26272

Reg. 63395

CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA
CORPOICA

REGIONAL 2

PROGRAMA REGIONAL DE INVESTIGACION AGRICOLA

MANEJO INTEGRADO DE SUELOS Y AGUA PARA DIVERSIFICACION DE LA AGRICULTURA EN LA REGION DE LA MOJANA

INFORME FINAL DEL PROYECTO COFINANCIADO CON RECURSOS DEL CONVENIO CORPOICA - INAT No. 262

Presentado por :

Carlos Sánchez Vesga

Centro de Investigaciones Turipaná, Cereté 1988

CREDITOS

Líder del proyecto

Carlos Sánchez Vesga, Ing. Agrícola. CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

Coejecutores

Daniel Montiel Pacheco, Agricultor, Propietario de la Finca Santa Elena, Majagual

Alfonso Badrán, Agricultor, Propietario de la Finca La Esperanza, Guaranda

Margarita Ramírez Gómez, I.A. Mphil. CORPOICA, Programa Nacional de Manejo Integrado de Suelos y Agua, con sede en el C.I. Tibaitatá

Benjamín Rivera Calderón, I.A. CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

Gloria Amparo Corredor Huertas, Bacterióloga. CORPOICA, Programa Nacional de Manejo Integrado de Suelos y Agua, con sede en el C.I. Tibaitatá

Mauro Hernán Palacio Saldarriaga, Ing. Agrícola, MSc. CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

Julio Benavidez, I.A. CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el CRECED depresión Momposina, Magangué.

Virginia Isabel Montiel Pacheco, Ing. Agrícola, CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

Rodrigo Garcés Gutierrez, I .A., CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

Jorge Romero Ferrer, I.A. COPRPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

Rafael Montoya Baez, I.A. MSc., CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

Clodoaldo Arrieta, Ing. Agrícola, Estudiante Tesista, Universidad de Sucre

Nicolás Benitez, Auxiliar Técnico, CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

Juan Suarez Cogollo, Operario Calificado, CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

José Hilario Velásquez, Operario Calificado, CORPOICA, Programa de Investigación Agrícola, Regional 2, con sede en el Centro de Investigaciones Turipaná.

Antonio Sfer, Marcos Suarez, Marcos Durango, Víctor Vergara, Emilio Mercado, Rafael Hernandez, Conductores CORPOICA, Turipaná

Análisis estadísticos

Luis E. Chica, I.A. , particular, Montería

Edición Final

Carlos Sánchez Vesga, Líder del proyecto

Diseño de Portada

Emilio Soto Enamorado, Auxiliar de Investigación en Comunicación y Transferencia, CORPOICA, Turipaná.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores expresan sus más sinceros agradecimientos a la Dra. Garfield, del Banco Mundial ; al INAT y a sus funcionarios Fernando Balcázar, José M. Conde y Germán Arias, por el apoyo en la obtención de la cofinanciación del proyecto ; a Inés Toro, coordinadora nacional del plan Mojana, por su permanente apoyo y gestión ante la administración central para la ubicación oportuna de los recursos ; a Beatriz Escobar, directora ejecutiva de la regional 2 de CORPOICA, por el apoyo constante y el espíritu de grupo que inspiró en los participantes ; a Roque Hernández, subdirector administrativo de la regional 2, quien facilitó los trámites para que los recursos estuvieran disponibles oportunamente ; el éxito del proyecto se debió fundamentalmente al apoyo decidido de los agricultores Daniel Montiel y su familia, en la Finca Santa Elena, ya que gracias a sus atenciones, las condiciones del trabajo de campo fueron menos arduas, y a Alfonso Badrán, quien a pesar de haber sido víctima de la situación social de la región, permitió que se realizara toda la experimentación en su finca La Esperanza. Gracias también a los chaluperos y a los "moto-ratones" que nos transportaron a lo largo y ancho de la Mojana, casi sin ningún percance ; a todos los héroes anónimos : los obreros, agricultores y habitantes de la Mojana, con los cuales tuvimos algún trato y a quienes van dirigidos los resultados de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

CREDITOS ii

AGRADECIMIENTOS iv

TABLA DE CONTENIDO v

INDICE DE TABLAS vii

INDICE DE FIGURAS viii

INTRODUCCIÓN 1

1. ANTECEDENTES Y PROBLEMATICA 2

2. OBJETIVO GENERAL 4

2.1. Objetivos Específicos 4

3.1. METODOLOGÍA 4

3.1 Fincas seleccionadas, experimentos, métodos de campo 4
3.1.1. Experimentos 1 y 2 : Comparación de métodos de preparación de suelos y adecuación predial para el cultivo del arroz 5
3.1.2. Preparación del suelo 6
3.1.3. Trazado y construcción de caballones 7
3.1.4. Manejo agronómico del cultivo 7
3.1.5 Cosecha y rendimiento real 7
3.1.6. Evaluación de abonos verdes 8

3.2 Metodología estadística 8

3.3. Análisis económico 9

4. RESULTADOS Y ANALISIS 10

4.1. Caracterización química de los suelos 10

4.2 Propiedades físicas. 12
4.2.1. La densidad aparente 12
4.2.2. Resistencia a la penetración 12
4.2.3. Velocidad de infiltración 13

4.3. Cambios en las propiedades físicas de los suelos con los métodos de preparación. 14

4.4. Precipitación y humedad del suelo. 15

4.5. Experimento de comparación de métodos de preparación de suelos. 16

4.5.1. Resistencia a la penetración 16
4.5.2. Rendimiento de grano de arroz 17

4.6 Experimento de adecuación predial para aprovechamiento de la precipitación. 18

4.7. Análisis económico de las alternativas de preparación de suelos y adecuación predial 19

4.8. Experimento de rotación de cultivos 20

4.9. Experimento de evaluación de abonos verdes 22
4.9.1. Contenido de materia seca y control de malezas 22
4.9.2. Rendimiento de arroz 23
4.9.3. Análisis económico de la aplicación de abonos verdes ($ 1997) 29

4.10. Acciones de transferencia de tecnología 30

5. CONCLUSIONES 31

6. BENEFICIO ESPERADO DE LA INVESTIGACIÓN 33

7. ACCIONES FUTURAS 34

8. REFERENCIAS 35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis químico de los suelos en La Esperanza y Santa Elena 11

Tabla 2. Características físicas de los suelos en los primeros 20 cm. 12

Tabla 3. Valores de densidad aparente y porosidad después de la preparación de suelos 14

Tabla 4. Precipitación mensual de 1996 en las fincas experimentales 15

Tabla 5. Humedad del suelo en los diferentes mecanismos de aprovechamiento de la precipitación 16

Tabla 6. Rendimiento (t/ha) de arroz secano Oryzica 1 según método de preparación de suelo en dos localidades. La Mojana, 1996 18

Tabla 7. Rendimiento (t/ha) de arroz secano (Oryzica 1) según método de adecuación predial. La Mojana, 1996. 19

Tabla 8. Ingresos netos y rentabilidad de los tratamientos en las dos localidades, 1996 20

Tabla 9. Rendimiento (kg/ha) de fríjol, maíz, sorgo y patilla en rotación con arroz en dos localidades de La Mojana, 1996 21

Tabla 10. Materia seca (kg/ha) y días a incorporación de cuatro leguminosas usadas como abono verde en La Mojana, 1996 22

Tabla 11. Medias del rendimiento, altura de planta y longitud de raíz de arroz Oryzica 1, posterior a incorporación de abonos verdes, finca La Esperanza, Guaranda 1996 24

Tabla 12. Medias del rendimiento, altura de planta y longitud de raíz de arroz Oryzica 1, posterior a incorporación de abonos verdes, finca Santa Elena, Majagual, 1996 27

Tabla 13. Precipitación mensual en 1997 en las fincas experimentales 28

Tabla 14. Efecto residual de los abonos verdes en la producción de arroz secano (Oryzica 1, kg/ha) en La Mojana, 1997 29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resistencia del suelo en dos fincas de La Mojana, 1996 13

Figura 2. Resistencia del suelo a la penetración, según método de preparación, Finca Santa Elena, 1996 17

Figura 3. Efecto de la incorporación de abonos verdes en el rendimiento de arroz, La Esperanza, 1996 25

Figura 4. Efecto de la incorporación de abonos verdes en el rendimiento de arroz, santa Elena, 1996 26

INTRODUCCIÓN

La región de la Mojana situada en la Costa Caribe de Colombia, es un conjunto de ecosistemas sujeto a inundaciones periódicas, que actúa como vaso regulador de las crecientes de los ríos Cauca, San Jorge y Magdalena. Tiene 500.000 hectáreas aproximadamente, comprendidas en jurisdicción de los departamentos de Sucre, Bolívar, Córdoba y Antioquia.

