

TITULO DEL PROYECTO

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LA ALTILLANURA COLOMBIANA

RESPONSABLES**CORPOICA**

Dario Leal Monsalve - **Ph D** Coordinador Agricola

Ruben Alfredo Valencia Ramirez - **M Sc** Genetica

Hernando Delgado - **M Sc** Fitomejoramiento

Gloria Navas - **M Sc** Suelos

Margarita Ramirez - **M Sc** Suelos

Carmen Rosa Salamanca - **M Sc** Suelos

Edgar Almanza M - **I Agricola** Manejo aguas

Jaime Bernal R - **M Sc** Fisiologia vegetal

Vicente Emilio Rey V - **I A** Fitopatologia

Judith Guevara Agudelo - **I A** Entomologia

Luz Mila Quiñones - Bióloga - UNILLANOS

CIAT

Dennis Friesen - **Ph D**

Richard Thomas - **Ph D**

Edgar Amezcua - **Ph D**

Udupulapati M Rao - **Ph D**

Neusa Asakawa Microbiologa

TITULO DEL PROYECTO

DESARROLLO DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LA ALTILLANURA COLOMBIANA

Localizacion

Centros de investigaciones La Libertad y Carimagua

Telefono (986) 633818 Fax 637571

Municipio Villavicencio - Puerto Lopez- Carimagua

Region Natural Orinoquia bien drenada (Altillanura)

Duracion Fecha de iniciacion Enero de 1998
Fecha de finalizacion Diciembre del 2000

INTRODUCCION

Los Llanos Orientales de Colombia cubren cerca de 26 millones de hectareas de las cuales un 53% (14 millones) pertenecen a la Orinoquia bien drenada (terrazas aluviales Altillanura plana y Altillanura disectada) sin embargo el gran potencial agropecuario lo constituyen cerca de 4.6 millones de hectareas constituidas por las terrazas y Altillanura plana actualmente subutilizadas en una ganaderia extensiva con pastos de baja calidad nutricional. Los suelos de estas sabanas de la Orinoquia se caracterizan por su alta acidez, baja fertilidad quimica, baja actividad biologica y debil estructura fisica que los hace fuertemente susceptibles a erosión y a compactacion. Aun así, estos ecosistemas presentan ventajas comparativas con relacion a otras zonas de produccion agropecuaria del pais, por su abundante y buena distribucion de lluvias y topografia relativamente plana que facilita la utilización racional de la mecanizacion como practica agricola constructora de suelos y no degradativa.

Estas sabanas naturales de los Llanos Orientales, hasta la decada de los 60s, tenían poca participación en la economia nacional por su baja capacidad de sustento de animales (1 animal/10 has). Investigaciones realizadas a finales de los años setenta condujeron al desarrollo de tecnologías que incrementaron notablemente la capacidad de carga de los pastos con el establecimiento de *Brachiarias* adaptados a las condiciones existentes en las sabanas. Con ello se logró incrementar la producción de carne de 12 kg /ha/año en sabana nativa a 200 kg /ha/año con *Brachiana decumbens* y a 400 kg /ha/año cuando la *B. humidicola* se asocio con leguminosas (*Arachis pintoii*). Sin embargo, la productividad de los pastos mejorados en general, no ha sido sostenible por la no utilización de insumos de mantenimiento, la falta de persistencia de las leguminosas y en consecuencia, la degradación fisico-quimica y biologica de los suelos.

En el año de 1989, con el desarrollo de variedades mejoradas de arroz seco con alta tolerancia al aluminio y a los suelos acidos de sabana, se introdujeron los sistemas agropastoriles en las sabanas de la Altillanura colombiana. Estos sistemas posibilitaron el establecimiento y/o la renovación de pasturas degradadas a través de la siembra simultánea de arroz y forrajes de gran adaptación, los cuales permiten cubrir los costos directos del establecimiento de las pasturas al

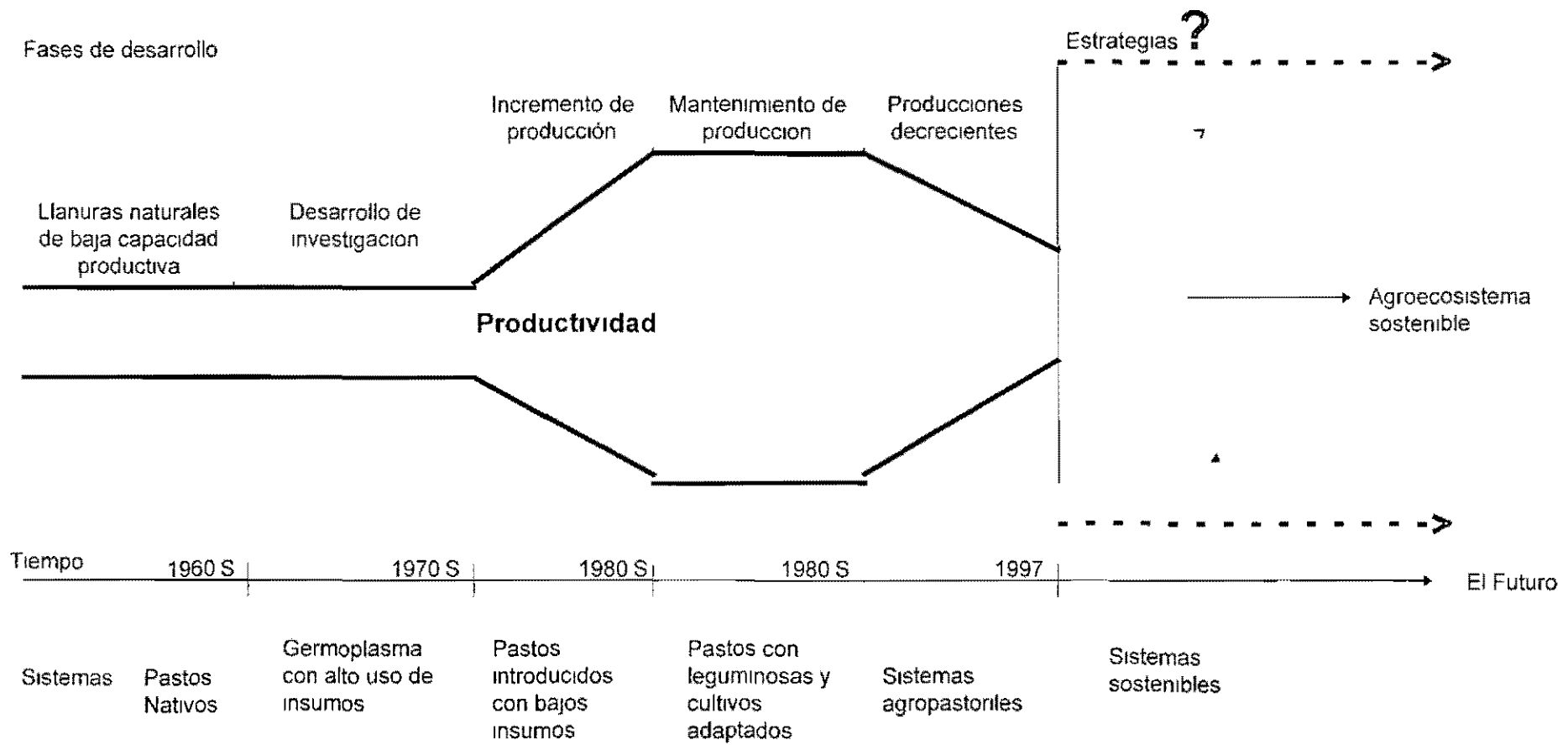
generarse ingresos por la cosecha de arroz. Posteriormente, la introducción de cultivos condujo a una mayor diversidad de uso de las sabanas colombianas siguiendo una trayectoria similar a la de los Cerrados brasileños hace 30 años. Este proceso de generación tecnológica ha tenido alta repercusión en el desarrollo económico actual del llano, que lo constituye en el área de mayor expansión pecuaria del país, pero esa alta productividad no ha logrado mantenerse a través del tiempo y se hace necesario rediseñar sistemas alternativos que conduzcan a producciones más estables y sostenibles.

