN)

A partir de la información básica de costos de establecimiento de pasturas y de cultivos, se simulan, a través de un ciclo de 10 años, las distintas secuencias productivas involucradas en cada alternativa evaluada. (Cuadro 6)

Para la evaluación del componente ganadero, se asume que las pasturas mejoradas se utilizan en actividades de ceba, en donde el productor compra animales flacos de 300 Kg los vende para matadero con un peso de 400 Kg al cabo de un año.

Se supone que estas praderas soportan una carga promedio de 1.5 animales por hectárea, a través del período de evaluación.

El costo anual de manejo, drogas, sales etc., de la producción ganadera, se estima como una proporción del precio inicial de compra del ganado flaco, siguiendo la metodología usada por Rivas, et al, 1990.

Para cada alternativa se construye un flujo de inversiones, costos e ingresos, sobre el que se calculan los indicadores de rentabilidad de los recursos invertidos en la construcción de la capa arable.

Los flujos monetarios se expresan en \$ constantes del 2002. Los precios de los insumos se ajustaron por el costo de transporte hasta la Altillanura, a una distancia de 150 kms. de Villavicencio, el principal centro económico de la región.

El Cuadro 7 resume los principales supuestos económicos y técnicos empleados. En cuanto éstos últimos, cabe anotar que sus niveles se fijaron por debajo de los observados a escala experimental y aún de finca, con el propósito de evitar la sobrestimación de los beneficios económicos.

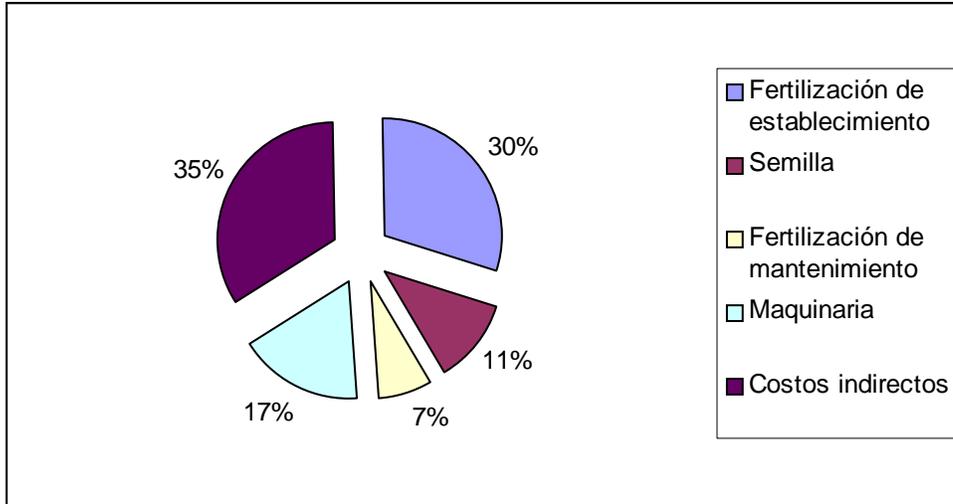
**Cuadro 5 Costo de establecimiento en la Altillanura de una pastura asociada gramínea + leguminosa + maíz ('000 \$ de 2002/ha) 1/**

Costo establecimiento	Unidad	Cantidad	Valor unitario \$	Costo total ('000\$/ha)
Fertilización establecimiento	kilos			441.3
Sulcamag		200	350	70.0
DAP		200	600	120.0
Cloruro de potasio		200	500	100.0
Urea		200	500	100.0
Zinfosil		20	2564	51.3
Semilla	kilos			234.5
Gramínea		4	15000	60.0
Leguminosa		4	15000	60.0
Maíz		20	5726	114.5
Maquinaria	pases/ha			512.5
Aplicación herbicidas		1	15000	15.0
Encalada		1	15000	15.0
Arado de cinceles (a 20cms)		2	40000	80.0
Rastra de discos		1	20000	20.0
Sembradora – abonadora		1	50000	50.0
Abonadas		2	15000	30.0
Recolección cosecha		1	100000	100.0
Transporte cosecha		4500	30	135.0
Secado de grano		4500	15	67.5
Otros insumos	kilos			46.2
Trichogramma		100	200	20.0
Telenomus	sobres	25	900	22.5
Lorsban	kilos	1	3700	3.7
Total costos directos				1264.5
Imprevistos (%)	%	10		126.0
Arrendamiento (años)	año	1	84000	84.0
Asistencia técnica (años)	año	1	25000	25.0
Total costos indirectos				235.0
Costo total				1499.5
Rendimiento maíz (tm/ha)			4.5	
Precio maíz al productor ('000 \$/tm.)			430	
Ingreso por venta de maíz			1935	
Rendimiento de equilibrio (tm/ha)			3.5	
Precio de equilibrio ('000 \$/tm.)			333	

1/ Establecimiento previa una rotación semestral maíz – soya, durante un lapso de dos a tres años

Fuente: Proyecto de Suelos del CIAT

**Figura 5 Estructura del costo de establecimiento de una pastura mejorada (gramínea + leguminosa) para iniciar la formación de una capa arable en la Altillanura**



**Cuadro 6 Secuencia de actividades productivas para evaluar la rentabilidad de las inversiones para construir la capa arable**

Año	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
0	Establecimiento de la pastura sola	Establecimiento de la pastura + arroz	maíz soya
1	pastoreo	pastoreo	maíz soya
2	pastoreo	pastoreo	maíz soya
3	pastoreo	pastoreo	Establecimiento de la pastura + maíz
4	maíz soya	maíz soya	pastoreo
5	maíz soya	maíz soya	pastoreo
6	Establecimiento de la pastura + maíz	maíz soya	pastoreo
7	pastoreo	Establecimiento de la pastura + arroz	pastoreo
8	pastoreo	pastoreo	pastoreo
9	pastoreo	pastoreo	pastoreo

**Cuadro 7 Parámetros económicos y técnicos usados en la evaluación**

Parámetros	Nivel
Precio de cultivos: ('000 \$/tm.)	
Arroz	464
Maíz	438
Soya	785
Precios de ganado (\$/ Kg en pie)1/	
Novillo flaco	2120
Novillo cebado	2486
Rendimiento de los cultivos (tm/ha)	
Arroz	4.0
Maíz	4.0
Soya	2.0
Carga animal promedia (UA/ha)	1.5
Ganancia de peso (grms/día)	274
Tasa de interés real de descuento (% semestral)	8
Horizonte de evaluación (años)	10

1/ Valores promedios en el mercado de Bogotá: Fadegan (2003)

## 6. Resultados

### 6.1 Rentabilidad y viabilidad

La evaluación muestra que las tres opciones consideradas de formación de capa arable en la Altillanura, son atractivas desde el punto de vista económico, dado que el valor presente neto en todas ellas es positivo y las tasas internas de retorno resultan superiores a la tasa de interés real de oportunidad (aproximadamente 16% anual) – Cuadro 8.