La principal actividad agrícola es el cultivo de arroz en secano mecanizado, en suelos que presentan compactación por la preparación con rastras pesadas exclusivamente y a humedades inadecuadas ; pero también son de baja fertilidad y tienen nivel freático alto ; unido a lo anterior, se hace pastoreo entre ciclos de cultivo, hay escasez de prácticas de adecuación predial y ausencia de rotación de cultivos. Como consecuencia de lo anterior, se presentan rendimientos decrecientes de la producción e incremento en el uso de insumos químicos, siendo la actividad agrícola de baja rentabilidad y contaminante de los recursos naturales. Ante los resultados adversos de su actividad, los agricultores optan por abandonar los lotes de cultivo y reclaman la construcción de distritos de riego, creyendo erróneamente que con ello conseguirán aumentar los rendimientos.

Los problemas de compactación de suelos hasta ahora se identifican, siendo este trabajo uno de los primeros aportes a su solución. El objetivo del trabajo fue validar en la región las prácticas tecnológicas de manejo de suelos y agua que contribuyan a mejorar la rentabilidad de la producción arrocera, a la vez que se buscan nuevas oportunidades con especies que permitan una adecuada rotación de cultivos y diversificar la producción agrícola. Este informe presenta los antecedentes del problema, el enfoque metodológico seguido y los resultados de dos años de ajuste y validación de tecnología, con agricultores en dos fincas de la región. Se espera con esto contribuir a la superación de la problemática, aunque

todavía se requieren acciones vigorosas de transferencia de tecnología y profundizar en los aspectos de nuevas especies para los sistemas de producción.

1. ANTECEDENTES Y PROBLEMATICA

La principal actividad agrícola en la región de la Mojana es el cultivo del arroz en secano mecanizado, cultivándose anualmente entre 15.000 has y 25.000 has, con una participación en la producción nacional de 12.5% en área sembrada y 10% en producción (Puentes B. 1995). Los rendimientos promedio en los últimos 10 años apenas llegan a 3.5 t/ha, inferior al promedio del país que es de 5.4 t/ha. en arroz bajo riego (Fedearroz, 1995). La actividad involucra a unos 1.400 productores medianos y pequeños en áreas entre 2 y 50 has (CORPOICA, 1996).

Se presentan deficiencias en preparación de suelos por uso continuo de rastras pesadas y a humedades inadecuadas del suelo, lo cual está ocasionando alta compactación manifestada en rendimientos decrecientes de la producción e incremento en el uso de insumos químicos. Tampoco hay adecuación predial para lograr un eficiente aprovechamiento de las precipitaciones, ni cultivos alternativos para una rotación adecuada. Estas deficiencias se convierten en limitantes tecnológicas de la producción de arroz en la región bajo estudio (Vargas Z, J.P. 1986).

El pastoreo de las socas es un problema complementario al de la mecanización por la compactación que causa el pisoteo del ganado.

Los requerimientos hídricos del cultivo se satisfacen con la precipitación únicamente, por lo que es muy importante que el suelo tenga buena capacidad de almacenamiento de agua (Forero S., J.A. 1986).

El inadecuado manejo ha ocasionado una degradación acelerada del suelo, que se manifiesta en rendimientos decrecientes de la producción e incremento en uso de insumos químicos (Vargas, 1986).

Estos problemas crean la necesidad de validar métodos de preparación de suelos y aprovechamiento de la precipitación buscando alternativas de captación de aguas lluvias y mantenimiento de la humedad del suelo (Tascón E. y García E. 1985).

Adicional a los métodos de descompactación del suelo y adecuación predial, es necesario mejorar y mantener en el tiempo las condiciones físico químicas y microbiológicas que aseguren una producción sostenible y rentable, disminuyendo el impacto ambiental sobre los ecosistemas. Los cultivos usados como abono verde son conocidos a nivel mundial para la recuperación de suelos que presentan degradación (McDonugh J .F. et al, 1995) ; (Becker M., Ladha J.K. and Ali M., 1995), pero esta práctica es desconocida por los agricultores.

Mediante una estrategia de investigación participativa en la cual los experimentos se realizaron con los productores en sus fincas, se evaluaron durante 1996 y 1997 en dos localidades, cuatro especies de leguminosas reportadas en la literatura como adecuadas para abonos verdes (Baird G.B., Rodriguez M., Martínez B. y Suárez G. 1957); (Praguer M. y Angel D., 1989) y (Pandey R.K., 1991), teniendo en cuenta la producción de biomasa y materia seca, adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas de la región, precocidad, mejoramiento de la capacidad productiva del suelo y su efecto en el rendimiento del arroz sembrado después de la incorporación. Así mismo, se hizo la comparación de la preparación de suelos con arado de discos, de cinceles y labranza mínima, con el método de labranza tradicional, tomando como índices de referencia las propiedades físicas del suelo y agronómicas del cultivo y la

evaluación de los mecanismos de aprovechamiento del agua lluvia de piscinas con caballones en curvas a nivel y piscinas rectangulares, tomando como base los rendimientos de arroz.

2. OBJETIVO GENERAL

Contribuir al incremento de la competitividad y sostenibilidad de la producción agrícola en la Región de la Mojana mediante la generación de alternativas para la diversificación de la producción y el manejo sostenible de los recursos naturales de suelos, aguas y biodiversidad.

2.1. Objetivos Específicos

- Determinar prácticas de manejo eficiente del suelo, agua y fertilización, desarrollando alternativas en rotación de cultivos, uso de abonos verdes y fertilización biológica.
- Validar y ajustar métodos de mecanización para mejorar las propiedades físicas del suelo.
- Validar y ajustar métodos de adecuación predial y drenaje superficial.

3. METODOLOGÍA

3.1 Fincas seleccionadas, experimentos, métodos de campo

Siguiendo la estrategia de investigación participativa, se seleccionaron dos localidades para hacer **experimentos en fincas de agricultores,** en sitios representativos de los suelos arroceros de la región (Vertic Tropaquepts y Fluvaquentic Eutropepts):

1. Finca La Esperanza (Localidad 1) vereda Mata de Pica, municipio de Guaranda.
2. Finca Santa Elena (Localidad 2) corregimiento Boca de las Mujeres, municipio de Majagual.

Como paso inicial se hizo una caracterización física, química y microbiológica de los suelos y luego se establecieron cuatro experimentos, así :

1. Comparación de métodos de preparación de suelos para el cultivo del arroz, con los tratamientos de arado de cinceles, arado de discos, labranza mínima y labranza tradicional con rastra aradora, en parcelas de 0.5 has.
2. Comparación de métodos de adecuación predial para aprovechamiento de la precipitación en el cultivo de arroz secano, con los tratamientos de piscinas rectangulares, piscinas con caballones en curvas de nivel y el sistema tradicional sin caballones. Se usaron parcelas de 0.5 has.
3. Rotación de cultivos, con las especies maíz, fríjol caupí, patilla y sorgo sembrados al comienzo de la temporada seca como cultivos de "sereno" en parcelas de 100 m^2. Al inicio de la temporada de lluvias se sembró arroz Oryzica 1 a razón de 180 kg/ha.
4. Evaluación de cuatro leguminosas como abonos verdes en la producción de arroz. Se evaluaron las especies fríjol caupí, crotalaria, canavalia y vitabosa, usando parcelas de 1000 m^2. El forraje se incorporó al suelo y posteriormente se sembró arroz, estableciéndose tres niveles de fertilización nitrogenada con 0, 30 y 60 kg N/ha.