La investigación en sistemas integrados de producción de cultivos para incorporar estas áreas a la producción de alimentos fue liderada por ICA y actualmente por CORPOICA, con la colaboración de centros internacionales de investigación como el CIAT y CIMMYT, a través de la generación de germoplasma adaptado a suelos ácidos. De igual manera, estos centros de investigación han unido esfuerzos para el desarrollo de prácticas de manejo de los cultivos adaptados para evitar la degradación del suelo como ocurrió en los cerrados brasileños por la explotación intensiva del monocultivo y otras prácticas agrícolas degradativas. Esta iniciativa comenzó en 1993 con la ejecución del proyecto de largo plazo llamado Culticore, en el Centro Nacional de Investigación Carimagua, que incorporó como componentes el nuevo germoplasma en sistemas de rotación alternativos para atenuar o revertir los efectos deletéreos del actual manejo. En 1995, CORPOICA inició un proyecto en la finca La Maloca, a 32 kilómetros al este del municipio de Puerto López - Meta, el cual incorporó complemento y aumentó los objetivos del proyecto Culticore/Carimagua, incluyendo los efectos de la intensidad de labranza, niveles de fertilización y una más amplia selección de rotaciones para establecer praderas de alta rentabilidad y sostenibilidad. Estos ensayos manejados conjuntamente por CORPOICA y CIAT se constituyen en una base sólida para afianzar la colaboración interinstitucional que durante los últimos cinco años ha involucrado la participación del ORSTOM (Francia), CIRAD (Francia), Universidad Complutense de Madrid (España) y la Universidad Nacional de Colombia, entre otras. Estos ensayos cumplirán su primer ciclo de investigaciones en sistemas agropastoriles y empezarán una nueva fase en 1998.

El desafío de esta investigación es el de desarrollar sistemas de producción sostenibles a través de prácticas agrícolas que combinen la utilización de residuos y de abonos verdes con un manejo integral de suelos (MISA) que conduzcan a la formación de una capa arable donde sea posible hacer agricultura y ganadería sostenible. En la figura 1 se pretende dar al lector una visión general de lo que se ha generado y de lo que es necesario desarrollar en el futuro, con miras a conseguir el manejo racional y sostenible de la Altillanura colombiana.

Para dar continuidad a los proyectos de investigación CULTICORE y EVALUACION DE SISTEMAS AGROPASTORILES EN LA ALTILLANURA COLOMBIANA y resolver los problemas de sostenibilidad de los sistemas de producción de las sabanas, se requiere de la participación decidida de CORPOICA, CIAT y COLCIENCIAS para la financiación y ejecución de las actividades de investigación complementarias a los proyectos mencionados, las cuales fueron integradas en el presente macroproyecto interinstitucional.

Fig 1 RESUMEN HISTORICO DE LA TRANSFORMACION DE LAS SABANAS NATIVAS DE LA ORINOQUIA COLOMBIANA



1 DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

La producción de los ecosistemas de sabana de la Orinoquia colombiana es limitada por factores agroecológicos como la baja fertilidad de los suelos representada por reducido contenido de Ca Mg K P y S elevada acidez alta saturación de Aluminio y alta fragilidad de los suelos. Otros limitantes de tipo tecnológico y socioeconómico han dificultado el desarrollo agropecuario sostenible de la región entre ellos la utilización de germoplasma desadaptado que ha conducido a la utilización de prácticas agronómicas inadecuadas para modificar el ambiente (uso desmesurado de enmiendas fertilizantes químicos y pesticidas) altos costos de producción escasos incentivos al productor y baja rentabilidad de la actividad productiva.

1.1 Recursos genéticos Aunque se han generado variedades adaptadas a suelos ácidos en especies anuales pastos y leguminosas forrajeras algunas tienen limitaciones para ser introducidas en las sabanas nativas por su relativa tolerancia al aluminio del suelo tales como la variedad de maíz Sikuaní V-110 que tolera hasta el 55% de saturación de aluminio y las variedades de sorgo Sorghica Real 40 y Sorghica Real 60 con adaptación hasta 40 y 60% respectivamente. Adicionalmente el potencial de rendimiento de variedades tolerantes a aluminio es susceptible de superar a través del mejoramiento genético para aumentar los índices de competitividad de los sistemas de producción.

En los suelos ácidos de las sabanas de la Orinoquia Colombiana que son sensibles a la erosión y de baja fertilidad se corre el riesgo de que la generación de especies y variedades tolerantes a la acidez y al aluminio pueda contribuir con una acelerada degradación de los suelos como consecuencia de la reducida fertilización química deficientes prácticas de rotación de cultivos y aplicación de una mecanización convencional extrapolada de otros agroecosistemas. Por lo tanto es necesario buscar alternativas genéticas de alta adaptación eficientes en la utilización de los recursos de producción y de bajo costo que permitan mantener y/o mejorar la fertilidad de los suelos. En este sentido los abonos verdes representan una de las alternativas biológicas más viable de las cuales su potencialidad aun se desconoce en las sabanas de la Orinoquia y solo se dispone de información parcial sobre la utilización de caupí y crotalareas.

En lo concerniente a las pasturas aunque los procesos de selección por adaptación a las condiciones edáficas y climáticas de las sabanas ha sido relativamente fácil el número de leguminosas con adaptación comprobada es aun escasa por lo que se hace necesario acelerar la búsqueda de materiales compatibles con gramíneas ampliamente sembradas en la Altillanura colombiana y el desarrollo de pasturas mejoradas que involucren la resistencia al salivazo calidad de forraje vigor y adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad.

1.2 Manejo de suelos Las explotaciones agrícolas en Colombia se han caracterizado por ser altamente extractivas desde el punto de vista de los nutrientes. Este fenómeno ha estado ligado a un manejo irracional de los fertilizantes químicos excesivo laboreo del suelo monocultivo y en general a la aplicación de prácticas agronómicas inapropiadas que han contribuido aceleradamente con la reducción del potencial productivo de los suelos y su rentabilidad.

La fertilización química a gran escala ha sido una de las soluciones al problema sin embargo los altos costos de los insumos la baja eficiencia de los mismos y los efectos negativos que sobre el ambiente pueden causar son los limitantes más importantes de los sistemas actuales de producción. El mantener la fertilidad de los suelos con base en la aplicación de fertilizantes químicos es cada vez más costosa y difícil de alcanzar por la creciente degradación de los suelos.

Los productores del sector agropecuario deben apoyarse más en los procesos biológicos para mejorar la productividad agrícola y la calidad del suelo. La microflora del suelo (bacterias hongos actinomicetos y algas) desempeñan un papel activo en algunos procesos biológicos decisivos del suelo como el reciclaje de nutrientes y la estabilidad estructural de los suelos. Sin embargo la microflora es el componente menos conocido de la biota del suelo y no obstante es el responsable de los procesos más importantes.

del flujo de nutrimentos en los sistemas agrícolas que emplean bajas cantidades de insumos. Por ello es necesario determinar mediante una combinación de la ecología y la biología molecular la estructura y la función de las comunidades microbianas en diversos sistemas de uso de la tierra y utilizar la información para mejorar la productividad del suelo.

Esta degradación es una de las consecuencias de la agricultura mecanizada ineficiente que ha contribuido con la reducción de la fertilidad de los suelos, acumulación masiva de malezas, pérdida de suelo por efecto de la erosión, compactación y acelerada pérdida de la materia orgánica que favorece los procesos de degradación química y biológica.

Aunado a los factores anteriores, en los suelos de la Altillanura se ha observado una tendencia a la baja capacidad de infiltración, la cual se acentúa con la intensidad de uso del suelo, produciendo altos volúmenes de escorrentía y disminución significativa de la cantidad de agua que pueda ser almacenada en el suelo y aprovechada por las plantas. Así, aunque aparentemente las sabanas presentan una condición de suelos semi-secos dentro de un clima de alta precipitación, después de 2 a 5 días sin lluvias se producen síntomas de deficiencia de agua en las plantas manifestándose una flacidez en las hojas hacia el mediodía.

Por lo anterior se deduce que la frecuencia de ocurrencia de las lluvias es muy importante y determina al parecer la mejor forma de suministro de agua para las plantas. Para la solución a este problema la investigación debe dirigirse hacia el desarrollo de algunas prácticas que aumenten la capacidad de infiltración y mejore la disponibilidad de agua para los cultivos.

Los procesos involucrados en el flujo y almacenamiento de agua en el suelo son los siguientes: a) infiltración o ingreso de agua al perfil del suelo; b) redistribución de esa agua dentro del perfil; c) drenaje o paso del agua por debajo de la zona radicular; d) evaporación o pérdida de agua en forma de vapor hacia afuera del perfil del suelo; y e) movimiento de agua desde el suelo hacia las raíces de las plantas. La existencia de estos procesos y su dinámica determina el contenido de agua en un punto y en un instante dados en el perfil del suelo. Normalmente no se representa una condición de equilibrio en el contenido de agua en el suelo. La velocidad de flujo de cada uno de los procesos mencionados y su resultante determinan el balance hídrico del suelo, del cual depende la suplenencia de agua para los cultivos.