**Cuadro 8 Indicadores de rentabilidad de tres alternativas técnicas para la construcción de una capa arable en la Altillanura Oriental de Colombia**

Alternativa	Indicadores de rentabilidad	
	Valor presente neto ('000\$/ha)	Tasa interna de retorno (%)
1	295	19.9
2	1330	37.4
3	1716	57.4

Las tres alternativas se evalúan para un horizonte de 10 años y la secuencia de sus actividades productivas se muestra en el Cuadro 6. Se aprecian diferencias económicas importantes entre ellas. La alternativa 1 presenta los menores índices de rentabilidad, siendo superada ampliamente por las opciones 2 y 3. (Cuadro 8)

La alternativa 1 se inicia con el establecimiento de una pastura mixta de gramínea y leguminosa, pero sin incluir un cultivo. Al comenzar el sexto año, previos tres ciclos de

pastoreo de novillos en engorde y dos años de rotaciones de cultivos semestrales, se establece nuevamente una pastura mixta, pero ya asociada con un cultivo de maíz. Una vez establecida la pastura, se efectúan tres años continuos de pastoreo de novillos para ceba. La TIR resultante es de 19.9% anual. Al analizar esta alternativa, se puede apreciar la importancia de los cultivos como generadores de rentabilidad al sistema de producción en conjunto. Si la pastura plantada en el año 6 no incluyera un cultivo, la TIR se reduciría a 14.3%.

La importancia crítica de los cultivos en términos de rentabilidad, se evidencia una vez más al evaluar la alternativa 2, que es muy similar a la 1, pero que incluye el establecimiento de pasturas mixtas con un cultivo asociado y en la cual se elimina un ciclo de pastoreo de un año y se lo sustituye por uno de rotación de cultivos. Esto tiene un impacto considerable sobre la rentabilidad que sube de 19.9% a 37.4% (Cuadro 1.4)

La alternativa 3 a diferencia de las anteriores, se inicia con un ciclo de 3 años de rotaciones de cultivos semestrales, seguido del establecimiento de una pastura mixta asociada con maíz y culmina con un largo ciclo de pastoreo que cubre 6 años. El inicio de la construcción de la capa arable con el establecimiento de rotaciones de cultivos, aporta liquidez y rentabilidad al sistema. En este caso la TIR se sitúa en 57.4%

Sin embargo, la alternativa 3 parece ser menos viable para pequeños y medianos productores que no poseen maquinaria propia y que no disponen de los fondos adecuados para el establecimiento de cultivos. La falta de maquinaria representa un serio obstáculo para adelantar actividades agrícolas en la región, dado que en los períodos críticos de cosecha y de siembra, quienes no tienen maquinaria propia, enfrentan la posibilidad de no conseguirla, ya que en esos cortos períodos se concentra la demanda.

La implementación de bancos de maquinaria y la organización de los productores de menor escala en cooperativas, que adquieran maquinaria y presten el servicio a los afiliados, pudieran ser alternativas para viabilizar la adopción de los productores que trabajan en fincas pequeñas y medianas.

Los resultados confirman el hecho de que en el establecimiento de las pasturas, la inclusión de un cultivo asociado mejora sustancialmente la viabilidad financiera y la rentabilidad económica. Este hecho ya ha sido ampliamente demostrado y documentado en estudios previos sobre el tema. (Sanint et al 1990, Botero et al, 1990, Cadavid, 1995)

La opción 3 presenta la mayor liquidez. Durante los dos primeros años muestra un flujo de ingreso neto acumulado positivo de \$ 11 mil /hectárea frente a la alternativa 1 que, en el mismo período, genera un flujo de ingreso neto acumulado negativo de \$ 2 millones por hectárea

En términos de rentabilidad la mejor secuencia de actividades para construir una capa arable en la Altillanura, sería iniciar con una serie de rotaciones de cultivos semestrales de aproximadamente 3 años, al cabo de los cuales se establece la pradera mixta de gramínea y leguminosa la cual se pastorea en ceba de novillos por un período de 6 años.

Para productores con limitaciones de maquinaria lo más apropiado sería establecer pasturas al inicio, las cuales son menos intensivas en maquinaria que los cultivos.

## 6.2 Análisis de sensibilidad y riesgo

La rentabilidad de las actividades agropecuarias frecuentemente es afectada por riegos de tipo biológico y económico. Los primeros lesionan directamente la productividad de la agricultura. Los segundos inciden sobre los precios de los productos e insumos agrícolas, afectando los ingresos y la rentabilidad.

La presencia de plagas y enfermedades, actúa negativamente sobre los rendimientos agrícolas y en consecuencia sobre el desempeño económico de los proyectos productivos. En los cultivos se presentan variaciones estacionales (a través del año) de la producción y los precios, que obedecen principalmente a oscilaciones climáticas tales como el exceso de lluvias, las sequías, y heladas, etc.

A su vez los precios del ganado presentan oscilaciones estacionales y cíclicas, que afectan la rentabilidad del negocio ganadero. En Colombia durante el primer semestre debido a la sequía en la Costa Norte disminuye la oferta de ganado gordo de esa región, aumentando la demanda y los precios en otras zonas como el Caquetá y los Llanos. (Rivas & Seré, 1985) En el segundo semestre ocurre el fenómeno inverso. La Figura 6 muestra las variaciones estacionales del precio del ganado “costeño” y del “calentano” y de la oferta total de ganado en la plaza de Bogotá<sup>2</sup>

También a través de los años los precios y la oferta ganadera presentan oscilaciones cíclicas, ampliamente analizadas por diferentes investigadores y que obedecen a razones técnicas y económicas. (Jarvis, 1986) – Figura 7.

Dado lo anterior, es importante analizar los cambios en la rentabilidad de los proyectos agrícolas cuando se presentan condiciones adversas, tales como bajas de los precios recibidos por los productores, alzas en los costos, caída de los rendimientos, etc. Este análisis de sensibilidad muestra la solidez económica de una alternativa en evaluación, cuando aparecen situaciones críticas y aporta una idea de su vulnerabilidad frente al riesgo.

El Cuadro 12 muestra los cambios en las tasas de rentabilidad de las opciones evaluadas, en situaciones hipotéticas alternativas, tales como reducciones de 10, 20 y 30% de los precios del ganado y de los cultivos. Las fluctuaciones de los precios del ganado, tienen relativamente poco impacto sobre el retorno económico, dado que en éste caso específico se simuló una actividad de ceba, en la cual se compran novillos flacos y se venden gordos. Esto implica que al bajar los precios vacunos, se reducen los ingresos del productor, pero también el valor de compra del ganado flaco.

---

<sup>2</sup> En la plaza de Bogotá se denomina ganado “costeño” al procedente de Costa Norte y “calentano” al de los Llanos Orientales.

La alternativa 3, que tiene un fuerte énfasis ganadero, presenta gran estabilidad de sus rendimientos económicos, en situaciones de precios del ganado a la baja. Las otras dos alternativas consideradas exhiben un buen nivel de solidez, aunque ligeramente menor (Cuadro 11)

Al analizar la conveniencia económica de emprender un proyecto de construcción de capa arable en la Altillanura, el nivel de los precios de los cultivos en el caso analizado, es más crítico que el del ganado. Una reducción simultánea del 30% del precio real de los cultivos (arroz, maíz y soya) provocaría que un proyecto de ésta naturaleza no fuera conveniente, ya que las tasas de retorno bajarían dramáticamente a niveles inferiores a los del costo de oportunidad del capital. En la alternativa 1 caería de 19.9 a 8% y en la 3 de 57 a 8.7%. Reducciones de precio de esa magnitud colocarían a las opciones 1 y 3 casi en el mismo modesto nivel de rentabilidad.