3.1.1. Experimentos 1 y 2 : Comparación de métodos de preparación de suelos y adecuación predial para el cultivo del arroz

Se realizaron registros antes de la preparación del suelo y cuando el cultivo avanzaba su ciclo vegetativo, de las propiedades físicas : densidad aparente,

infiltración y grado de compactación del suelo. Además se tomaron como referencia algunas características agronómicas del cultivo tales como altura de plantas, longitud radicular y el rendimiento y sus componentes con tres unidades de muestreo por repetición. En el experimento 2, la evaluación se basó en el rendimiento del cultivo, aunque se registró la altura de plantas, componentes del rendimiento e índice de cosecha.

La caracterización de los suelos consistió en analizar las principales características físicas y químicas como: pH, materia orgánica, Fósforo, Potasio, conductividad eléctrica, densidad aparente, infiltración y textura, además se determinó el grado de compactación del suelo con el índice de cono o resistencia a la penetración, mediante el uso del penetrómetro de cono, con el cual en cada sondeo se registraban lecturas cada 3.5 centímetros.

3.1.2. Preparación del suelo

La preparación de suelos con arado de discos se hizo con un pase profundo (25-30 cm.) complementado con dos pases de rastra pesada y uno con rastrillo. En el tratamiento de arado de cinceles se dio un primer pase a profundidad de 20 cm. y un segundo a 45 grados y mayor profundidad y se complementó con dos pases de rastra y un pase de rastrillo. En la Loc. 2, este tratamiento no se pudo realizar debido a las condiciones críticas de humedad.

En labranza mínima se efectuó quema química con el herbicida Round Up y se sembró al voleo manual con semilla pregerminada. La labranza tradicional consistió en hacer cuatro pases con rastra pesada y dos pases con rastrillo de discos. Los suelos del experimento 2 se prepararon de igual manera.

En ambos experimentos se utilizó la variedad mejorada Oryzica 1 con 180 Kg/ha de semilla. La siembra se hizo con voleadora, excepto el tratamiento con labranza mínima.

3.1.3. Trazado y construcción de caballones

En el tratamiento de piscinas con caballones en curvas a nivel, se trazaron 2-3 por parcela. En el tratamiento de piscinas rectangulares, cada parcela se dividió en tres piscinas de tal manera que guardaran proximidad con las dimensiones recomendadas por la literatura (ancho: 20 metros; largo: 100 metros para suelos con pendientes menores del 3% y texturas finas). Los caballones se construyeron con una base de 30 cm y altura de 25 cm con un caballoneador.

3.1.4. Manejo agronómico del cultivo

Se realizó según los requerimientos del cultivo en cada localidad, dentro de los parámetros generales del manejo integrado del cultivo, sin apartarse de ciertas circunstancias de manejo tradicional de la zona. Aproximadamente un 70% del lote permaneció inundado.

3.1.5 Cosecha y rendimiento real

Se realizó con cosechadora o combinada y parcela por parcela. Se contó el número de bultos, se pesaron y se les determinó el contenido de humedad. Los pesos referenciados al 14% de humedad y 0% de impurezas dan el rendimiento real.

A los cultivos ensayados como rotación, se les midió el ciclo vegetativo en días y el rendimiento.

3.1.6. Evaluación de abonos verdes

Las leguminosas evaluadas como abono verde, fueron : fríjol caupí (*Vigna unguiculata,* L. Walp), vitabosa *(Mucuna deeringianum,* L.), canavalia *(Canavalia ensiformis,* L.) y crotalaria *(Crotalaria spectabilis,* L.), las cuales se sembraron en parcelas de 1000 m^2 en un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones.

Los abonos verdes se sembraron al inicio de la temporada seca (enero) y entre 49 y 76 días, al inicio de la floración de cada especie, se incorporaron al suelo mediante dos pases cruzados de rastra aradora. Se tomaron registros de cantidad de forraje verde, materia seca de las leguminosas y de las malezas presentes y los días a incorporación.

Al inicio del periodo lluvioso (mayo), las parcelas se sembraron al voleo con 180 kg/ha de semilla de arroz (Oryzica 1) y se establecieron subparcelas con tres niveles de nitrógeno (0, 30 y 60 kg N/ha). El efecto de la incorporación al suelo de las leguminosas en la producción de arroz se midió por el rendimiento de grano comparado con el testigo del agricultor (sin uso de abono verde). Además, se midieron los parámetros agronómicos de altura de plantas y longitud de raíces y se hicieron muestreos periódicos para determinar la actividad microbiológica en el suelo por efecto del material incorporado.

3.2 Metodología estadística

El diseño experimental utilizado en el experimento de evaluación de métodos de preparación de suelos, fue el de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. La evaluación de los métodos de adecuación

predial se hizo en bloques completos al azar con tres tratamientos en tres repeticiones. La evaluación de los abonos verdes se hizo en un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos en tres repeticiones ; la rotación con arroz se hizo en un diseño de parcelas divididas con doce tratamientos en tres repeticiones.

Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza, la diferencia mínima significativa y la prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

3.3. Análisis económico

Se usó el método de los presupuestos parciales. Los costos de producción analizados corresponden a los que normalmente se generan en un cultivo, sin considerar los gastos extras exigidos por la categoría de investigación.

4. RESULTADOS Y ANALISIS

4.1. Caracterización química de los suelos

El análisis químico de suelos es una práctica poco conocida por los agricultores, lo cual no ha permitido hacer planes de nutrición y fertilización que se ajusten a las necesidades del cultivo. Los resultados y su análisis según las recomendaciones de Montenegro, (1990), se presentan a continuación (Tabla 1).

Reacción del suelo o pH. El rango óptimo para el cultivo de arroz es 5.6 - 6.4; en ambas localidades el pH esta dentro del intervalo de tolerancia adecuado para el normal desarrollo del cultivo.

Materia orgánica. Es considerada la llave de la fertilidad del suelo, ya que proporciona nutrientes y contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas y biológicas del mismo. En los suelos estudiados el contenido de materia orgánica es bajo en la Loc. 1 y el la Loc. 2 apenas logra incluirse dentro del rango medio (2-4%).

En general, los suelos de la región de La Mojana presentan contenidos bajos de materia orgánica a causa del inadecuado uso y manejo. La continua explotación del recurso suelo sin proporcionar las enmiendas necesarias para su recuperación ha deteriorado la fertilidad y otras propiedades.

Bases intercambiables. Calcio y Magnesio. Los contenidos de estos elementos en el suelo se encuentran muy por encima de los niveles críticos y muy por debajo de los niveles tóxicos.

Fósforo. La disponibilidad en ambas localidades es baja (menor de 10 p.p.m.), e insuficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo de arroz.

Potasio. Se encuentra en nivel crítico, con contenidos por debajo de las exigencias nutricionales del cultivo de arroz.

Elemento menores. En ambas localidades los elementos Hierro, Cobre y Manganeso se encuentran en cantidades normales para el cultivo del arroz. El Zinc y el Boro se encuentran en niveles críticos y debe hacerse fertilización con estos elementos.

Sodio y Salinidad. La conductividad eléctrica presenta valores muy bajos, lo cual indica la no presencia de sales solubles en los suelos de ambas localidades. Los contenidos de Sodio están muy por debajo del 15%, lo cual disminuye los riesgos de problemas de salinidad en los suelos de los lotes estudiados.

Tabla 1. Análisis químico de los suelos en La Esperanza y Santa Elena.

Determinación	La Esperanza	Santa Elena
pH	6.3	5.7
M.O. (%)	1.1	2.1
Ca/Mg	1.5	3.1
Ca (meq./100 gr de suelo)	10.0	12.6
K (meq./100 gr de suelo)	0.1	0.2
Na (meq./100 gr de suelo)	0.1	0.3
C.I.C. (meq./100 gr de suelo)	16.8	17.2
P (p.p.m.)	4.5	6.6
Fe (p.p.m.)	120.0	110.0
Cu (p.p.m.)	6.7	5.2
Mn (p.p.m.)	15.3	17.4
Zn (p.p.m.)	1.2	1.8
B (p.p.m.)	0.2	0.2
C.E. (ds/m)	0.2	0.4

4.2 Propiedades físicas.

Las áreas estudiadas en las dos localidades corresponden a suelos con pendiente menor del 3%, clase textural francoarcilloso o arcilloso, superficiales y con drenaje de regular a malo.