El balance hídrico del suelo determina la posibilidad de que haya agua disponible para las plantas y que estas puedan optimizar su actividad productiva a través de la transpiración y de la absorción de los nutrientes disueltos en el agua del suelo. Las características del suelo asociadas al balance hídrico pueden modificarse con sistemas de preparación del suelo que permitan mejorar la producción de cultivos. En ese sentido, el desarrollo de prácticas que propicien el mayor ingreso de agua al suelo y de las que aumenten su capacidad de almacenamiento, proporcionando más dinámica en el flujo de la solución nutritiva, conducirán a mejorar la nutrición de las plantas y a incrementar los rendimientos.

1.3 Manejo integrado de plagas Al observar la historia de la agricultura se puede afirmar que a medida que el hombre empezó a seleccionar y mejorar las especies que escogía como cultivo, los problemas con especies indeseables se agravaron. Actualmente la agricultura moderna se asocia con operaciones mecanizadas de preparar la tierra, fertilizar y aplicar pesticidas, cultivar y cosechar una variedad mejorada de una especie sembrada como monocultivo. A medida que se van mejorando las condiciones de crecimiento para el cultivo y reduciendo la diversidad ecológica, las malezas se van convirtiendo en competidores peligrosos para los cultivos; en otras palabras, ellas también responden al mejoramiento del medio ambiente y posteriormente se requerirán métodos efectivos de control de malezas para obtener rendimientos altos.

Estas sabanas junto con las áreas boscosas se encuentran en la actualidad dominadas por ecosistemas estables de plantas nativas cuya estabilidad no ha sido mayormente perturbada por el hombre; no obstante, a medida que estas zonas sean alteradas se da lugar a el desplazamiento de las especies y al fortalecimiento de otras especies invasoras que se consideran como malezas. La destrucción completa

de la vegetación existente en estas sabanas para el establecimiento de especies introducidas traerá como consecuencia una etapa de grandes cambios en estos ecosistemas la alteración de los suelos el enclavamiento y la fertilización crearán un medio ambiente diferente en los cuales seguramente las malezas llegarán a ser una competencia seria para los sistemas de producción agropastoriles que se deseen establecer

Paralelo a la expansión de la frontera agrícola y debido al establecimiento de nuevos cultivos surgen poblaciones dañinas de insectos y fitopatógenos que afectan directamente la producción Actualmente no es posible implementar programas racionales de manejo integrado de plagas que garanticen la competitividad y sostenibilidad de los nuevos sistemas de producción por la falta de conocimiento en aspectos como clasificación de las especies de fitopatógenos e insectos plagas y beneficios su grado de incidencia hábitos nivel de daño fluctuación poblacional y distribución geográfica

Entre los problemas patológicos prevalentes en la zona se encuentra la piricularia y enfermedades virales como la hoja blanca y el entorchamiento del arroz que son altamente limitantes para la producción y sobre las cuales no existen estudios epidemiológicos ni de impacto sobre los sistemas de producción en las sabanas de la Altiplanura colombiana

1.4 Manejo integrado de cultivos El establecimiento de sistemas de producción económicamente viables y sostenibles requiere un ambiente de políticas favorables y de uso eficiente de los recursos Para enfrentar los problemas de la fragilidad de las sabanas y contrarrestar los problemas actuales de la producción se requiere de nuevas estrategias que integren los recursos genéticos tecnologías de manejo racional y conservacionista de los suelos y el manejo integrado de plagas con énfasis en el control biológico Con base en la complementariedad ecológica y económica de los componentes del sistema se logrará aumentar la productividad y sostenibilidad de las sabanas

A pesar de las limitaciones de estos agroecosistemas sus suelos ofrecen ventajas comparativas con otras zonas del país como topografía plana de fácil mecanización suficiente y adecuada distribución de las lluvias de abril a noviembre y una extensa área potencial de costo relativamente bajo Con el nuevo enfoque de la investigación CORPOICA y CIAT pretenden desarrollar patrones tecnológicos que reduzcan el impacto negativo sobre el ambiente y los recursos naturales Para hacer frente a este desafío las actividades de investigación y transferencia se han enfocado hacia

- La calibración de métodos analíticos para la identificación detallada de los Oxisoles y su capacidad de suministro que permita determinar las fuentes y dosis de fertilizantes de mayor eficiencia
- El desarrollo de variedades mejoradas con alto potencial de rendimiento resistentes a plagas y enfermedades tolerantes a condiciones adversas de suelo y clima y altamente eficientes en la utilización de los recursos de producción
- La generación de prácticas agronómicas conservacionistas y desarrollo de tecnologías apropiadas para la recuperación de las propiedades físicas químicas y biológicas de suelos degradados
- Un manejo eficiente de los factores bióticos con programas integrados de control de plagas (MIP) para que la explotación agropecuaria sea una actividad altamente estable y sostenible
- La introducción de cultivos en las sabanas ácidas en sistemas integrados de producción agropastoriles con un manejo eficiente y racional de los recursos naturales disponibles y uso de prácticas agronómicas apropiadas (rotación y asociación de cultivos fuentes biológicas de nutrientes sistema de labranza) que permitan la conservación y/o mejoramiento de la capacidad productiva del suelo

2 ANTECEDENTES CIENTIFICOS Y TECNOLOGICOS

En las ultimas dos décadas se han logrado avances significativos en la investigación para sabanas de la Orinoquia en el desarrollo de germoplasma adaptado de pasturas leguminosas forrajeras y cultivos anuales así como en las áreas de manejo de suelos y control integrado de plagas

2.1 Recursos genéticos Las especies y variedades de plantas difieren en su tolerancia al Al y sus variaciones representan una fuente importante de germoplasma para suelos ácidos. Un considerable progreso se ha dado en Colombia en el desarrollo de materiales tolerantes a Al con alto potencial de rendimiento. En la tabla 1 se presenta la relación de germoplasma en cultivos anuales, pastos y leguminosas forrajeras para suelos ácidos de sabana producto de la investigación multidisciplinaria e interinstitucional.

Tabla 1 Variedades de cultivos anuales, pastos y leguminosas forrajeras desarrolladas para suelos ácidos de sabana de la Orinoquia colombiana

Especie	Variedad	Adaptacion Sat Al (%)	Instituciones	Año
Cultivos anuales				
Arroz	Oryzica Sabana 6	85	ICA-CIAT	1991
	Oryzica Sabana 10	85	ICA/CORPOICA-CIAT	1995
Soya	Soyica Atlillanura 2	70	ICA/CORPOICA-FFA	1994
Sorgo	Sorghica Real 40	40	ICA-INTSORMIL	1991
	Sorghica Real 60	60	ICA-INTSORMIL	1991
	Icaravan 1	60	ICA-INTSORMIL- ALCARVAN	1993
Maiz	Sikuani V-110	55	ICA/CORPOICA- CIMMYT	1994
Pastos y Leguminosas				
<i>Andropogon gayanus</i>	Carimagua 1	90	ICA - CIAT	1981
<i>Stylosanthes capitata</i>	Capica	90	ICA - CIAT	1983
<i>Centrosema acutifolium</i>	Centrosema Vichada	85	ICA - CIAT	1987
<i>Brachiaria dictyoneura</i>	Pasto Llanero	90	ICA - CIAT	1987
<i>Arachis pintoi</i>	Maní Forrajero perenne	85	ICA - CIAT	1992

Fuente: CORPOICA - CIAT

2.2 Manejo de suelos El desarrollo de una agricultura sostenible depende de la disponibilidad y del uso eficiente de los recursos esenciales. La agricultura que practican los agricultores de escasos recursos ya no puede basarse en los cultivos migratorios por causa de la escasez de tierras, tampoco puede fundamentarse en sistemas de uso intensivo de insumos porque estos no están disponibles o porque no hay recursos financieros para adquirirlos o por ambas razones. En consecuencia, el trabajo debe orientarse hacia los denominados sistemas intermedios, como son los cultivos intercalados, las coberturas vegetales y otros residuos orgánicos bien empleados, la agroforestería, las rotaciones del cultivo y los cultivos mixtos (Swift et al. 1994). Tales sistemas intermedios se caracterizan porque dan importancia tanto a los procesos biológicos del suelo que suministran nutrientes a las plantas como a los procesos en la conservación de los suelos.