La alternativa 1 que presenta el menor retorno económico, también es muy vulnerable en situaciones de bajas en los precios de los cultivos. Una caída de un 10% de los precios de éstos, deterioraría gravemente su retorno económico, tornándola inconveniente.

La respuesta de las tasas de rentabilidad ante reducciones porcentuales de la capacidad de carga de las praderas, es totalmente simétrica en cuanto a sentido y magnitud, a la de una baja porcentual igual en los precios del ganado. Esto se explica porque el ingreso bruto del componente ganadero se estima como:

$$(1) \quad IGB = (PG)(CA)(PV)$$

donde: *IGB* es el ingreso ganadero bruto  
*PG* el precio por kilogramo del ganado en pie  
*CA* la carga animal y  
*PV* el peso vivo de los novillos.

Esto implica que un cambio porcentual de igual magnitud, en cualquiera de los factores que conforman el lado derecho de la expresión (1), tiene el mismo efecto porcentual sobre el ingreso ganadero bruto. Por la misma razón, los cambios porcentuales en los precios de los cultivos tienen un efecto similar y de igual proporción, en los indicadores de rentabilidad, que las variaciones porcentuales de los rendimientos físicos de los productos agrícolas. (Cuadro 12)

La construcción de la capa arable en las fincas de la región deberá enfocarse desde una perspectiva de mediano y largo plazo. Si se estiman los indicadores de rentabilidad de las opciones examinadas, considerando el período exacto que se precisa para formar una capa arable, se observa que las alternativas 1 y 2, no resultarían rentables. (Cuadro 13)

Lo anterior evidencia que transcurrido el tiempo de formación, la actividad productiva debe prolongarse por unos años más, para poder recuperar la totalidad los fondos invertidos en el proyecto.

La opción 3, aparte de mostrar niveles de rentabilidad superiores a los de las otras alternativas, presenta la particularidad de que los fondos invertidos en su implementación, se recuperan mucho más rápidamente, por lo cual sus posibilidades de adopción son mayores, para aquellos productores que disponen del suficiente capital de trabajo para el establecimiento inicial de los cultivos y que además tienen maquinaria propia.

Los productores de pequeña escala, con limitadas posibilidades de acceso al crédito y que no poseen maquinaria, se ajustarían mejor a las opciones 1 y 2 que inician con establecimiento de pasturas, menos intensivas en el uso de capital y de maquinaria. Es imperativo encontrar esquemas que permitan una apropiada disponibilidad de maquinaria en las épocas de siembra y de cosecha, para que los agricultores de todos los tamaños de finca, puedan efectuar las rotaciones de pastos y de cultivos, cuando lo consideren necesario.

**Cuadro 9 Flujo de inversiones, ingresos y costos de la formación de una capa arable en la Altillanura  
Oriental de Colombia: Alternativa 1**  
(\*000 de \$ de 2002/ha)

Año	Semestre	Siembra y establecimiento de la pastura	FM 1/	Compra de ganado	Siembra de cultivos		Costo total	Ventas			Ingreso bruto	Ingreso neto
					maíz	soya		ganado	maíz	soya		
0	I	1063.0					1063.0				0.0	-1063.0
	II										0.0	0.0
1	I		77.2	954.0			1031.2				0.0	-1031.2
	II										0.0	0.0
2	I		77.2	954.0			1031.2	1431.6			1431.6	400.4
	II										0.0	0.0
3	I			954.0			954.0	1431.6			1431.6	477.6
	II										0.0	0.0
4	I				1656.0		1656.0	1431.6			1431.6	-224.4
	II										843.6	843.6
5	I				1656.0		1656.0			1570.0	1570.0	-86.0
	II										843.6	843.6
6	I	1499.5					1499.5			1570.0	1570.0	70.5
	II										0.0	0.0
7	I		77.2	954.0			1031.2				0.0	-1031.2
	II										0.0	0.0
8	I		77.2	954.0			1031.2	1431.6			1431.6	400.4
	II										0.0	0.0
9	I		77.2	954.0			1031.2	1431.6			1431.6	400.4
	II										0.0	0.0
10	I							1431.6			1431.6	2288.5 2/
	II										0.0	0.0
Valor presente neto (VPN, i=8% semestral)								295.2				
Tasa interna de retorno promedio anual (TIR, %)								19.9				

1/ FM: Fertilización de mantenimiento de la pastura. 2/ Se supone que la pradera sembrada en el año 6, tiene una vida útil de 7 años. Asumiendo una depreciación lineal, se incluye como ingreso el valor de salvamento de la pastura en el año final de evaluación.

**Cuadro 10 Flujo de inversiones, ingresos y costos de la formación de una capa arable en la Altillanura  
Oriental de Colombia: Alternativa 2**  
(\*000 de \$ de 2002/ha)

Año	Semestre	Siembra y establecimiento pastura + arroz	F M 1/	Compra de ganado	Siembra de cultivos		Costo total	Ventas				Ingreso bruto	Ingreso neto
					maíz	soya		ganado	maíz	arroz	soya		
0	I	1787.2					1787.2					0.0	-1787.2
	II											0.0	1856.0
1	I		77.3	954.0			1031.3					0.0	-1031.3
	II											0	0
2	I		77.3	954.0			1031.3	1431.6				1431.6	400.3
	II											0.0	0.0
3	I		77.3	954.0			1031.3	1431.6				1431.6	400.3
	II											0.0	0.0
4	I				1656.0		1656.0	1431.6				1431.6	-224.4
	II											843.6	843.6
5	I				1656.0		1656.0				1570.0	1570.0	-86.0
	II											843.6	843.6
6	I				1656.0		1656.0				1570.0	1570.0	-86.0
	II											843.6	843.6
7	I	1787.2					1787.2				1570.0	1570.0	-217.2
	II											0.0	1856.0
8	I		77.3	954.0			1031.3					0.0	-1031.3
	II											0.0	0.0
9	I		77.3	954.0			1031.3	1431.6				1431.6	400.3
	II											0.0	0.0
10	I							1431.6				1431.6	2757.3
Valor presente neto (VPN, i=8% semestral)								1339.4					
Tasa interna de retorno promedio anual (TIR, %)								37.4					

1/FM: Fertilización de mantenimiento de la pastura 2/ Se supone que la pradera sembrada en el año 7, tiene una vida útil de 7 años. Asumiendo una depreciación lineal, se incluye como ingreso el valor de salvamento de la pastura en el año final de la evaluación.