4.2.1. La densidad aparente

Presenta valores relativamente altos en los primeros 20 cm. del perfil, mostrando la tendencia a compactarse con la agricultura intensiva y el pastoreo de las socas (Tabla 2).

Tabla 2. Características físicas de los suelos en los primeros 20 cm.

Característica	La Esperanza	Santa Elena
Textura	F.A.	F.A.
Densidad Aparente (gr/cm^3)	1.35	1.25
Densidad Real (gr/ cm^3)	2.60	2.66
Porosidad (%)	48.10	53.30
Infiltración Básica (cm/hr)	*	1.30

* No se determinó en esa localidad.

4.2.2. Resistencia a la penetración

La resistencia a la penetración es un indicador del grado de compactación del suelo. Valores de 2 Mpa se consideran críticos para el desarrollo de las raíces (Soane, B.D. y Van Duwerkerk, C. 1994). En la figura 1 se representa el comportamiento de la resistencia del suelo a la penetración a diferentes profundidades antes de aplicar los tratamientos en la localidad 1. Se confirma la existencia de problemas de compactación, pues se registraron valores cercanos al crítico.

En la localidad 1, hay compactación en los primeros 20 cm. con valores cercanos a los 2 Mpa. En la localidad 2, la compactación es muy fuerte en los primeros 25 cm. con valores superiores a 2.5 Mpa., que presentan una restricción severa al desarrollo radicular.

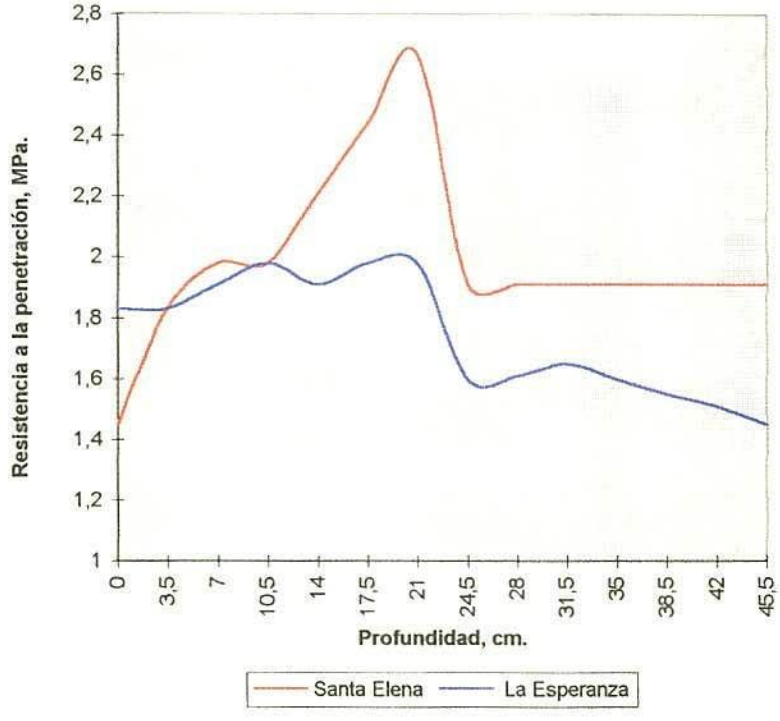

Figura 1. Resistencia del suelo en dos fincas de La Mojana, 1996

4.2.3. Velocidad de infiltración

Es lenta, originando poco almacenamiento de agua en el suelo y abundantes pérdidas por escorrentía.

4.3. Cambios en las propiedades físicas de los suelos con los métodos de preparación.

Todos los tratamientos redujeron la densidad aparente e incrementaron el porcentaje de porosidad., condiciones altamente favorables para la siembra y el desarrollo de los cultivos, según Montenegro, H. (1990). En la localidad 1, el tratamiento con arado de discos presenta diferencia significativa con relación a los tratamientos de labranza mínima y tradicional en el valor de la densidad aparente. No se registró diferencia entre estos dos últimos tratamientos. En la localidad 2, solo el tratamiento con arado de cinceles presenta diferencias significativas con respecto a los demás, aunque en menor proporción que las variaciones registradas en la localidad 1 (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de densidad aparente y porosidad después de la preparación de suelos.

Tratamiento	La Esperanza		Santa Elena	
	D.A. (gr/cm^3)	n (%)	D.A. (gr/cm^3)	n (%)
Arado de discos	1.11	57.3	1.18	55.6
Arado de cincel	*	*	1.14	57.1
Labranza mínima	1.21	53.5	1.19	55.3
Labranza tradicional	1.23	52.7	1.20	54.9

* Tratamiento no ejecutado.

D.A. = Densidad Aparente. n= Porosidad.

El grado de compactación de los suelos disminuyó en cada uno de los tratamientos, tanto para los suelos en estudio de La Esperanza como de Santa Elena. Aquí se pudo comprobar lo expresado por Wes et al (1958), citados por

Guerrero (1990), donde manifiestan que la densidad aparente y la resistencia a la penetración están estrechamente relacionados.

4.4. Precipitación y humedad del suelo.

En la Finca Santa Elena, la precipitación durante el período vegetativo (l 25 de mayo al 13 de septiembre) fue de 1541 mm (Tabla 4). En las etapas del cultivo de mayores necesidades hídricas como el establecimiento inicial, la de formación de la panícula y llenado de granos, hubo suficiente humedad.

Tabla 4. Precipitación mensual de 1996 en las fincas experimentales

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Santa Elena			204	53	186	354	325	415	518	360	222	146	**2783**
Días			8	5	16	17	16	17	18	17	12	12	
La Esperanza	46	162	178	100	220	323	356	360	302	495	490	173	**3205**
Días	3	5	5	8	11	12	13	10	8	15	16	7	

En la finca La Esperanza, la precipitación registrada durante el período vegetativo fue de 1441 mm ; en la etapa de formación de la panícula y llenado de grano (17 julio - 16 agosto), fue de 261 mm, siendo suficiente para la obtención de buenos rendimientos.

La mayor precipitación durante el ciclo del cultivo se presentó en el área donde se localiza la finca Santa Elena, pero no siendo demasiado importante la diferencia en relación con la precipitación registrada en La Esperanza. Igualmente, los más altos contenidos de humedad en los tres sistemas de adecuación, se presentaron en Santa Elena. En ambas localidades sobresalió el sistema con piscinas en curvas a nivel (Tabla 5).

Tabla 5. Humedad del suelo en los diferentes mecanismos de aprovechamiento de la precipitación.

Tratamiento	La Esperanza	Santa Elena
Piscinas en curvas a nivel	42.95	43.19
Piscinas rectangulares	41.25	42.90
Sistema tradicional	39.46	40.18
Precipitación durante el ciclo del cultivo (mm)	1441.5	1541.5

Los valores de retención de humedad son normales para los tipos de suelo, pero en la localidad 1, la cantidad de agua que puede almacenar el suelo es menor y por lo tanto, bajo condiciones de déficit de lluvias el cultivo puede verse afectado, por lo que se hace necesario construir obras de adecuación predial para aprovechamiento de las lluvias.

4.5. Experimento de comparación de métodos de preparación de suelos.

4.5.1. Resistencia a la penetración

La medida de la resistencia del suelo a la penetración en Megapascales (Mpa) muestra que hubo una importante mejora con los métodos de preparación, ya que todos los tratamientos estuvieron por debajo de 1.4 Mpa, lejos del valor crítico, lo cual prevé la no existencia de ningún tipo de limitante en el suelo para el desarrollo radicular de las plantas de arroz. El tratamiento con arado de cinceles dio menores valores en los primeros 25 cm.

Los valores de los tratamientos con arado de discos y el tradicional no muestran diferencias, aunque se logró un buen efecto hasta 20 cm. de profundidad (Figura 2).