Los organismos del suelo, cuya diversidad es enorme, están involucrados en una gran variedad de procesos biológicos en el suelo, esenciales para el mantenimiento de la fertilidad y de la sanidad de este. Estos procesos comprenden: (i) regulación del reciclaje de nutrientes que controla el flujo y la retención de los mismos en el suelo mediante la descomposición, la mineralización e inmovilización de la materia orgánica y de los residuos; (ii) mantenimiento y formación de la estructura del suelo que regula el flujo hídrico y la aireación; (iii) interacciones entre plantas-parasitismo, patogénesis y absorción de nutrientes; (iv) contribución directa a la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica del nitrógeno y la solubilización de fosfatos; y (v) reducción de los efectos tóxicos de agroquímicos.

La microflora de los suelos tropicales (bacterias, hongos, actinomicetos y algas) son el componente menos conocido de la biota del suelo (Lee 1991). Además, en el pasado, el progreso en esta área fue lento porque no se disponía de metodologías para el estudio de estos microorganismos y de sus funciones en el suelo. Por ello, la biomasa microbiana se ha tratado como una caja negra (Ritz et al. 1994). Hoy se dispone de técnicas moleculares como los métodos para la extracción de ADN y ARN de los suelos (Saylor et al. 1992), el empleo del análisis del ADN para determinar la diversidad de las comunidades microbianas (Torsvik et al. 1994), el análisis FAME (Zelles et al. 1995) y otras. El sentido funcional de las diferencias que existen en las poblaciones pueden estudiarse en el campo (en suelos sometidos a diferentes usos) y en experimento a nivel de microcosmo en los que se agregan organismos a un suelo esterilizado (ver, por ejemplo, Charholm 1994).

Pocos intentos se ha hecho para aplicar estas nuevas metodologías a los suelos del trópico húmedo, los cuales necesitan depender quizás más que otros de los procesos biológicos para lograr una agricultura sostenible. Los abonos verdes juegan un papel muy importante en la dinámica microbiológica de los suelos, favoreciendo los procesos de descomposición y liberación de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

Kute y Mann (1968) mencionados por Prager y Angel (1984) al evaluar el efecto de los abonos verdes sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, encontraron un aumento en el nitrógeno total, fósforo disponible, población bacteriana total y estabilización de los agregados. El carbono orgánico no fue influenciado y el pH e índice C/N disminuyeron levemente. En la incorporación de estos abonos, generalmente se espera mejorar las propiedades químicas y poca importancia se da a los aspectos físicos y biológicos. Varios investigadores sostienen que los abonos verdes mejoran considerablemente las propiedades físicas y biológicas y que indirectamente se regulan las propiedades químicas. Resultados preliminares de las investigaciones realizadas en la Altillanura colombiana han permitido determinar que el caupí y la soya incorporados al suelo fijan menos del 30% de sus requerimientos de N y los cereales como arroz y maíz recuperan menos del 30% del N derivado de la mineralización de los abonos verdes incorporados en sistemas de rotación.

El fósforo es el nutriente más limitante para el crecimiento de los cultivos en los suelos de los Llanos. Hasta la fecha existía el concepto de la alta fijación del P aplicado como fertilizante. Ensayos iniciados hace 4 años en los Llanos Orientales han demostrado que hay una alta disponibilidad para los cultivos de residuos de P ampliado como superfosfato triple a los oxisoles, que implica la posibilidad de bajar los insumos de fertilizantes a través del tiempo, al mejorar la fertilidad de los suelos. Aunque las formas

orgánicas no parecen tener mucha importancia en la dinámica del P en el corto plazo bajo monocultivos o rotaciones las tendencias son positivas a largo plazo en la incorporación del P en formas orgánicas en sistemas de producción que incluyan pastos

Para que la técnica de utilizar abonos verdes sea eficiente es necesario identificar las especies más promisoras de mayor adaptación y definir las estrategias para su incorporación en los diferentes sistemas de producción En 1923 se menciona a la crotalaria como promisoría para sembrar en tierras dedicadas al cultivo de piña y en 1924 se observó que esta planta producía más que las otras leguminosas como abono verde en un periodo de dos meses de crecimiento

En experimentos realizados en el norte del Cauca por Prager y Angel (1984) se encontró que la Crotalaria superaba a la Canavalia y al Guandul en producción de materia seca en un tiempo récord de 80 días aunque puede ser incorporada desde los 65 días ya que el contenido de materia seca es muy similar Esta precocidad de los abonos verdes es de gran importancia por cuanto se evita perder un ciclo de cultivo En este ensayo la incorporación de Crotalaria contribuyó con la mayor proporción de N y P aportando 80 y 7 kg/ha respectivamente El Guandul incorporó 40 kg/ha de N y 4 kg/ha de P Por su parte la Canavalia aportó 35 y 2 kg/ha en su orden suministrando el más alto aporte de Ca (29 kg/ha)

Delgado y Alarcón (1997) en un suelo de sabana de Carimagua encontraron que el caupi como abono verde aportó al suelo 104 72 29 y 6 Kg/ha de N K Ca Mg y P respectivamente e incrementó la respuesta del arroz al fósforo aplicado produciendo rendimientos entre 600 y 900 Kg/ha mayores que en monocultivo continuo con la variedad de arroz Oryzica Sabana 6

Otro factor de gran importancia en la producción es la utilización del recurso hídrico El agua que logra almacenarse en el suelo y que utilizan las plantas para su crecimiento y desarrollo proviene del agua lluvia o del riego La capacidad que tiene un suelo para dejar ingresar transmitir almacenar y ceder agua a las raíces de las plantas depende de las características hidrológicas y estas de la distribución del tamaño de los poros del volumen de macro meso y microporos y de la continuidad de estos en profundidad Lo anterior implica que cada tipo de suelo posee características específicas en relación con su capacidad para almacenar y suplir agua a las plantas

Hay algunas características que están asociadas con la capacidad del suelo para aceptar aguas lluvias (dejar ingresar el agua proveniente de las lluvias en el perfil del suelo) Las principales son resistencia del suelo al impacto de las gotas (erodabilidad) textura estructura estabilidad tamaño y continuidad de poros contenido de materia orgánica presencia de residuos superficiales etc Además está influenciada directamente por la pendiente del terreno la cual favorece la producción de escorrentía superficial a medida que aumenta la pendiente

Para un buen planteamiento agrícola de los suelos del Llano colombiano y para un buen establecimiento mantenimiento y manejo de pasturas y de sistemas agropastoriles es necesario entender lo que pasa con los 2500 mm anuales de precipitación que caen en la zona de la Orinoquia bien drenada ¿Que tanta de esta agua es retenida por el suelo y cuanto se pierde por escorrentía y drenaje interno ? ¿Cual es el régimen de agua del suelo que prevalece en el campo ? ¿Cuanta agua de la almacenada en el suelo es utilizada por los cultivos ? ¿Que efecto tiene el comportamiento del ciclo hidrológico de los Llanos Orientales en los sistemas de producción agropecuarios y en la conservación del ambiente ? ¿Como ello afecta el recurso tierra ? teniendo en cuenta la precipitación y la demanda evaporativa ¿Es el aprovechamiento del agua del suelo el problema ?

Las respuestas a los interrogantes planteados justifican que mediante investigaciones sistemáticas y coherentes se llegue a conocer el comportamiento de los factores que regulan la aceptación de aguas lluvias por el suelo para poder modificarlo si es necesario en bien de una mayor productividad y sostenibilidad

2.3 Manejo integrado de plagas Las pérdidas causadas por las malezas a nivel mundial ascienden a 20.4 millones de dólares al año lo que representa el 34.5% de la potencialidad productiva de los cultivos. En Colombia estudios realizados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) durante 12 años de investigación han demostrado que estas pérdidas en el rendimiento de los cultivos es de aproximadamente un 35%. Por otra parte semillas de las malas hierbas pueden ocasionar pérdidas en la calidad al mezclarse con el cultivo en el momento de la cosecha como ocurre con la presencia de semillas de arroz rojo que bajan la calidad del arroz blanco (Doll 1989).