**Cuadro 11 Flujo de inversiones, ingresos y costos de la formación de una capa arable en la Altillanura  
Oriental de Colombia: Alternativa 3**  
(\*000 de \$ de 2002/ha)

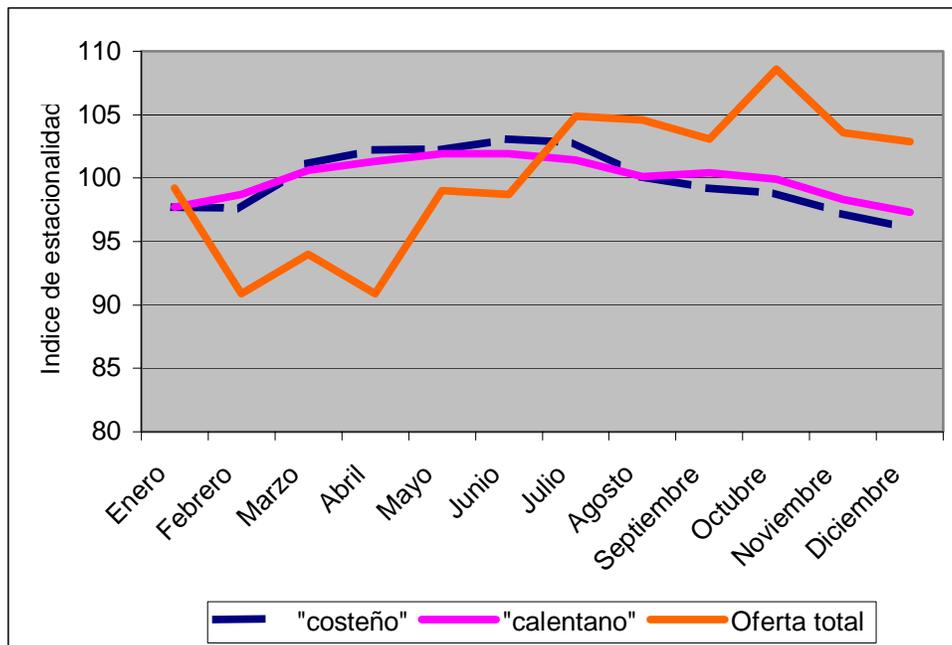
Año	Semestre	Siembra y establecimiento pastura + maíz	F M 1/	Compra de ganado	Siembra de cultivos		Costo total	Ventas			Ingreso bruto	Ingreso neto
					maíz	soya		ganado	maíz	soya		
0	I				1656.0		1656.0				0.0	-1656.0
	II					843.5	843.5		1720.0		1720.0	876.5
1	I				1656.0		1656.0			1570.0	1570.0	-86.0
	II					843.5	843.5		1720.0		1720.0	876.5
2	I				1656.0		1656.0			1570.0	1570.0	-86.0
	II					843.5	843.5		1720.0		1720.0	876.5
3	I	1499.5					1499.5			1570.0	1570.0	70.5
	II						0.0		1720.0		1720.0	1720.0
4	I		77.2	954.0			1031.2				0.0	-1031.2
	II						0.0				0.0	0.0
5	I		77.2	954.0			1031.2	1431.6			1491.6	400.4
	II						0.0				0.0	0.0
6	I		77.2	954.0			1031.2	1431.6			1491.6	400.4
	II						0.0				0.0	0.0
7	I		77.2	954.0			1031.2	1431.6			1491.6	40.4
	II						0.0				0.0	0.0
8	I		77.2	954.0			1031.2	1431.6			1491.6	400.4
	II						0.0				0.0	0.0
9	I		77.2	954.0			1031.2	1431.6			1491.6	400.4
	II						0.0				0.0	0.0
10	I							1431.6			1491.6	1645.8 2/
Valor presente neto (VPN, i= 8% semestral)							1716.0					
Tasa interna de retorno (TIR, %)							57.4					

1/ FM: Fertilización de mantenimiento de la pastura. 2/ Se supone que la pradera sembrada en el año 3, tiene una vida útil de 7 años. Asumiendo una depreciación lineal, se incluye como ingreso el valor de salvamento de la pastura en el año final de la evaluación.

**Cuadro 12 Sensibilidad de la tasa de retorno ante reducciones de los precios y rendimientos de la ganadería y los cultivos**

Cambios porcentuales	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Tasa interna de retorno (%)			
Precio del ganado			
Base	19.9	37.4	57.4
-10%	18.4	36.7	57.4
-20%	16.6	36.0	57.4
-30%	14.7	35.0	57.4
Precios de cultivos			
Base	19.9	37.4	57.4
-10%	16.2	32.3	33.9
-20%	12.1	26.6	18.4
-30%	8.0	20.1	8.7
Carga animal			
Base	19.9	37.4	57.4
-10%	18.4	36.7	57.4
-20%	16.6	36.0	57.4
-30%	14.7	35.0	57.4
Rendimiento de cultivos			
Base	19.9	37.4	57.4
-10%	16.2	32.3	33.9
-20%	12.1	26.6	18.4
-30%	8.0	20.1	8.7

**Figura 6 Índices de estacionalidad de los precios y de la oferta de ganado en Bogotá: 1975 -1984**



Fuente: Rivas & Seré (1985)

**Cuadro 13 Indicadores de rentabilidad considerando el período exacto de construcción de capa arable en la Altilanura de Colombia**

Alternativas	Tiempo de formación de la capa arable (años)	Indicadores de rentabilidad 1/	
		Valor presente neto ('000\$/ha)	Tasa interna de retorno (%)
Alternativa 1: <i>1 año de establecimiento de una pastura sola + 3 años de pastoreo + 1 año de rotación de cultivos</i>	5	-958	-9.9
Alternativa 2: <i>1 año de establecimiento de una pastura mixta asociada con un cultivo + 3 años de pastoreo + 1 año de rotación de cultivos</i>	5	-82.6	13.2
Alternativa 3 <i>3 años de rotaciones semestrales de cultivos + 1 año de establecimiento de una pastura mixta asociada con un cultivo</i>	4	1258.3	61.3

1/ Estimados para los períodos de tiempo que aparecen en la columna 2.

## **7. Monitoreo de la adopción temprana de la tecnología de capa arable en fincas de la Altilanura**

La tecnología de uso y manejo de los suelos de la Altilanura con base en la estrategia de construcción de capas arables, ha comenzado un proceso de difusión y adopción en las fincas de esa región de Colombia, el cual se encuentra en una fase temprana. El CIAT y Corpoica, en los últimos años y dentro del marco del Convenio MADR – CIAT, han efectuado un importante esfuerzo de capacitación y difusión de los resultados de la investigación efectuada, a través de cursos y eventos de capacitación de profesionales, técnicos y productores que trabajan en los Llanos colombianos. En el período 1995 – 2003 un total 203 profesionales colombianos recibió adiestramiento en técnicas conservacionistas de manejo y uso de los suelos. En la región se efectuaron varios talleres de divulgación de los nuevos conceptos sobre el manejo de los suelos de esa región de Colombia, al que asistió un total de 164 personas, entre profesionales, asistentes técnicos y estudiantes universitarios. (Rivas, 2004)

Dado que se trata de un enfoque novedoso que vincula estrechamente el manejo del suelo con la producción de pastos y de cultivos y su secuencia en el tiempo, es preciso efectuar un seguimiento de la adopción para conocer su evolución y los factores positivos y negativos que la afectan e identificar las acciones de carácter técnico y de política agropecuaria, que ayuden a fortificar y ampliar la adopción. Como parte de este seguimiento se efectuó un sondeo rápido en fincas de la región, mediante entrevistas informales con un grupo de productores, técnicos y expertos de la región, para obtener información relevante referida a:

Tamaño de las fincas.

Extensión de los lotes en proceso de mejoramiento.  
Orientación económica de las explotaciones.  
Prácticas de labranza y manejo de los suelos.  
Tipo y secuencia de las rotaciones de cultivos y de pastos.  
Tiempo estimado de duración de las diferentes clases de rotaciones.  
Limitaciones, internas y externas, más importantes percibidas por los productores, para aplicar esquemas de mejoramiento de los suelos.  
Ventajas del mejoramiento de los suelos, identificadas por los productores.  
Planes y objetivos futuros a escala de finca, en el área de conservación de suelos.