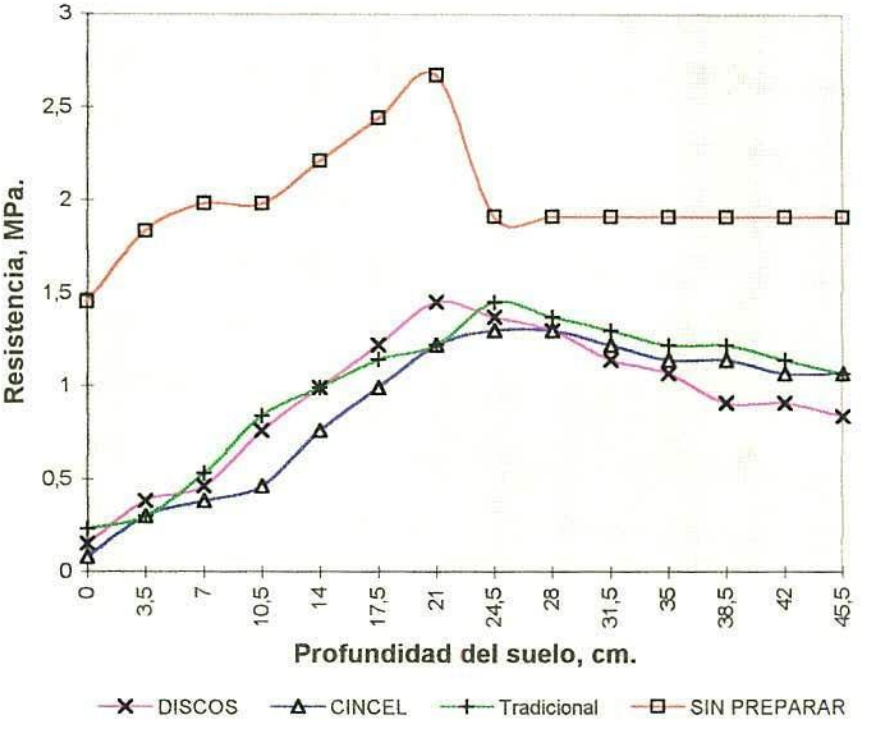

Figura 2. Resistencia del suelo a la penetración, según método de preparación, Finca Santa Elena, 1996

4.5.2. Rendimiento de grano de arroz

La evaluación del rendimiento en grano de arroz para cada tratamiento, en la localidad 2 (Finca Santa Elena), mostró que el mejor método fue la preparación con arado de cinceles con un rendimiento de 6.1 t/ha., superior en 19.6% al testigo del agricultor que tuvo un rendimiento de 5.1 t/ha, inusualmente alto para las condiciones de la zona.

El tratamiento de labranza mínima dio el menor rendimiento, aunque es aceptable y muestra posibilidades de aplicar el método usando una sembradora adecuada.

Tabla 6. Rendimiento (t/ha) de arroz secano Oryzica 1 según método de preparación de suelo en dos localidades. La Mojana, 1996.

METODOS DE PREPARACION	LOCALIDAD	
DE SUELOS	SANTA ELENA	LA ESPERANZA
Arado de discos	6.0	4.3
Arado de cinceles	6.1	-
Labranza mínima	4.3	1.1
Labranza tradicional	5.1	3.6

En la localidad 1 (Finca La Esperanza) el tratamiento con arado de discos tuvo un rendimiento de 4.3 t/ha que es superior en 19.4% al tratamiento testigo de labranza tradicional cuyo rendimiento fue normal para la región(3.6 t/ha). El tratamiento de labranza mínima tuvo un rendimiento muy bajo debido a la invasión de malezas (Tabla 6).

4.6 Experimento de adecuación predial para aprovechamiento de la precipitación.

Los rendimientos obtenidos en la Finca Santa Elena no presentan diferencias significativas debido a las buenas condiciones climáticas y de lluvias durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, que enmascararon las diferencias con los tratamientos propuestos y también por la buena asistencia dada por el agricultor a su lote, pues los rendimientos son inusualmente altos (Tabla 7).

Tabla 7. Rendimiento (t/ha)de arroz secano (Oryzica 1) según método de adecuación predial. La Mojana, 1996.

METODO DE ADECUACION	LOCALIDAD	
	SANTA ELENA	LA ESPERANZA
Caballones en curvas de nivel	5.3	4.6
Piscinas rectangulares	5.1	5.0
Labranza tradicional	5.1	3.6

En la Finca La Esperanza el mejor método resulto ser el de piscinas con 5.0 t/ha superior en 38.8% al sistema tradicional, pero el tratamiento de piscinas con caballones en curvas a nivel también superó al testigo en 27.7%, mostrando que ambos métodos ofrecen buenas posibilidades.

4.7. Análisis económico de las alternativas de preparación de suelos y adecuación predial

La rentabilidad de los tratamientos de labranza innovada (arado con cinceles o con discos) y la de los métodos de adecuación predial supera la obtenida por los agricultores en ambas localidades, sobresaliendo los tratamientos de labranza innovada, por los mayores ingresos netos y la mas alta rentabilidad (Tabla 8). Igualmente, en la localidad La Esperanza, la adecuación predial para aprovechamiento de la precipitación se muestra como una práctica rentable.

En la finca La Esperanza, el tratamiento de labranza mínima presentó pérdidas por el bajo rendimiento, como consecuencia de la siembra al voleo y la invasión de malezas. Sin embargo, en la finca Santa Elena la rentabilidad de este método es muy buena, mostrando que puede ser una alternativa de siembra cuando no es posible preparar el suelo.

Tabla 8. Ingresos netos* y rentabilidad de los tratamientos en las dos localidades. 1996.

TRATAMIENTOS	LA ESPERANZA		SANTA ELENA	
	Ingreso Neto	Rentabilidad	Ingreso Neto	Rentabilidad
Labranza innovada	289524	30.2	724871	75.0
Labranza mínima	-468680	-59.5	410552	51.7
Tradicional	244464	26.3	458567	47.3
Adecuación Predial	403.402	40.8	480847	49.3

* Pesos de 1996 ($1000/US dollar)

Los costos de producción en Santa Elena, fueron ligeramente superiores que los de La Esperanza, incremento que lo establece el transporte, debido a la ubicación de la finca Santa Elena con relación a los centros de acopio.

4.8. Experimento de rotación de cultivos

En la localidad 1, sobresalió el fríjol caupí cuyo rendimiento fue muy superior al promedio obtenido en la Costa Atlántica. Maíz, sorgo y patilla mostraron rendimientos discretos. La producción de arroz fue excepcionalmente buena en todas las rotaciones, con rendimiento promedio de 5678 kg/ha. En la localidad 2, el rendimiento de maíz fue alto (5501 kg/ha) y el sorgo se comportó de acuerdo a

lo esperado. El rendimiento de fríjol caupí fue similar al promedio de la Costa Atlántica. La producción de patilla se perdió por la inundación del terreno, ya que se sembró en la parte mas baja del lote. El rendimiento de arroz se mantuvo dentro del promedio obtenido en la temporada (Tabla 9).

Tabla 9 : Rendimiento (kg/ha) de fríjol, maíz, sorgo y patilla en rotación con arroz en dos localidades de La Mojana, 1996.

ROTACIÓN	LA ESPERANZA		SANTA ELENA	
Fríjol - Arroz	1841	4818	1274	4958
Maíz - Arroz	2981	6555	5501	5114
Sorgo - Arroz	1710	5108	4265	5542
Patilla - Arroz	3680	6229	-	5029
Promedio		**5678**		**5168**
DMS (5%)		**925.1**		**1025**
CV%		**8.2**		**9.9**

No obstante los buenos resultados de las rotaciones propuestas, aún se requiere probarlas a nivel comercial antes de establecer recomendaciones definitivas. Además, es necesario tener en cuenta la época de siembra exacta para los cultivos de "sereno", la cual depende de la experiencia y las observaciones del agricultor, para preparar oportunamente y sembrar el mismo día con el fin de asegurar una buena germinación.

4.9. Experimento de evaluación de abonos verdes

4.9.1. Contenido de materia seca y control de malezas

La Tabla 10 presenta los contenidos de materia seca incorporada al suelo como abono verde
y los días a incorporación de cada cultivo en las dos localidades.

Tabla 10. Materia seca (kg/ha) y días a incorporación de cuatro leguminosas usadas como abono verde en la Mojana, 1996.