La sostenibilidad de los sistemas agropastoriles en las sabanas ácidas de la Orinoquia puede verse altamente afectada por los problemas con malezas una vez estos suelos se vayan adecuando para suplir la demanda de los cultivos liberados para esta región. Ayarza (1994) reportó que la mayoría de los sistemas de producción en el Cerrado Brasileiro presentaban problemas de sostenibilidad debido principalmente a las malezas. Situación similar ha sido observada en los sistemas prototipos de producción de cultivos para suelos ácidos generados por el CIAT y CORPOICA en donde ya se consideran a las malezas como un problema de gran relevancia para la producción sostenible de cultivos (Friessen 1994). Fischer (1995) encontró en los sistemas de producción de arroz en monocultivo en la Altillanura colombiana el desarrollo de una población alta de malezas que reducían el rendimiento del cultivo aun con el uso de herbicidas y se agudizaba el problema al encalar y fertilizar los suelos ácidos para aumentar la producción de los cultivos.

Trabajos preliminares realizados por el CIAT en sistemas de producción con alta y baja fertilidad indican además que las especies de plantas no deseadas (malezas) difieren según el nivel de fertilidad de esta manera la especie *Axonopus purpusii* predominó en los sistemas de baja fertilidad mientras que *Centrosema pubescens* predominó más en los sistemas de alta fertilidad.

Por otro lado la promoción de las siembras en gran escala de cultivos en las sabanas incrementará el riesgo de introducir malezas en la región ya sea vegetativamente o como semillas. Una parte de las malezas encontradas en los sistemas prototipo de CIAT corresponden a especies foráneas introducidas al sistema como es el caso de *Emilia sanchifolia*.

Algunas malezas se han asociado a sistemas de baja sostenibilidad y pueden ser usadas como indicadores de la degradación dentro de los sistemas. Por lo tanto el estudio de la ecología, la dinámica de malezas y su relación con los sistemas de producción suministrarán claves útiles para mejorar o preservar los recursos del agroecosistema.

Otro de los problemas limitantes de la producción de cultivos en las sabanas es la presencia de insectos plagas como *Spodoptera* spp., Chrysomelidos, *Diatraea* sp., *Tagosodes orizicolus* las cuales podrían ser controladas a través de un programa de manejo integrado con énfasis en el control biológico.

La plaga más común en estos cultivos es el complejo *Spodoptera* y representa uno de los problemas insectílicos de mayor importancia en la región. Leon (1991) manifiesta que es posible el manejo de estos fitófagos con controladores naturales. En los Llanos Orientales el control biológico ejercido por *Telenomus remus* como parasitoide de huevos del complejo *Spodoptera* es altamente eficiente ya que en forma natural controla el 50% de las posturas de este fitófago. Al complementar este fenómeno natural con las liberaciones del mismo parasitoide los controles alcanzarían un 95% (Siabatto 1994).

En el cultivo de la soya los insectos más limitantes además del complejo *Spodoptera* son los comedores de follaje como *Anticarsia gemmatilis* y el Chrysomelido *Cerotoma facialis* y el barrenador de vainas *Maruca testulalis*. Existen alternativas de manejo biológico para controlar estas plagas como el parasitoide de huevos *Telenomus remus* controlador de *Spodoptera* spp., el entomopatógeno *Nomureae rileyi* como controlador natural de *Anticarsia gemmatilis* y productos selectivos como inhibidores de quitina que se pueden combinar con los insecticidas biológicos para con ello implementar un manejo integrado de plagas en este cultivo de rotación.

El cultivo del maíz presenta dos plagas de interés económico como el cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* y el barrenador de la caña *Diatraea saccharalis*. Estas dos plagas limitantes del cultivo tienen dos controladores biológicos (*Telenomus remus* y *Trichogramma exigum* parasitoides de huevos en *Spodoptera* sp y *Diatraea* sp) los cuales al ser liberados en forma preventiva mantienen las poblaciones de estas plagas por debajo de los niveles de daño económico.

En el cultivo del arroz se encuentran como plagas limitantes el cucarro *Eutheola bidentata*, *Tagosodes orizicolus* y *Spodoptera frugiperda*. Desafortunadamente en este cultivo no hay estrategias biológicas reconocidas para implementar su control. Sin embargo se pueden combinar algunos productos selectivos junto con el parasitoide *T. remus* para controlar estos insectos.

Lo anterior permite reconocer que existen bases para el desarrollo del control biológico de las principales plagas de los sistemas de producción que pueden contribuir en la competitividad y sostenibilidad al aumentar los rendimientos de los cultivos de rotación, reducir los costos de producción y conservar el ambiente.

La presencia de enfermedades en la zona es propiciada por condiciones ambientales favorables para el desarrollo de los patógenos. En la Altillanura colombiana se ha encontrado piricularia, hoja blanca y entorchamiento en arroz, y pustula bacteriana en soya, en situación semejante a la que se encuentra en el Piedemonte. En hoja blanca se ha evaluado la presencia del vector *T. orizicolus* de su población y de la transmisión de la enfermedad en condiciones muy puntuales que no permiten seguir la dinámica de la plaga ni de la enfermedad (Vicente Rey, datos no publicados).

Para la zona no existe un estudio de la epidemiología de las diferentes enfermedades ni del impacto de éstas sobre la producción. Los estudios más detallados que ha realizado CIAT hacen referencia a las enfermedades de pastos y leguminosas mirando el contexto como un sistema de producción netamente pastoril. En consecuencia la importancia que puedan tener las enfermedades en un sistema de producción agropastoril es en la actualidad desconocida.

2.4 Manejo integrado de cultivos La entrega de la variedad de arroz Oryzica Sabana 6 para su utilización en asociación con gramíneas como *Brachiaria dictyoneura* (Pasto Llanero) *Andropogon gayanus* (Pasto Carimagua) y con leguminosas forrajeras como *Stylosanthes capitata* (Capica) inició la incorporación de sistemas agropastoriles promisorios a la Altillanura Colombiana y permitió la introducción de prácticas apropiadas para la conservación y/o el mejoramiento de suelos. El sistema arroz-pastos se ha propuesto para el establecimiento de praderas mejoradas en sabanas nativas y para la recuperación de suelos y pasturas degradadas.

En la evaluación de sistemas agropastoriles realizados por CORPOICA en la finca la Maloca en la Altillanura colombiana se ha avanzado en el conocimiento de los efectos de la rotación, fertilización y tipos de labranza sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos. Con los sistemas de rotación arroz-caupi - arroz y arroz - soya - arroz se lograron incrementos promedios de arroz paddy de 1412 Kg/ha y 1154 Kg/ha respectivamente en comparación con la producción de arroz después de sabana nativa sin observarse diferencias significativas entre las labranzas convencional, vertical y mínima. El cultivo de arroz a diferencia de la soya respondió a la fertilización. En el segundo ciclo de rotación arroz-soya los rendimientos de arroz aumentaron significativamente con promedios de 3330 Kg/ha en el nivel alto de fertilización y 3175 Kg/ha en el nivel bajo (las 2/3 partes).

El mejor establecimiento de pasto *B. dictyoneura* se logró con las labranzas convencional y vertical al obtener una producción de 4750 Kg/ha de materia seca y baja incidencia de malezas. Con la labranza mínima sólo se obtuvo un 10% de esta producción con alta población de malezas de hoja ancha y angosta.

El análisis de suelos de los sistemas en evaluación hacen evidente un mejoramiento progresivo de las propiedades químicas y biológicas de los suelos. Se redujo significativamente la saturación de Al y

aumento el P B Cu al introducir los cultivos en rotacion en las sabanas. Se incrementó la actividad biológica de los suelos en los sistemas de rotacion e incorporacion de abonos verdes. La saturacion de Al se redujo de 80% en sabana nativa a 58% con el sistema arroz-soya a 55% en arroz-caupi y a 67% en el sistema *B. dictyoneura*. Comparativamente con la sabana nativa los sistemas arroz-soya y arroz-caupi mejoraron los niveles de P B y Cu. Por su parte la poblacion de bacterias se incremento con la introduccion de cultivos pero en mayor grado en el sistema arroz caupi. Los hongos y actinomicetos permanecieron estables aunque estos ultimos superaron en cantidad a bacterias y hongos.

Con las anteriores consideraciones sobre recursos geneticos, manejo de suelo, manejo integrado de plagas y en general sobre el manejo integrado de cultivos en las sabanas, es necesario diseñar, desarrollar y utilizar prácticas conservacionistas que permitan la sostenibilidad de los sistemas productivos y la preservacion de los recursos naturales no intervenibles. Además se deben diseñar y evaluar sistemas rotativos, asociativos y de incorporacion de abonos verdes y residuos que permiten un mejoramiento de las propiedades intrinsecas de la capa arable de suelo.

3 Objetivos

3.1 Objetivos generales

Aumentar la productividad de sistemas pastoriles y agropastoriles de la Altillanura colombiana mejorando los suelos degradados y conservando los recursos naturales de las sabanas.