## **7.1 Metodología**

Los estudios de seguimiento de la adopción son importantes porque aparte de ayudar a entender dichos procesos, aportan información crítica para el diseño de estrategias tecnológicas y de política económica, que impulsen la adopción. Adicionalmente, la información generada en éstos trabajos, constituye la base para la cuantificación del impacto socioeconómico *ex post* del cambio técnico.

Dado lo incipiente del proceso de adopción, y siendo relativamente pocos los productores que actualmente están empleando las tecnologías de mejoramiento de suelos en la Altillanura, no es apropiado aún efectuar un riguroso muestreo, aleatorio y sistemático, de las fincas de la región. Un muestreo así, resulta costoso dado lo extenso de la zona y las grandes distancias entre fincas.. Adicionalmente, la probabilidad de encontrar una finca adoptadora en un muestreo totalmente aleatorio, es muy baja dado lo temprano de la adopción.

En éstas circunstancias, el principal propósito del monitoreo es conocer las características, motivaciones y experiencias de los productores, con el fin de identificar los factores socioeconómicos que condicionan la adopción de tecnologías de mejoramiento de los suelos.

El enfoque de Sondeo Rápido (*Rapid Rural Appraisal*), como lo indica su nombre, es una forma sencilla, rápida y económica de recolectar información relevante, mediante entrevistas semi - estructuradas a grupos de interlocutores calificados y sobre temas previamente definidos.

En el presente caso se efectuó un muestreo dirigido no aleatorio, incluyendo productores que previamente se sabía que estaban empleando las técnicas de uso y manejo de suelos propuestas y también productores que no lo hacen. Lo cual permite contrastar el comportamiento, motivaciones y actitudes de los grupos de adoptadores y no adoptadores. Adicionalmente se incluyeron entrevistas informales con investigadores, asistentes técnicos y expertos de la región, para obtener una visión lo más completa posible, del proceso de adopción bajo análisis.

## 7.2 Resultados

Se entrevistó un total 18 productores en el área de Puerto López – Puerto Gaitán en el Departamento del Meta. De ellos, 13 están empleando actualmente las técnicas propuestas de manejo de suelos y 5 aún no lo hacen. (Cuadro 14)

La información obtenida evidencia el hecho de que la adopción en la región, se encuentra en una fase muy temprana. Se trata de productores que tradicionalmente han sido ganaderos, que están introduciendo rotaciones de cultivos para establecer posteriormente rotaciones más complejas con componentes de pasturas y árboles.

**Cuadro 14 Resultados del sondeo sobre adopción de la tecnología de capa arable en Puerto López - Puerto Gaitán en la Altillanura**

Variable	Nivel
Número de productores entrevistados	18
Uso de la tierra	
Área total de la finca (has.)	
Promedio	883
Rango	120-5000
Área en pasturas (has.)	
Promedio	238
Rango	0-1100
Área en cultivos (has.)	
Promedio	645
Rango	0-300
Área en cultivos/Área total (%)	27
Proporción de productores con cultivos (%)	28
Rotación de cultivos más frecuente	maíz - soya
Tipo de labranza	Vertical con cinceles

Se anota que se trata de desarrollos tecnológicos en fases tempranas de adopción, en donde quienes están trabajando con cultivos llevan máximo 4 años de labores, en tanto que la generalidad de los entrevistados, se ubica en el rango de 1 a 2 años de haber iniciado la agricultura.

Actualmente se cosechan las siembras del primer semestre (Abril – Agosto) e inmediatamente se siembra (siembra directa) lo que se cosechará en Diciembre – Enero.

Está entrando a la región el sistema de cosecha a granel, que es un esquema donde una combinada descarga la producción sobre una tolva tirada por un tractor, que a su vez la descarga directamente en camiones especialmente acondicionados, evitando el uso de costales.

La disponibilidad de tiempo es una seria limitante (“la ventana de trabajo” como algunos señalan es muy estrecha) De tal forma que la falta de algún insumo clave como maquinaria, fertilizantes, transporte etc., que impida establecer los cultivos o cosecharlos en el momento oportuno, tiene implicaciones negativas muy fuertes sobre los planes de producción a escala de finca.

La rotación básica es una gramínea en el primer semestre y una leguminosa en el segundo: maíz – soya o arroz – soya. El arroz Línea 30, aún no liberado abre grandes expectativas, como componente de éstas rotaciones.

### **7.3 Conclusiones preliminares**

1) Los entrevistados, trabajen o no con cultivos, mostraron gran interés por mantener y mejorar la calidad de los suelos, dado que en la Altillanura el empleo de prácticas conservacionistas, tiene una alta y rápida respuesta en términos de rendimientos de los cultivos y de las pasturas. Los agricultores que en el pasado intentaron establecer cultivos, sin el manejo apropiado de los suelos y sin el germoplasma de pastos y de cultivos adaptado, experimentaron grandes fracasos económicos. En la actualidad la utilización de metodologías conservacionistas de manejo y uso de los suelos, impulsados por CIAT y Corpoica, y los nuevos materiales adaptados de maíz, soya, arroz y de pastos, según los productores, han mostrado grandes ventajas en términos de productividad y de retorno económico de las inversiones efectuadas.

2) En todos los casos en los que se realiza agricultura, los productores han disminuido el empleo de maquinaria, usando labranza vertical con cinceles, encalando, incorporando material vegetal, efectuando siembra directa en el segundo semestre, control químico de malezas y en casos puntuales control biológico de plagas. Algunas fincas hacen labores de preparación del suelo cuando es absolutamente necesario, estableciendo varias secuencias de cultivos bajo el esquema de siembra directa.

3) Existe un gran interés del gobierno nacional y del sector avícola por reubicar la producción de granos en la Altillanura colombiana y ya existen fincas productoras de granos de propiedad de avicultores y procesadores de granos (Avensa Mac' Pollo, Molinos del Cauca, Avícola el Guamito, etc.) Esta circunstancia le da solidez al proceso de expansión de los cultivos, ya que la demanda de maíz y soya, está jalonada por el dinamismo del sector avícola.

4) Los productores que introducen cultivos en sus fincas, tradicionalmente han sido ganaderos y lo siguen siendo. La mayoría planteó que están introduciendo cultivos, para mejorar los suelos y sembrar pastos de alta productividad. Esta circunstancia permite visualizar un alto potencial de demanda del nuevo germoplasma desarrollado por el Proyecto de Forrajes, por ejemplo el cv. Mulato y los nuevos híbridos de *Brachiaria* con resistencia a salivazo, próximos a ser liberados. Se observaron casos de recuperación de praderas degradadas, mediante la introducción de un cultivo.

5) Las ganancias en productividad constituyen el principal beneficio percibido por quienes adelantan actividades agrícolas. En general los rendimientos en la primera siembra son más bajos, pero se incrementan por efecto del mejoramiento del suelo, en las siembras subsiguientes. En soya se habla en términos generales de rendimientos iniciales de 1.5 – 1.9 tm/ha, que se han elevado a 2.5 – 3.0 tm/ha. En maíz evolucionan desde casi 4 tm/ha hasta 5 – 6 tm/ha. Un productor señaló que obtuvo un rendimiento excepcional de 7.2 tm/ha en la actual cosecha.