ESPECIE	LOCALIDAD			
	SANTA ELENA*		LA ESPERANZA	
	Días a incorp.	Cant. Incorporada	Días a incorp.	Cant. Incorporada
Crotalaria	76	11.6	70	10.4
Canavalia	74	3.1	62	3.3
Frijol caupí	55	3.2	49	1.7
Vitabosa	72	7.7	82	4.0

Las leguminosas evaluadas presentaron buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la región, cuando se sembraron como cultivos de sereno. La crotalaria sobresale por su producción de materia seca de 11.600 Kg/ha en 76 días en la Finca Santa Elena y de 10.900 Kg/ha durante 70 días en la Finca La Esperanza. Le siguió vitabosa con 7.7 t/ha y 4.7 t/ha ; canavalia con 3.1 t/ha y 3.7 t/ha y fríjol caupí, con 3.2 t/ha y 1.7 t/ha (55 y 49 días después de la germinación).

El contenido de materia seca de la crotalaria fue de 24% indicando una alta lignificación del material, frente al 10% del fríjol caupí. La crotalaria presentó el

mejor control de malezas, permitiendo solamente la producción de 0.2 y 0.5 t/ha de materia seca de las malezas en las localidades 1 y 2 respectivamente, frente a 3.5 t /ha de las malezas que crecieron en asocio con canavalia y 0.7 t/ha del asocio con fríjol caupí y vitabosa.. Además, las malezas que lograron crecer en asocio con crotalaria no produjeron semillas, como sí ocurrió en los otros abonos verdes.

El fríjol caupí y la canavalia presentan bajos contenidos de materia seca, pero resultan mas precoces, lo que podría ser una ventaja para la rotación con arroz.

4.9.2. Rendimiento de arroz

El efecto de la incorporación de las leguminosas en la producción de arroz, se midió por el rendimiento de grano y sus componentes de la variedad bajo estudio. El arroz se sembró 25 días después de la incorporación de las leguminosas. El análisis de varianza de la Loc. 1 presenta diferencias significativas (5%) para niveles de nitrógeno en las variables rendimiento y altura de planta y diferencias altamente significativas en la longitud de raíz cuando se confrontaron los cuatro abonos verdes. Al realizar la prueba de Duncan (Tabla 10), se observaron los mayores promedios de longitud de raíz (cm) en el tratamiento crotalaria + 30 kg N/ha (12 cm), el cual presentó diferencias significativas con la mayoría de los tratamientos, con excepción de fríjol + 30 kg N/ha y vitabosa + 60 kg N, y el menor promedio para el tratamiento canavalia + 0 kg N/ha (7.5 cm).

Los mayores promedios de altura de plantas se obtuvieron con los tratamientos crotalaria con 30 y 60 kg N/ha y vitabosa con 60 kg N/ha (94.5, 95.6 y 94.7 cm. respectivamente), presentando diferencias significativas (5%) con los tratamientos canavalia con 0 kg N/ha (73.5 cm) y canavalia con 30 kg N/ha (56.9 cm.) que presentó el menor promedio.

El más alto rendimiento expresado en kg/ha de grano de arroz (Figura 3), se encontró con el tratamiento vitabosa + 60 kg N/ha (4355 kg/ha), el cual presentó diferencias significativas con los tratamientos vitabosa + 0 kg N/ha (2411 kg/ha), canavalia + 0 kg N/ha (2168 kg/ha) y canavalia + 30 kg N/ha (1743 kg/ha) que tuvo el menor rendimiento. Los tratamientos superaron al testigo del agricultor (110 kg N/ha) con excepción de la sola incorporación de abonos verdes y canavalia con 30 y 60 kg N/ha (Tabla 11).

Tabla 11. Medias del rendimiento, altura de planta y longitud de raíz de arroz Oryzica 1, posterior a incorporación de abonos verdes, Finca La Esperanza, Guaranda 1996.

Especie	Nivel de N. kg /ha	Rendimiento kg/ha	Altura de planta, cm.	Longitud de raíz
CROTALARIA	0	3066 abcd	86.4 ab	9.0 bc
	30	3561 abc	94.5 a	12.0 a
	60	3963 ab	95.6 a	9.0 bc
CANAVALIA	0	2168 cd	73.5 bc	7.5 c
	30	1743 d	56.9 c	7.9 c
	60	3209 abcd	77.4 ab	8.4 bc
FRÍJOL	0	2732 abcd	84.3 ab	8.3 bc
	30	4069 ab	85.4 ab	10.6 ab
	60	3963 ab	93.2 ab	9.0 bc
VITABOSA	0	2411 bcd	80.9 ab	8.1 bc
	30	3301 abcd	89.0 ab	9.4 bc
	60	4355 a	94.7 a	10.2 abc
TESTIGO	110	3287 abcd	83.4 ab	8.3 bc

Promedios seguidos de igual letra no difieren estadísticamente

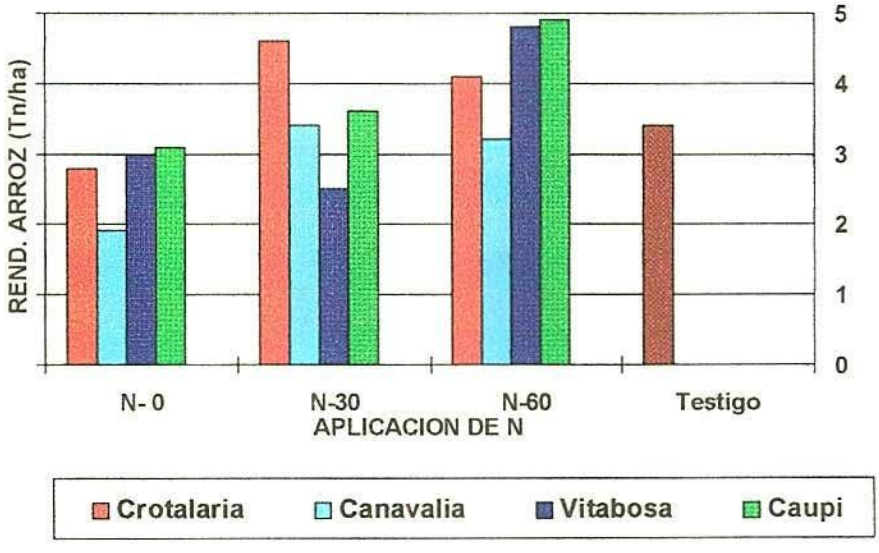

FIGURA 3. EFECTO DE LA INCORPORACION DE ABONOS VERDES EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ LA ESPERANZA

En la Loc. 2, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (1%) entre tratamientos para la variable rendimiento de grano y significativas (5%) para longitud de raíz y altura de planta debido al efecto de los abonos verdes. La interacción abono verde por nivel de N mostró diferencias significativas en la variable altura de planta. No se detectó diferencia entre niveles de N únicamente.

El análisis de la prueba de Duncan mostró diferencias significativas en los promedios de longitud de raíz del testigo (14.3 cm) frente a los tratamientos de incorporación de canavalia con aplicaciones de 30 y 60 kg N/ha (17.7 cm), incorporación de fríjol con 60 kg N/ha (17.7 cm) e incorporación de vitabosa sin aplicación de N (18 cm) y con 60 kg N/ha (18.7 cm). Los promedios de altura de plantas mostraron diferencias entre el tratamiento de crotalaria + 60 kg N/ha

(117.7 cm) y los tratamientos de incorporación de crotalaria sin N (105.7 cm) e incorporación de vitabosa sin N (105.7 cm) y con aplicación de 30 kg N/ha (106 cm).