3.2 Propuesta del proyecto

Desarrollar, evaluar y validar sistemas de produccion que permitan aumentar la productividad evitando la degradacion de los recursos naturales de la Orinoquia Colombiana.

3.3 Objetivos especificos

- Caracterizar y evaluar como componentes para sistemas agropastoriles diferentes especies de cultivos y abonos verdes.
- Validar y ajustar la tecnologia generada para las nuevas variedades de cultivos anuales adaptadas a suelos ácidos en sistemas integrados de producción.
- Evaluar sistemas de rotacion y asociacion de cultivos que permitan el establecimiento de praderas mejoradas con alta rentabilidad y sostenibilidad.
- Identificar las especies de malezas (nativas o introducidas) asociadas con los cultivos y pastos dentro de los sistemas de produccion y estudiar su dinamica e influencia en la sostenibilidad de los sistemas.
- Estructurar programas de manejo integrado de plagas para las especies de insectos dañinos y las enfermedades de mayor importancia economica en los sistemas de producción.
- Desarrollar tecnologias de manejo integrado de suelos y aguas para conservar, mejorar y/o recuperar las propiedades productivas del suelo y asegurar el uso eficiente del agua.

3.4 Productos esperados del proyecto

Los productos esperados del proceso de investigación intermultidisciplinario en sistemas de producción serán

- Especies caracterizadas por tolerancia a suelos ácidos y evaluadas en sistemas de producción
- Estrategias de manejo de suelos en diferentes sistemas de producción
- Bases de conocimiento sobre la dinámica de malezas, plagas y enfermedades en sistemas de producción
- Desarrollo institucional, capacitación y diseminación de resultados

4 Plan de Trabajo

Los productos esperados y las actividades de la presente propuesta de investigación se presentan en la Figura 1. Para la realización de este proyecto se seleccionaron dos sitios representativos de las condiciones predominantes en las sabanas ácidas: el Centro de Investigación de Carimagua y la finca de un productor (La Maloca vía Puerto López/P. Gaitán) en donde se evalúan complementariamente los aspectos básicos y aplicados del comportamiento de suelos, cultivos y pasturas en sistemas de producción contrastantes. En ambos sitios, los suelos están clasificados como Typic isohyperthermic haplustox caoliniticos y bien drenados. En las tablas 2 y 3 se describen los tratamientos de cada ensayo. Para algunas actividades será necesario establecer nuevos ensayos satélites con el fin de lograr los productos esperados según el plan de trabajo detallado adjunto.

4.1 Producto esperado 1

Especies caracterizadas por tolerancia a suelos ácidos y evaluadas en sistemas de producción

Actividad 1 *Evaluar morfoagronómicamente cultivos anuales en suelos ácidos de sabana dentro de sistemas de producción*

- Evaluar los parámetros de crecimiento y desarrollo de las especies en rotación y asociación dentro de los sistemas de producción
- Definir los atributos de adaptación a factores bióticos y abióticos

Actividad 2 *Caracterizar abonos verdes por adaptación a suelos ácidos, producción de biomasa y fijación de nitrógeno incluyendo atributos de calidad que afectan la tasa de descomposición*

- Caracterizar morfoagronómicamente especies leguminosas (crotalaria, canavalia, sesbania, vitabosa, caupi, etc.) y especies gramíneas (millo, sorgo, etc.)
- Cuantificar la tasa de producción de biomasa para las leguminosas, la cantidad de nitrógeno fijado bajo diferentes niveles de fertilizaciones

- Comparar la cantidad de biomasa de diferentes especies como abono verde en diferentes épocas y diferentes densidades de siembra
- Caracterizar la tasa de descomposición y liberación de nutrientes de los abonos verdes y determinar los valores intrínsecos (relación C/N, Lignina/N, etc.) que la controlan

Actividad 3 *Determinar la interacción espacial y temporal de las diferentes especies en los sistemas de producción*

- Determinar los efectos de los diferentes sistemas de rotación en los rendimientos económicos y de biomasa de componentes de sistema
- Identificar el impacto de componentes asociados a la productividad total de sistemas

Actividad 4 *Estimar los efectos de la labranza y fertilidad de suelo en el desarrollo y morfología de raíces de diferentes componentes de los sistemas*

- Determinar las diferencias en crecimiento y distribución de raíces (biomasa, longitud total, longitud específica) con relación al crecimiento de la parte aérea
- Determinar las diferencias en estrategias de enraizamientos entre componentes de cultivos y forrajes según un modelo de distribución de raíces
- Relacionar diferencias en crecimiento y producción de raíces en la adquisición de nutrientes (N, P, K, Ca) entre componentes de cultivos y forrajes

4.2 Producto esperado 2

Estrategias de manejo de suelos en diferentes sistemas de producción

Actividad 1 *Determinar el efecto de prácticas de manejo y sistemas de producción en la aceptación de agua por el suelo*

- Identificar sobre una base cartográfica los principales suelos que conforman los Llanos bien drenados
- Caracterizar físicamente los suelos seleccionados y relacionar las propiedades físicas con su capacidad de aceptar agua
- Desarrollar o ajustar un modelo que permita predecir el efecto de determinadas prácticas en el balance hidrológico de los suelos

Actividad 2 *Establecer metodos de labranza para el desarrollo de una capa arable de suelo*

- Determinar el efecto de diferentes sistemas de labranza en la solucion de los limitantes fisicos de los suelos del Llano
- Determinar que propiedades fisicas son las mas cambiantes con las acciones de labranza y determinar las metodologias para controlar su degradacion
- Estudiar sistemas de labranza que en el menor tiempo posible conduzcan a la creacion de una "capa arable" para que posteriormente los suelos pasen a minima labranza

Actividad 3 *Desarrollar metodos para integrar insumos inorganicos y orgánicos incluyendo abonos verdes y residuos de cosecha para mejorar el uso eficiente de nutrimentos*

- Establecer estrategias de manejo de los abonos verdes para incorporarlos a los sistemas de producción
- Comparar el efecto de diferentes metodos de manejo de residuos y abonos verdes (corte e incorporacion corte sin incorporacion sin corte) sobre la tasa de descomposicion y liberacion de nutrimentos
- Determinar el efecto del uso de residuos organicos (socas abonos verdes y de animales) en los requerimientos de insumos inorganicos de cultivos
- Cuantificar y comparar los destinos y las perdidas de fuentes organicos e inorganicos de nutrimentos de diferentes sistemas de produccion para identificar estrategias para mejorar su uso eficiente

Actividad 4 *Desarrollar y aplicar metodologias para evaluar la biodiversidad y dinámica de la micro y macrofauna y determinar sus papeles en el mejoramiento de la calidad de un suelo sometido a diferentes sistemas de uso*

- Desarrollar y adaptar los metodos actuales de estudio de la biodiversidad de las comunidades microbianas y en especial la microflora del suelo (bacterias hongos actinomicetos y algas) empleando metodos de biología molecular
- Estudiar la diversidad y las propiedades funcionales de las comunidades microbianas en diferentes sistemas de manejo de la tierra elegidos a partir de experimentos a largo plazo
- Medir procesos de reciclaje de nutrimentos como la mineralizacion y/o inmovilización del N la solubilización y la mineralizacion de los fosfatos y la estabilidad de los agregados del suelo agregando los diversos componentes de la comunidad microbiana del suelo

Actividad 5 *Integrar los metodos de manejo de suelo fauna insumos germoplasma de cultivos y abonos verdes para el desarrollo de perfiles culturales de suelo*

- Estudiar sistemas de manejo integral de suelos (fisico quimico y biologico) que conduzcan al mejoramiento sostenible del suelo
- Desarrollar metodologias que permitan la aplicacion profunda de enmiendas y fertilizantes

- Desarrollar metodologías para el establecimiento de plantas de raíces profundas que aumenten la fertilidad del suelo y mejoren las propiedades en profundidad

Actividad 6 *Desarrollar indicadores de la calidad de suelo para predecir los efectos de manejo y sistemas en la sostenibilidad de agroecosistemas*

- Evaluar el efecto de los sistemas de producción y manejo sobre las propiedades biofísicas del suelo
- Identificar propiedades biofísicas del suelo sensibles a los efectos positivos así como negativos del manejo y del sistema las cuales podrían servir como indicadores

4.3 Producto esperado 3

Bases de conocimiento sobre la dinámica de malezas, plagas y enfermedades en sistemas de producción

Actividad 1 *Reconocer y clasificar la entomofauna y patógenos asociados a los diferentes sistemas de producción*