6) Si bien es generalizada la idea de que el motocultivo continuo degrada los suelos y provoca mayor presión de plagas y enfermedades, razones económicas pueden conducir al rompimiento de las rotaciones técnicamente más apropiadas. Esa situación ocurrió en el primer semestre de este año. Al inicio del 2004 había muy buenas perspectivas de precios altos para la soya y los productores venían de sembrar ese cultivo en el último semestre del año pasado. Desde el punto de vista técnico, lo indicado era cultivar maíz o arroz en este primer semestre, pero no lo hicieron atendiendo las expectativas de precios altos de la soya.

7) Como el proceso de producción agrícola es tan incipiente, los productores aún no tienen claridad sobre la duración de las rotaciones de cultivos antes de entrar a sembrar los pastos. Algunos hablan de 4 –5 años de rotaciones de cultivos, otros plantean que el cambio de cultivos a pastos, se dará cuando la productividad de los primeros comience a declinar. Unos pocos señalaron que sería conveniente tener algunos indicadores de la evolución de la calidad de los suelos, para tomar ésta clase de decisiones.

8) Las limitantes para aplicar técnicas conservacionistas, desde la óptica de los productores, se pueden clasificar en dos grandes grupos: económicos y de infraestructura e insumos.

1) Las grandes fluctuaciones de los precios agrícolas, generan bruscas oscilaciones de los ingresos. 2) Algunos productores plantearon temores acerca de los posibles impactos negativos del TLC sobre los precios agrícolas, lo cual podría frenar la expansión de los cultivos en la Altillanura. 3) La escasa disponibilidad de capital para el establecimiento de los cultivos y para compra de maquinaria. En el caso de arroz, la estrechez del mercado interno, el cual se satura muy rápidamente, genera situaciones de sobreoferta y precios bajos al productor. En el momento hay productores que cosecharon arroz y tienen dificultades para comercializarlo, ya que los molineros no lo están recibiendo. La Costa Norte comprador de la producción, este año recibió un gran abastecimiento procedente de Venezuela. 4) Los altos precios de la cal y su escasa disponibilidad. 5) La mala calidad en algunos casos de la semilla disponible, que genera pobres rendimientos. 6) La muy limitada disponibilidad de maquinaria para productores pequeños<sup>1</sup>, quienes deben esperar a que los propietarios de la maquinaria siembren y cosechen sus propios lotes, para tener acceso a la misma. Dada la estrechez de los periodos de siembra y cosecha en la zona, esta situación genera grandes riesgos de pérdidas económicas.

El deplorable estado de las carreteras en el área de Puerto López – Puerto Gaitán (tanto las principales, como las de acceso a las fincas) provoca constantes alzas en los fletes, lo que sube los costos y reduce la competitividad de la producción agropecuaria de la región.

---

<sup>1</sup> En este contexto los productores pequeños pueden estar en un rango entre 100 y 300 hectáreas, los medianos en el rango de más de 300 hasta 600 hectáreas y los grandes estarían en el grupo de más de 600 hectáreas. En ésta región tener tierra no necesariamente es ser rico. Dada la pobreza de los suelos, el elemento crítico es disponer de los recursos económicos y de la tecnología, para volverlos productivos.

Se escucharon algunas críticas a las actuales modalidades de crédito, ya que las líneas de crédito están diseñadas bajo una perspectiva de corto plazo, en una situación en la que los productores están adelantando proyectos de mediano y largo plazo.

9) Se vertieron conceptos muy favorables al trabajo del CIAT y de Corpoica, en relación con el diseño de germoplasma adaptado de alto rendimiento y en la difusión de criterios conservacionistas para el empleo productivo de los suelos de la región. El Comité de ganaderos del Meta, realiza capacitación para un mejor manejo de las pasturas, a través del adecuado manejo de los suelos.

10) De las entrevistas con productores ganaderos que aún no trabajan con cultivos, se infiere que las razones para no hacerlo aún, son variadas: a) Falta de tierra, en fincas pequeñas y a plena capacidad, no tienen posibilidades de destinar áreas para los cultivos. b) Carencia de capital financiero y de equipos para establecer cultivos. c) Sus habilidades están en la ganadería y no tienen conocimientos sobre agricultura. d) Esta actividad requiere mayor y más constante permanencia en la finca. Algunos productores o no disponen del mismo o no están dispuestos a viajar más constantemente a la finca. e) Alta proporción de la finca en áreas de serranía, no apta para adelantar cultivos.

11) La percepción es que el área de impacto más inmediato es la zona de Puerto López – Puerto Gaitán, aproximadamente 180 mil hectáreas. En la medida que se penetra Llano adentro, las restricciones de infraestructura vial y de comunicaciones, maquinaria, insumos, asistencia técnica y de personal calificado se multiplican, por lo cual la viabilidad de los cultivos disminuye rápidamente.

12) Con la expansión de los cultivos algunos problemas crecerán, aumentarán los flujos vehiculares para el transporte de mayores cantidades de productos e insumos y de combustible por la apertura de dos nuevos pozos petroleros en la zona. La malla vial actual no fue diseñada para un flujo vehicular pesado e intenso. La inversión estatal en vías es crítica para el desarrollo productivo de ésta región. Adicionalmente, con la expansión de las áreas cultivadas, está latente el peligro de una mayor incidencia de plagas y enfermedades.

Surgieron opiniones en el sentido de que la región ya cuenta con tecnología para adelantar un desarrollo productivo eficiente y sostenible y que las restricciones para un uso conservacionista de los suelos, se concentran en aspectos económicos y de infraestructura.

13) En la medida en que se consolide la expansión productiva en la zona, se requiere un monitoreo más formal de los aspectos técnicos y económicos, como base para posteriores estudios de evaluación del impacto ex post.

14) Los actuales problemas de comercialización del arroz, sugieren que iniciativas encaminadas a buscar usos industriales alternativos, pueden representar un importante aporte, para ampliar la demanda y aliviar los problemas de comercialización.

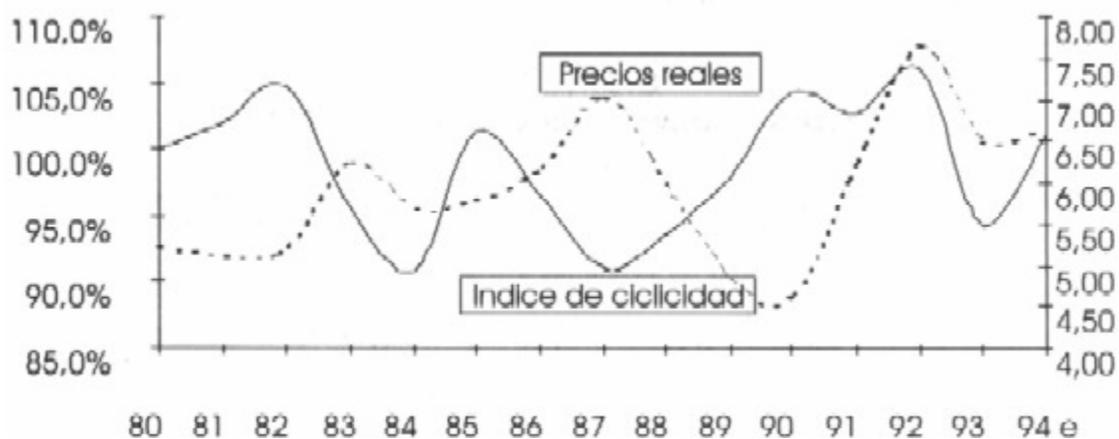
## 8. Conclusiones Generales

La evaluación económica de tres alternativas de formación de capa arable en la Altillanura Oriental de Colombia, muestra que éstos desarrollos tecnológicos, constituyen nuevas herramientas para que los productores de esa región y de otras con características edáficas similares, hagan un uso más sostenible y conservacionista de los suelos, a través de inversiones en la construcción de capa arable de forma productiva y rentable.