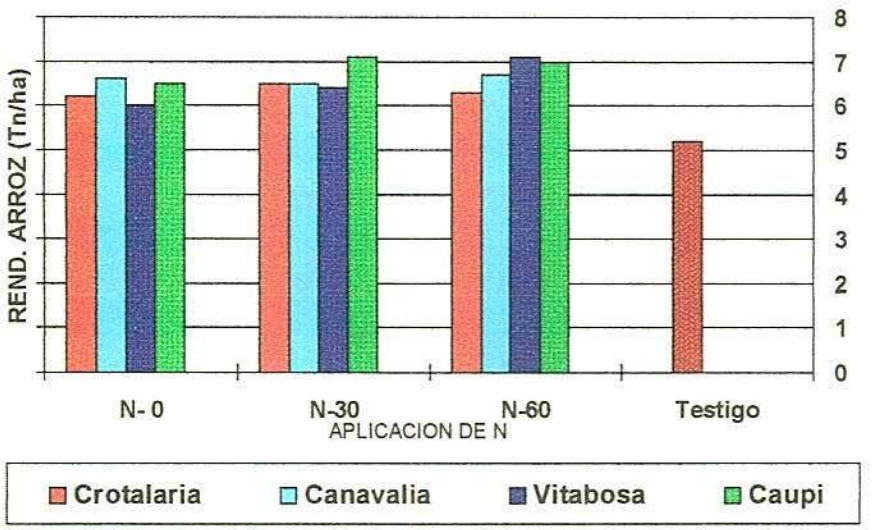

FIGURA 4. EFECTO DE LA INCORPORACION DE ABONOS VERDES EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ . SANTA ELENA

Para la variable rendimiento (kg/ha) (Figura 4), se observaron diferencias debidas al menor rendimiento del testigo (5200) frente a los demás tratamientos, con excepción de incorporación de crotalaria sin N (6179) y con 60 kg N (6305) e incorporación de vitabosa sin N (5978). Todos los tratamientos de incorporación de abonos verdes superaron en rendimiento al testigo del agricultor (110 kg N/ha). El mejor tratamiento fue la incorporación de fríjol con 30 kg N/ha (7161) y superó al testigo en 1961 kg/ha, equivalentes al 27.4% y con 80 kg N/ha menos (Tabla 12).

La producción del testigo fue inusualmente alta, debido al buen manejo agronómico dado por el agricultor. Sin embargo, es notable la ganancia en rendimiento con incorporación de cualquier abono verde, aún sin aplicación de nitrógeno.

Tabla 12. Medias del rendimiento, altura de planta y longitud de raíz de arroz Oryzica 1, posterior a incorporación de abonos verdes, Finca Santa Elena, Majagual, 1996.

Especie	Nivel de N, kg/ha	Rendimiento kg/ha	Altura de planta, cm	Longitud de raiz, cm
CROTALARIA	0	6179 ab	109.0 ab	17.3 ab
	30	6529 a	112.7 ab	15.7 ab
	60	6305 ab	117.7 a	16.0 ab
CANAVALIA	0	6615 a	105.7 b	16.7 ab
	30	6451 a	108.7 ab	17.7 a
	60	6770 a	114.0 ab	17.7 a
FRIJOL	0	6454 a	115.3 ab	16.7 ab
	30	7161 a	115.4 ab	16.8 ab
	60	7006 a	115.7 ab	17.7 a
VITABOSA	0	5978 ab	105.7 b	18.0 a
	30	6415 a	106.8 b	16.0 ab
	60	7090 a	109.7 ab	18.7 a
TESTIGO	110	5200 b	110.0 ab	14.3 b

Promedios seguidos de igual letra no difieren estadisticamente

No hubo diferencias significativas en rendimiento de arroz con la incorporación de fríjol y crotalaria y aplicación de 0, 30 o 60 kg N/ha ni al incorporar vitabosa con aplicación de 30 o 60 kg N/ha., pero en todos los tratamientos con 60 kg N/ha hubo volcamiento, lo que sugiere que esta dosis de N es alta. La aplicación de 0 o 30 kg N/ha debe considerarse para la selección del mejor tratamiento, bien sea con crotalaria o con fríjol caupí.

Durante 1997, se cultivó arroz en las mismas parcelas para medir el efecto residual de la incorporación de los abonos verdes sobre la producción de arroz al segundo año. Los resultados se presentan en la Tabla 14. En la finca Santa Elena, todos los tratamientos superaron al testigo. La dosis de 60 kg/ha N los mejores rendimientos con más de una tonelada sobre el testigo. En la Finca La Esperanza, se presentaron muy bajos rendimientos en todos los casos, ocasionados por las escasas lluvias que trajo el fenómeno del Pacífico.

En el año 1997, en la finca Santa Elena la precipitación durante el período vegetativo (7 junio a 25 de septiembre), fue de 954 mm. En la época de mayores necesidades hídricas (formación de panícula y llenado de granos; del 28 julio al 31 agosto), la precipitación fue de 260 mm, reducida en un 38% comparada con el año 1996, lo que probablemente incidió en la reducción de los rendimientos, Tabla 13 .

Tabla 13 . Precipitación mensual en 1997 en las fincas experimentales

Santa Elena		35	27.5	88.2	323	461	209	164	442	212	146	41.5	**2149**
Días		3	1	6	15	16	12	8	11	13	14	3	
La Esperanza	0	10	70	235	363	523	420	139	253	120	322	0	**2455**
Días	0	3	2	8	15	15	12	8	11	4	7	0	

En la finca La Esperanza, durante el período de formación de panículas y llenado de granos, (10 agosto y 13 septiembre), las lluvias fueron de solo 152 mm, insuficientes, por lo que los rendimientos se redujeron drásticamente con respecto a los obtenidos en 1996.

Sin embargo, es clara la tendencia de mayores rendimientos en los tratamientos que en el testigo, lo que corrobora la acción fertilizante de los abonos verdes.

Tabla 14. Efecto residual de los abonos verdes en la producción de arroz secano (Oryzica 1, kg/ha) en La Mojana, 1997

ESPECIE INCORPORADA		LOCALIDAD	
		SANTA ELENA	LA ESPERANZA
CROTALARIA	0 kg /ha N	3303	1306
	30	3004	1660
	60	4282	1983
CANAVALIA	0 kg /ha N	3638	1099
	30	4207	1356
	60	4520	1359
FRIJOL CAUPI	0 kg /ha N	3350	1385
	30	3637	1897
	60	4566	1801
VITABOSA	0 kg /ha N	4243	840
	30	4830	1675
	60	5426	1683
TESTIGO	110 kg/ha N	3120	1357

Es necesario considerar aspectos económicos y ecológicos para la selección de una alternativa de manejo de suelos, considerando la posibilidad de reducir el uso de fertilizante nitrogenado. También debe analizarse otras variables como facilidad de siembra, mejor control de malezas y acumulación de materia seca, que podría contribuir al mejoramiento del suelo. En este caso, sobresale la crotalaria en ambas localidades.

4.9.3. Análisis económico de la aplicación de abonos verdes ($ 1997)

1. Finca Santa Elena

Incorporación de una hectárea de crotalaria

Semilla de crotalaria 12 kg/ha a $1500/kg	$18000
Preparación del suelo con dos pases de rastra a $25000/pase	$50000
Siembra al voleo y un pase de rastrillo para tapar	$12000
Incorporación con dos pases de rastra a $20000/ha.pase	$40000
Valor total de una hectárea de crotalaria	**$120000**

Urea dejada de usar :

El agricultor usa 90 kg N/ha, o sea 4 bultos de úrea a $23000/bulto aplicado son $92000/ha

Con incorporación de crotalaria se aplican 30 kg de N/ha : 65 kg úrea/ha	$30000
Ganancia por úrea dejada de usar	**$62000**
Valor de la innovación tecnológica propuesta (dCV)	**$58000/ha**

Ingresos adicional por aplicación de la innovación tecnológica :

Ingreso bruto del testigo del agricultor :

5200 kg de arroz paddy a $320/kg	$1664000
Ingreso del tratamiento : 6529 kg de arroz paddy a $320/kg	$2089280
Ingreso adicional :	$ 425280
Costo de la innovación tecnológica	$ 58000
Ingreso adicional (dIN)	**$ 367280**

Tasa de Retorno Marginal : TRM=dIN*100/dCV =633

2. Finca La Esperanza

Incorporación de una hectárea de fríjol caupí	**$130000**

Urea dejada de usar :

El agricultor usa 110 kg N/ha : 5 bultos de úrea a $23000/bulto aplicado	$115000
Incorporación de fríjol caupí : 30 kg de N/ha o 65 kg úrea/ha	$ 30000
Ganancia por úrea dejada de usar	**$ 85000**

Valor de la innovación tecnológica propuesta (dCV)	**$45000/ha**

Ingresos adicional por aplicación de la innovación tecnológica :

Ingreso bruto del testigo del agricultor :	
3287 kg de arroz paddy a $320/kg	$1051840
Ingreso del tratamiento : 3963 kg de arroz paddy a $320/kg	$1268160
Ingreso adicional :	$ 216320
Costo de la innovación tecnológica	$ 45000
Ingreso adicional (dIN)	**$ 171320**

Tasa de Retorno Marginal : TRM=dIN*100/dCV =380 (frijol caupí)

El análisis económico hecho por presupuesto parcial muestra una Tasa de Retorno Marginal (TRM) de $380 y $744 por cada 100 pesos invertidos en la aplicación de la tecnología propuesta para el tratamiento sobresaliente en las localidades 1 y 2 respectivamente.