- Reconocer recolectar clasificar y evaluar la incidencia de plagas y enfermedades en los diferentes sistemas de producción
- Evaluar el comportamiento de los vectores de la Hoja Blanca en arroz mediante capturas y pruebas individuales de transmisión
- Determinar la presencia de enfermedades insectos plagas y beneficios mediante muestreos periódicos sobre los sistemas de producción en estudio

Actividad 2 *Determinar la dinámica hábitos y distribución de los principales insectos plagas y la incidencia severidad de las enfermedades prevalentes en los diferentes sistemas de producción*

- Determinar la distribución daño causado impacto ambiental hábitos comportamiento enemigos naturales y ciclo de vida de las plagas de mayor importancia para establecer programas de manejo integrado
- Determinar el comportamiento de los diferentes microorganismos causales de enfermedades en los sistemas de producción según las condiciones ambientales de la región

Actividad 3 *Evaluar métodos de control contra las plagas y enfermedades prevalentes en los diferentes sistemas de producción*

- Establecer las diferencias de sensibilidad a los agroquímicos de microorganismos de la Altillanura y los correspondientes del Piedemonte

- Evaluar métodos de manejo y la eficiencia de diferentes controles sobre las poblaciones de plagas y enfermedades

Actividad 4 *Estudiar la dinámica poblacional de malezas (especies nativas e introducidas) y su efecto sobre la producción en los diferentes sistemas*

- Evaluar durante el ciclo del cultivo el número de especies de malezas presentes su densidad cobertura y determinar las especies predominantes en los diferentes sistemas de producción
- Medir el efecto de la densidad frecuencia y tipo de maleza sobre el crecimiento del cultivo y rendimiento de grano

Actividad 5 *Determinar periodos críticos de competencia de malezas en los cultivos y evaluar métodos para controlarlas*

- Determinar los periodos críticos de competencia de malezas en los sistemas de producción
- Evaluar métodos de control químico de malezas en los sistemas de producción
- Identificar plantas con propiedades aleloquímicas para establecer métodos de control biológico de malezas

4.4 Producto esperado 4

Desarrollo institucional, capacitación y disseminación de resultados

Actividad 1 *Capacitación*

- Capacitar veinte estudiantes de pregrado por año a través de la realización de proyectos de tesis
- Capacitar a científicos de CORPOICA en nuevas metodologías de investigación y en procesos biofísicos del suelo

Actividad 2 *Talleres y días de campo*

- Organizar cada año un taller de planeación de trabajo para el año siguiente y revisar el progreso de las investigaciones del año inmediatamente anterior
- Organizar un simposio para presentar y sintetizar los resultados del proyecto una vez este haya concluido
- Organizar días de campo con la participación de productores de la región asistentes técnicos e investigadores para presentar los avances de investigación sobre sistemas de producción
- Confrontación de resultados de investigación a través de la red internacional de sistemas agropastoriles

Actividad 3 *Preparacion de informes*

- Elaborar informes de progreso institucional (CIAT y CORPOICA)
- Preparar un informe final del proyecto

Actividad 4 *Publicaciones*

- Preparar articulos tecnicos y cientificos para publicar en revistas nacionales e internacionales

Fig 2 Plan de investigación para el desarrollo de sistemas de producción sostenibles para la Altillanura colombiana

Propuesta del Proyecto
 Desarrollar, evaluar y validar sistemas de producción que permitan aumentar la productividad evitando la degradación de los recursos naturales de la Orinoquia Colombiana

Especies caracterizadas por tolerancia a suelos ácidos y evaluadas en sistemas de producción	Estrategias de manejo de suelos en diferentes sistemas de producción	Bases de conocimiento sobre la dinámica de malezas, plagas y enfermedades en sistemas de producción	Desarrollo institucional: capacitación y disseminación de resultados
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar morfoagronómicamente cultivos anuales en suelos ácidos de sabana dentro de sistemas de producción <p>Caracterizar abonos verdes por adaptación a suelos ácidos, producción de biomasa y fijación de nitrógeno incluyendo atributos de calidad que afectan la tasa de descomposición</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la interacción espacial y temporal de las diferentes especies en los sistemas de producción • Estimar los efectos de la labranza y fertilidad de suelo en el desarrollo y morfología de raíces de diferentes componentes de los sistemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el efecto de prácticas de manejo y sistemas de producción en la aceptación de agua por el suelo <p>Establecer métodos de labranza para el desarrollo de una capa arable de suelo</p> <p>Desarrollar métodos para integrar insumos inorgánicos y orgánicos, incluyendo abonos verdes y residuos de cosecha, para mejorar el uso eficiente de nutrientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar y aplicar metodologías para evaluar la biodiversidad y dinámica de la micro y macrofauna, y determinar sus papales en el mejoramiento de la calidad de un suelo sometido a diferentes sistemas de uso • Integrar los métodos de manejo de suelo, fauna, insumos, germoplasma de cultivos y abonos verdes para el desarrollo de perfiles culturales de suelo • Desarrollar indicadores de la calidad de suelo para predecir los efectos de manejo y sistemas en la sostenibilidad de agroecosistemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer y clasificar la entomofauna asociada a los diferentes sistemas de producción • Determinar la dinámica, hábitos y distribución de las principales insectos plagas y la incidencia/severidad de las enfermedades prevalentes en los diferentes sistemas de producción • Evaluar métodos de control contra las plagas y enfermedades prevalentes en los diferentes sistemas de producción • Estudiar la dinámica poblacional de malezas (especies nativas e introducidas) asociadas con diferentes sistemas y su efecto sobre la producción • Determinar periodos críticos de competencia de malezas en los cultivos y evaluar métodos para controlarlas 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación • Talleres y días de campo • Preparación de informes <p>Publicaciones</p>

Tabla 2 Descripción de tratamientos del ensayo CULTICORE (Carimagua) Primer ciclo agropastoral (cinco años) establecido en el año 1993

No Trto	Parcelas principal	Sub parcela	Descripcion de tratamiento
1	Cal como fertilizante	Arroz monocultivo	Arroz monocultivo una siembra/año en el primer semestre parcelas en barbecho durante el segundo semestre preparacion temprana de suelo al terminar las lluvias en diciembre
2		Rotacion arroz caupi	Arroz (1º semestre) y caupi (2º semestre) en rotacion cada año incorporacion de los residuos antes de la siembra en la siguiente estacion lluviosa
3		Rotacion arroz abono verde	Arroz (1º semestre) y abono verde (2º semestre) en rotacion cada año incorporacion del abono verde cuando haya un nivel maximo de biomasa en el invierno avanzado (Noviembre/Diciembre)
4		Sabana nativa	Manejada tradicionalmente con quema durante la epoca seca
5		Rotacion arroz agropastoril	Coctel de <i>Brachiaria humidicola</i> / <i>Centrosema acutifolium</i> / <i>Stylosanthes capitata</i> / <i>Arachis pintoi</i> sembrado con arroz en el primer año pastoreada para mantener una poblacion de leguminosas renovada cada 4 ó 5 años dependiendo de la composicion de la pastura
6	Cal como enmienda	Maiz monocultivo	Maiz monocultivo una siembra/año en el primer semestre parcelas en barbecho durante el segundo semestre preparacion temprana del suelo al terminar las lluvias en diciembre
7		Rotacion maiz-soya	Maiz (1º semestre) y soya (2º semestre) en rotación cada año incorporacion de los residuos antes de la siembra en la siguiente estación lluviosa
8		Rotacion maiz-abono verde	Maiz (1º semestre) y abono verde (2º semestre) en rotacion cada año incorporacion del abono verde cuando haya un nivel máximo de biomasa en el invierno avanzado (Noviembre/Diciembre)
9		Sabana nativa	Manejada tradicionalmente con quema durante la epoca seca
9A		Maiz con cobertura (minima labranza)	Maiz monocultivo durante dos años iniciales maiz sembrado con una leguminosa como cobertura en el 3º año despues del establecimiento de la cobertura siembra directa del maiz sin preparacion de suelo
10		Rotación maiz-arroz-agropastoril	Maiz monocultivo en el 1º año pastura de <i>Panicum maximum</i> / <i>Glycine wightii</i> / <i>Arachis pintoi</i> sembrada con arroz en el 2º año pastoreada para mantener una población de leguminosas renovada cada 4 ó 5 años dependiendo de la composición de la pastura

Tabla 3 Descripción de tratamientos del ensayo Evaluación de sistemas agropastoriles para la Altillanura colombiana establecido en la Finca La Maloca - Puerto López en 1995 CORPOICA