Considerando la enorme extensión de la altillanura y sus innegables ventajas para desarrollar en ella sistemas agropecuarios sostenibles y de alta productividad, se infiere que la incorporación a la producción agropecuaria, de parte de éstos recursos ubicados en la frontera agrícola colombiana, tendría un impacto económico y ambiental de gran magnitud.

A escala de productor individual aparece una amplia gama de beneficios si se implementan estrategias de uso y conservación de los suelos, mediante la aplicación de tecnologías basadas en el principio de capa arable: 1) Incrementos de los ingresos y de la rentabilidad de las inversiones, 2) Diversificación de la producción agropecuaria, lo que permite estabilizar ingresos y minimizar los riesgos propios de la agricultura. 3) Conservación de la capacidad productiva y del valor real de los recursos invertidos en la compra de tierra. A escala más agregada, de región o país, los beneficios esperados son de tipo económico y ambiental. Los primeros están asociados con la ampliación de la oferta agregada de alimentos y de materias primas, que propicie bajas en el costo de la canasta de alimentos básicos y mejoras en el nivel nutricional de la población. Se espera que ésta expansión productiva dinamice a otros sectores de la economía y ayude a incrementar el ritmo de crecimiento económico del país.

Figura 7 **Índice de ciclicidad y precios reales del ganado en Colombia**  
1980 – 1994 1/



1/ El índice de ciclicidad del sacrificio de vacunos corresponde a la relación hembras/sacrificio total con referencia al período base 1980. El precio real corresponde al promedio ponderado de hembras y machos, expresado en \$ constantes de 1970. Fuente: Fedegan, 1995

Un estudio previo sobre el potencial económico de las tecnologías de capa arable a escala regional, estimó que si en el lapso de 10 años, un área de 100 mil hectáreas actualmente en sabana nativa se incorpora progresivamente a la producción, usando el concepto de capa arable, el valor presente de las ganancias en productividad con respecto a las tecnologías tradicionales, llegaría a US\$ 294 millones. (Rivas L, 2004)

Gran parte de la crítica a los sistemas agrícolas basados en el monocultivo y a la ganadería extensiva, en áreas como la Altillanura colombiana, es su impacto negativo sobre la base de recursos de tierra, que resulta en el abandono de áreas degradadas y en la creciente ocupación de otras nuevas, colocando gran presión sobre los ecosistemas más frágiles. Las tecnologías propuestas son útiles tanto para el manejo de suelos en peligro de degradación como para suelos ya degradados. De esto se desprende que el impacto de la adopción en gran escala de éstas técnicas, tendría un efecto ambiental positivo de gran relevancia para el país.

La recuperación de enormes extensiones de suelos degradados actualmente en producción y la utilización de otros aún no incorporados, empleando este tipo de tecnologías conservacionistas, presenta indudables ventajas ambientales en términos de reducción de tasas de deforestación y de conservación del patrimonio forestal y de biodiversidad de Colombia. En el futuro, y a medida que avance el proceso de adopción, estos aspectos deberán ser cuantificados y documentados.

Las tres opciones evaluadas son rentables y financieramente viables. Sin embargo, la alternativa 3 resulta más ventajosa, por su mayor rentabilidad, su robustez frente a condiciones económicas desfavorables y la rápida recuperación de los fondos invertidos.

La evaluación de la construcción de una capa arable, debe enmarcarse dentro de una perspectiva de mediano y largo plazo, ya que se trata de un proceso de transformación de un activo de baja e inestable productividad en otro con características opuestas. Dado lo anterior, cualquier evaluación económica de corto plazo puede conducir a conclusiones erróneas, sobre la conveniencia de aplicar esta clase de tecnologías.

La siembra asociada de una pastura mixta (gramínea + leguminosa) con un cultivo, es un aspecto clave para mejorar la viabilidad financiera y la rentabilidad económica de las alternativas de construcción de una capa arable. Los ingresos por la venta de la cosecha, financian totalmente el costo de establecimiento de la pastura asociada. Este hecho ya ha sido ampliamente demostrado y documentado en otros estudios económicos sobre el tema. (Sanint et al 1990, Botero et al, 1990, Cadavid, 1995)

Por ésta razón la alternativa 1, que incluye una pastura sola sin cultivo, resulta ser la menos atractiva desde el punto de vista económico. Pero si en su última fase se incluye una pastura con un cultivo asociado, su retorno económico mejora considerablemente.

Las rotaciones de pastos y de cultivos para la construcción de la capa arable generan economías en el uso de los insumos productivos ya que se incrementa su eficiencia. El caso más claro es el de los fertilizantes, en donde el cultivo del segundo semestre

aprovecha la fertilización residual del primer cultivo, lo cual implica significativas reducciones en su costo de establecimiento.

Dentro de la estructura de costos de establecimiento, tanto de las pasturas como de los cultivos, los de mayor relevancia son los de fertilización y de maquinaria. De tal manera, que cualquier estrategia orientada a reducir estos costos, debe enfatizar en esos dos factores de producción (Cuadro 15)

Las fases más avanzadas en la construcción de capa arable, posibilitan progresivamente la utilización de germoplasma con mayores requerimientos nutricionales y de mayor productividad, que aumentan el grado de complejidad de los sistemas agropecuarios, por ejemplo frutales, caucho, árboles maderables etc. En el futuro, es conveniente elaborar estimaciones económicas, considerando ésta clase de componentes.

**Cuadro 15 Participación porcentual de los costos de maquinaria y de fertilización en los costos directos de establecimiento de pastos y cultivos en la Altillanura**

%

Costo	Pastura mixta <i>gramínea + leguminosa</i>	Pastura mixta asociada <i>gramínea + leguminosa + cultivo:</i>		Cultivos en rotación	
		arroz	maíz	maíz	soya
Fertilización	56.9	46.8	35.1	50.0	39.9
Maquinaria	25.8	33.4	40.5	36.4	32.3

En la presente evaluación, se utilizaron parámetros técnicos conservadores, por debajo de los observados tanto a escala experimental como de finca, para evitar la sobreestimación de los beneficios económicos. Los resultados indican que se trata de opciones tecnológicas con un amplio potencial de impacto económico y ambiental, no solo en la Altillanura Oriental sino en otras regiones del país y del mundo, que confronten circunstancias similares.

El uso y manejo de los suelos a gran escala en el área objetivo, bajo el enfoque de construcción de capas arables, representa no solo un gran cambio de tipo técnico, sino que precisa modificaciones significativas en la mentalidad del productor tradicional, que siempre se especializó como agricultor o como ganadero. El empleo de éstas nuevas alternativas para la utilización de los suelos en ésta región de Colombia, requiere el desarrollo de unidades productivas muy diversificadas, que incluyan múltiples componentes de cultivos, de ganadería y aún de forestería. El reto es generar en la región una dinámica de cambio a través de procesos participativos y de divulgación de información, que ayuden a romper esquemas y prácticas tradicionales.

El estudio incluye un sondeo rápido en la zona de Puerto López – Puerto Gaitán sobre el estado de la adopción temprana de la tecnología de capa arable. El trabajo incluye agricultores que adoptan y que no adoptan tecnologías de conservación de los suelos, en un intento por identificar factores positivos y negativos que condicionan la adopción.

Factores de diversa naturaleza, económicos y de infraestructura, afectan el nivel de adopción de las tecnologías propuestas: Grandes fluctuaciones de los precios de los cultivos, escasez de insumos críticos como semillas de alta calidad y cal dolomita, inadecuada oferta de maquinaria en las épocas críticas de siembra y cosecha y deficiente red vial, que ocasiona enormes sobrecostos a la economía regional.

Para 2005 se planea continuar el monitoreo de este proceso, visitando nuevamente la zona y entrevistando a los agricultores que se contactaron en el primer sondeo y a otros que paulatinamente se incorporen al proceso de mejoramiento de los suelos en la Altillanura.

## 9. Referencias

**Almanza M., E. F. y O. Argüelles T.** (1998) Variabilidad de algunas propiedades físicas para efectos de la compactación de suelos agrícolas en la Orinoquia colombiana. Encuesta Nacional de Labranza Conservacionista. Villavicencio, Colombia.

**Amézquita, E.** (1998) Hacia la sostenibilidad de los suelos en los Llanos Orientales. IX Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, Paipa-Boyacá, Octubre 21-24.

**Amézquita, E., G. Preciado, R. Lal, and R.J. Thomas,** (1999) Changes in the soil physical condition as the time and intensity of use increase in tropical savanna (Oxisols) soils of Colombia, South America. Trabajo presentado en el 10<sup>th</sup> Reunión de ISCO, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA. May 23-28. 14 p.

**Amézquita E., R.J. Thomas, I.M Rao, D.L Molina, and P. Hoyos** 2001. The influence of pastures on soil physical characteristics of an Oxisol in the Eastern Plains (Llanos Orientales) of Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (in review).

**Amézquita E., P. Hoyos, D. L. Molina** (2004) Estrategias para la construcción de capas arables productivas en los suelos de la Altillanura colombiana. Informe final Ciat – Pronatta, borrador, Cali, Colombia.

**Amézquita E., D. I. Molina, L. F. Chávez, J. Ricaurte** (2000) La construcción de una capa arable: Práctica clave para la agricultura sostenible en suelos de la altillanura colombiana. Trabajo presentado en el II Seminario de Agrotecnia y Tecnología Siglo XXI – Orinoquia colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y Programa Nacional de Transferencia de Tecnología (PRONATTA), Villavicencio, Colombia, Agosto 23 – 25.

**Amézquita, E., Rao, I.M., Molina, D.L., Phiri, S., Lal, R., Thomas, R.J.** (2000b) Constructing an arable layer: key issue for sustainable agriculture in tropical savanna soils. 15<sup>th</sup> Conference of the International Soil Tillage Research Organization (ISTRO) “Tillage at the Threshold of the 21<sup>st</sup> Century: Looking Ahead”. Fort Worth, Texas, USA. Julio 2-7.

**Aristizábal Q., D. y J. E. Baquero P.** (1999) Tecnologías conservacionistas para el manejo de suelos arroceros en la Orinoquia colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (CORPOICA) Boletín Técnico No 15, Villavicencio, Colombia, 53p.

**Botero R., J. V. Cadavid, L. Rivas, A. Monsalve y L. R. Sanint** (1990) Análisis económico *ex – ante* en sistemas de producción asociados: Cultivo arroz – pradera, mimeografiado, CIAT, Programas de Pastos Tropicales y de Arroz, Cali, Colombia.

**Cadavid H., J. V.** (1995) Comportamiento y limitantes de la adopción de pastos y de cultivos asociados en los Llanos Orientales de Colombia. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas, Maestría en Economía Aplicada, Tesis de grado, Cali, Colombia.

**Ciat – Colciencias – Corpoica** (1998) Construcción de una “capa arable” en suelos pobres: Conceptos esenciales aplicados en la altillanura. Plegable Divulgativo, Cali, Colombia.

**Erosion and Soil Degradation** (2004) on line, citado el 2/12/2004 en: <http://royal.okanagan.bc.ca/mpidwirn/agriculture/erosion.html>

**FAO – ISRIC – UNEP** (1996) Human – induced soil degradation map, on line <http://www.fao.org/wfs/final/WFSmaps/Map12-e.pdf>

**Fedegan** (2003) La ganadería bovina en Colombia 2002 –2003. Federación colombiana de ganaderos, Bogotá, Diciembre.

----- (1995) La ganadería bovina en Colombia 1993 –1994. Federación colombiana de ganaderos, Bogotá, Diciembre.

**Hoyos P., M. del R. Silva, y E. F. Almanza** (1999) Impacto de diferentes usos y manejos del suelo en los cambios físicos, químicos y biológicos de los suelos de la Altillanura bien drenada. Proyecto interinstitucional Ciat – Corpoica – Unillanos. Informe final presentado a Pronatta, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, Bogotá.

**Jarvis L. S.** (1986) Livestock Development in Latin America. World Bank Report. Washington, DC, USA.

**Mejía G., M.** (1984) Orinoquia Colombiana: Sabanas de la Altillanura – Clima y Uso de la tierra. Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas – Colciencias – Corporación Araracuara. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

**Phiri S., E. Amézquita and I. Rao.** (2003) Constructing an arable layer through chisel tillage and agropastoral systems in tropical savanna soils of the Llanos of Colombia. *Journal of Sustainable Agriculture*, 23(1) 5.

**Rippstein G.** (1993) Management of native savanna on Colombia’s Eastern plains. CIAT Biennial Report. Working Document 134, Cali, Colombia.

**Rivas L. and C. Seré** (1985) Price and Supply Seasonality of Beef in Colombia – Implications for the Role of Improved Pastures - in: Trends in CIAT Commodities. Internal Document Economics 1.10. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia, May.

**Rivas L., A. Ramirez and C. Seré** (1990) Economic analysis of a grazing trail: the case of *Brachiaria decumbens* versus *Brachiaria decumbens* + *Pueraria Phaseoloides* in the Eastern Plains in Colombia, CIAT, Annual Report. Tropical Pastures Program, Cali, Colombia.

**Rivas L.** (2004) Convenio de Cooperación Técnica y Científica MADR – CIAT: Resultados, Adopción e Impacto 1999 - 2003. Documento de Trabajo No 194, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Proyecto de Evaluación de Impacto, Cali, Colombia, Julio.

**Sanint L. R., L. Rivas and C. Seré** (1990) Improved technologies for Latin America's new economic reality: Rice – pasture systems for the acid savannas, in: *Trends in CIAT Commodities 1990*, Working Document No 74, Economics Document No 1.15, CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, November.

**Spain J.** (1993) Sabanas Neotropicales: Perspectivas para sistemas integrales de producción agropecuaria ecológica y económicamente sostenibles. Trabajo presentado en el Seminario Internacional sobre el Manejo Integrado de los Recursos Naturales en Ecosistemas Tropicales para una Agricultura Sostenible. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) Subgerencia de Investigación. División de Proyectos Especiales, Memorias, p 123 –121, Santafé de Bogotá, Colombia.