No Trat	Labranza	Sistema	Fertilizacion	Descripcion del tratamiento	
1	Convencional	S1 Arroz soya (3) Arroz/pastos	F1 completa	Arroz (1 semestre) y soya (2 semestre) en tres ciclos de rotacion Posteriormente arroz en asocio con pasto para establecer la pradera	
2			F2 2/3 partes		
3		S2 Arroz soya (3) Maiz/pastos	F1 completa	Arroz (1 semestre) y soya (2 semestre) en tres ciclos de rotacion Posteriormente maiz en asocio con pasto para establecer la pradera	
4			F2 2/3 partes		
5		S3 Arroz caupi (3) Arroz/pastos	F1 completa	Arroz (1 semestre) y caupi (2 semestre) en tres ciclos de rotacion El caupi como abono verde desbrozado en floracion y dejado sobre la superficie Posteriormente arroz en asocio con pasto para establecer la pradera	
6			F2 2/3 partes		
7		S4 Arroz caupi (3) Maiz/pastos	F1 completa	Arroz (1 semestre) y caupi (2 semestre) en tres ciclos de rotacion El caupi como abono verde desbrozado en floracion y dejado sobre la superficie Posteriormente Maiz en asocio con pasto para establecer la pradera	
8			F2 2/3 partes		
9			S5 <i>Brachiana dictyoneura</i>	F1 completa	Establecimiento tradicional del pasto <i>B dictyoneura</i>
10				F2 2/3 partes	
11		S6 Sabana nativa	F 1 completa	Sabana nativa como testigo de referencia	
12			F2 2/3 partes		
13 al 24	Vertical	Los mismos sistemas de produccion de la labranza convencional (del S1 al S6)	F1 y F2		
25 al 36	Minima	Los mismos sistemas de produccion de la labranza convencional (del S1 al S6)	F1 y F2		

Labranza Convencional Un pase de rastra para la incorporacion de cal y dos pases de rastra profunda (Solamente en las siembras del primer semestre)

Labranza Vertical Un pase de rastra para la incorporacion de cal y un pase de cincel vibratorio (Solamente en las siembras del primer semestre)

Labranza Minima Un pase de rastra para la incorporacion de cal (En ambos semestres En el segundo semestre todos los sistemas de produccion reciben esta unica labranza)

Tabla 4 Presupuesto requerido para la ejecución del macroproyecto Desarrollo de estrategias para el manejo sostenible de la Altillanura colombiana (miles de pesos)

OBJETO DEL GASTO	CORPOICA			CIAT			COLCIENCIAS		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Gastos Personales									
Investigador principal	4 630	5 556	6 667	348 000	365 400	383 670			
Investigador asociado	41 000	49 200	59 040						
Investigador asistente	19 337	23 204	27 845	72 000	86 400	103 680			
Investigador principiante									
Auxiliar de Técnico	9 408	11 290	13 548						
Operarios	20 581	24 697	29 637						
Secretarias	7 612	9 134	10 961						
Otros (especificar)									
Subtotal	102,568	123,082	147,698	420,000	451,800	487,350			
Gastos Generales									
Variables									
Materiales y suministros							35 245	42 294	50 753
Insumos agrícolas							58 617	70 340	84 408
Impresos y publicaciones							10 840	13 008	15 610
Transferencia de Tecnología							10 480	12 576	15 091
Mantenimiento	1 500	1 800	2 160	8 000	9 600	11 520	9 200	11 040	13 248
Viático y gastos de viaje							43 642	52 370	62 844
Fijos									
Contratación eventual (Prof aux oper)							125 515	150 618	180 742
Tesistas							60 000	72 000	86 400
Servicios de laboratorio	116 300	18 000	21 600	20 000	24 000	28 800	99 490	119 388	143 266
Arrendamientos							2 565	3 078	3 694
Otros							3 780	4 536	5 443
Subtotal	117,800	19,800	23,760	28,000	33,600	40,320	459,374	551,249	661,499
Inversiones									
Equipo				10 000	12 000	14 400	23 000	6 000	7 200
Transporte							5 000	6 000	7 200
Otros (especificar)									
Subtotal				10,000	12,000	14,400	28,000	12,000	14,400
Admon del proyecto (10%)	22 037	14 288	17 146	45 800	49 740	54 207	48 737	56 325	67 590
TOTAL/AÑO	242,405	157,170	188,604	503,800	543,200	587,870	536,111	619,574	743,489
TOTAL DEL PROYECTO							1,899,173		

Tabla 5 Origen y monto para financiar el proyecto Desarrollo de estrategias para el manejo sostenible de la Altillanura colombiana (miles de pesos)

DETALLES APORTES DEL PROYECTO	1998	1999	2000	TOTAL
1 Presupuesto básico				
- CORPOICA	242 405	157 170	188 604	588 179
- CIAT	503 800	543 200	587 870	1 634 870
2 Presupuesto solicitado				
- COLCIENCIAS	536,111	619,574	743,489	1,899,174

6 BIBLIOGRAFIA

- 1 Altieri M A Liebman M 1989 Weed management in agroecosystems Ecological approaches C R C Pres Inc Boca Raton Florida
- 2 Bonham C D 1989 Measurement of terrestrial vegetation J Willey & Sons New York
- 3 CIAT 1995a Annual report 1994 Tropical Lowlands Program CIAT Working document No 148
- 4 Decaens T Lavelle P Jimenez J J Escobar G and Rippstein G 1994 Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia Eur J Soil Biol 30 157-168
- 5 Derpsch Rolf 1995 Uso de abonos verdes para la conservacion de suelos en la agricultura mecanizada Proyecto sobre conservacion de suelos MAG-GTZ Dirección de Extension Agraria Asuncion Paraguay 26 p
- 6 Doll J 1989 Informacion basica sobre competencia entre las malezas y los cultivos Guia de estudio CIAT 2da De
- 7 Fischer A 1996 Weed population Ecology within prototypes sustainable cropping systems for the Colombian Llanos Pages 59-64 In CIAT-Savannas Program Biennial report 1994-1995 Working document
- 8 Fisher M J Rao I M Ayarza M A Lascano C E Sanz J I Thomas R J and Vera R R 1994 Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas Nature 371 236-238
- 9 Friesen D K 1994 Nutrient cycling Pages 1-13 In CIAT savannas program Biennial report 1992-1993 Working document No 134
- 10 Gijssman A J and Thomas R J 1995a Aggregate size distribution and stability of an Oxisol under legume based and pure grass pastures in the eastern Colombian savannas Aust J Soil Res 33 153-165
- 11 Gijssman A J and Thomas R J 1995b Evaluation of some physical properties of an Oxisol after conversion of native savanna into legume-based or pure grass pastures Trop Grassl 29 in press
- 12 Guggenberger G Zech W and Thomas R J 1995 Lignin and carbohydrate alteration in particle-size separates of an Oxisol under tropical pastures following native savanna Soil Biol Biochem 27 in press
- 13 León G Importancia del control natural del cogollero *Spodoptera frugiperda* En Memorias *Spodoptera frugiperda* Cali 1991 Pag 78-82
- 14 Prager M Martín y Angel S Diego 1989 Contribución de los abonos verdes al mejoramiento de la calidad de los suelos Produccion Agropecuaria campesina Doc-Esp -3 Celater - Fundaec Cali Colombia 45 p
- 15 Primavesi Ana 1982 Manejo ecologico de los suelos Quinta edición De El Ateneo Buenos Aires Argentina Argentina 499 p
- 16 Rao I M Ayarza M A and Thomas R J 1994 The use of carbon isotope ratios to evaluate legume contribution to soil enhancement in tropical pastures Plant Soil 162 177-182

- 17 Siabato A Manejo biológico aplicado del complejo *Spodoptera* (Lep Noctuidae) con el parasito *Telenomus Nixon* (Hym Scelionidae) En Resúmenes SOCOLEN 1995 Santafé de Bogota
- 18 Thomas R J and Asakawa N M 1993 Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes Soil Biol Biochem 25 1351-1361
- 19 Valencia R Ruben Alfredo y Leal M Dario 1996 Alternativas geneticas para sistemas de producción en Sabanas Acidas de la Orinoquia Colombiana Revista Suelos Ecuatoriales (Colombia) Vol 26 No 1
- 20 Valencia R Ruben Alfredo Informe anual de investigación 1995 C I La Libertad CORPOICA Regional 8 Villavicencio
- 21 Velez J 1990 Informe anual de actividades ICA