4.10. Acciones de transferencia de tecnología

Además de las varias acciones de transferencia de tecnología desarrolladas durante los dos años de ejecución del proyecto, consistentes en días de campo, giras y demostraciones de método dirigidas a los agricultores, estudiantes de escuelas y colegios cercanos a las fincas de experimentación y a los asistentes técnicos particulares, de las UMATA y de otras entidades, se escribieron dos artículos técnicos que recogen los principales resultados del proyecto. Ellos son :

- **Preparación de suelos y adecuación predial para el cultivo de arroz secano en La Mojana**

- **Abonos verdes : alternativa para mejorar la capacidad productiva de los suelos arroceros de La Mojana**

Estos trabajos han sido presentados en varios eventos científicos y tecnológicos, así :

- Primer Encuentro Nacional de Labranza de Conservación. Villavicencio, Abril 28 - 30 de 1998.
- Jornada Científica y Tecnológica CORPOICA 98, Tibaitatá, 25 de marzo de 1998
- 16 Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo, Montpellier, Francia, Agosto 20 - 26 de 1998

5. CONCLUSIONES

- La preparación de suelos con arados de discos o cinceles permite descompactar el suelo mejorando las propiedades físicas, lo que se manifiesta en mejores rendimientos y mejor rentabilidad de la producción de arroz.

- La labranza mínima puede considerarse como alternativa cuando no se puede hacer una preparación óptima del suelo. Sin embargo, es necesario disponer de una sembradora de precisión para asegurar una buena germinación.

- Los sistemas de labranza innovada y las piscinas con caballones en curvas a nivel resultaron prácticas técnicamente viables, de buena rentabilidad y fueron socialmente aceptados.

- La infraestructura en la región es inadecuada para la producción arrocera : la maquinaria agrícola es obsoleta ; la disponibilidad de bodegas de almacenamiento es deficiente y el transporte de la finca al centro de acopio requiere cambios de vehículo y medios de transporte que reducen drásticamente la rentabilidad.

- Las especies maíz, frijol y patilla sembrados en condiciones de "sereno", permiten una rotación adecuada con arroz y podrían sustituir al sorgo, aunque faltan por solucionar los problemas de comercialización.

- Con la incorporación de abonos verdes previo a la siembra de arroz es posible reducir la fertilización química nitrogenada en 80 kg/ha y aumentar el rendimiento de grano en más de 30%, obteniendo una tasa de retorno marginal atractiva para la inversión en la tecnología propuesta, lo que sugiere que esta práctica es promisoria para la zona.

- La crotalaria sobresale como el mejor abono verde para rotación con arroz en la Mojana, por la capacidad de acumulación de materia seca, facilidad de siembra y buen rendimiento de grano de arroz. Pero una mejor definición exige medir durante varios ciclos de cultivo con el fin de conocer la residualidad y aporte de nutrientes y fibra para el mejoramiento de la capacidad productiva del suelo y evaluación de su efecto en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

6. BENEFICIO ESPERADO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación mostró que es posible incrementar los rendimientos y la rentabilidad en la producción de arroz en la región en alrededor del 30% con el uso de nuevas prácticas de preparación de suelos, uso de abonos verdes y adecuación predial.

También es posible reducir el uso de Nitrógeno hasta en 80 kg/ha con la incorporación al suelo de un abono verde. Las prácticas agrícolas propuestas son básicas para lograr una producción de arroz sostenible, al reducir el uso de fertilizante y mejorar los suelos, siendo además, alternativas tecnológicas rentables.

Se pudo demostrar que es posible la producción competitiva de arroz en condiciones de secano en La Mojana, con rendimientos similares o mejores a los obtenidos en los distritos de riego de la región Caribe, pues las condiciones edafoclimáticas son adecuadas. La investigación también demostró que se pueden cultivar comercialmente bajo condiciones de "sereno", otras especies como maíz, fríjol y patilla en sustitución del sorgo en la rotación con arroz. La adecuación predial requerida es mínima y consiste en la construcción de zanjas de drenaje para la evacuación de los excesos de eventuales lluvias.

7. ACCIONES FUTURAS

Es necesario emprender acciones vigorosas de transferencia de tecnología, para lograr una adopción masiva de las tecnologías probadas y exitosas en preparación de suelos, adecuación predial y uso de crotalaria como abono verde para el cultivo de arroz secano. Pero todavía es necesario profundizar en la medición de los efectos de los abonos verdes sobre las propiedades físicas de los suelos y determinar la frecuencia de las incorporaciones para mantener los suelos en una adecuada capacidad productiva, reduciendo cada vez las aplicaciones de fertilizantes químicos.

En rotación de cultivos se requiere profundizar en la definición de las fechas de siembra y en métodos adecuados de preparación de suelos y siembra para aprovechar la humedad del suelo y obtener buena germinación. Los limitantes principales tienen que ver más con la comercialización de los productos que con la producción de los mismos.

La región podría convertirse en la principal productora de arroz en Colombia, en condiciones de secano, sin necesidad de las grandes obras convencionales de

adecuación de tierras, si se solucionan los problemas de falta de vías terrestres y acuáticas permanentes y adecuadas y se dispone de infraestructura para el secado y almacenamiento temporal del arroz a nivel de finca o de la región.

8. REFERENCIAS

Baird G.B. ; Rodríguez M. ; Martínez B. y Suárez G. (1957) Crotalaria juncea. DIA, Boletín de Divulgación N° 2. Ministerio de Agricultura de Colombia. (23 p).

Becker M. ; Ladha J.K. and Ali M. (1995) Green manure technology : Potential, usage and limitations. A case for lowland rice. *Plant and Soil.* 174 (181-184)

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, (1996). Proyecto de caracterización de los sistemas de producción agropecuaria en la región de la Mojana. Informe de avance. Programa Regional de Sistemas de Producción Regional 2. C.I. Turipaná, Montería.

Federación Nacional de Arroceros, FEDEARROZ, (1995). Subgerencia Técnica. Un paso adelante en investigación y transferencia de tecnología. Santafé de Bogotá. Colombia.

Forero S., J.A. (1986). Métodos de riego por superficie. En: Manual de riego y drenaje.
Programa manejo de aguas. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Santafé de Bogotá.

Guerrero, L. (1990). Labranza y propiedades físicas del suelo. En : Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Santafé de Bogotá. Colombia.

McDonough J.F. ; Toomsan B, ; Limpinuntana V. and Giller K.E. (1995) Grain legumes and green manures as pre-rice crops in Norheast Thailand. I. Legume N2-fixation, production and residual nitrogen beneficits to rice. *Plant and soil* 177, (111-126).

Montenegro, H. (1990). Interpretación de las propiedades físicas del suelo. En : Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Santafé de Bogotá. Colombia.

Pandey R.K. (1991). A primer on Organic-Based Rice Farming. International Rice Research. IRRI. P.O. Box 933, Manila 1099, Phillippines.

Praguer M. y Angel D. (1989) Contribución de los Abonos Verdes al mejoramiento de la Calidad de los suelos. FUNDATEC, CELATER, Cali, Colombia. (45 p).

Puentes, B. (1995). En : Revista Arroz. Vol. 44 (398). P. 26. Sept. - Octubre 1995.

Soane, B.D. y Van Duwekerk, C. (1994). Soil Compaction in Crop Production. ELSEVIER, The Netherlands.

Tascon, E. y García, E. (1985). Arroz: Investigación y producción. Memorias curso capacitación sobre arroz. CIAT. Palmira, Colombia.

Vargas Z., J.P. (1986). Análisis de los limitantes tecnológicos del cultivo de arroz en Colombia. En : Revista Arroz. Vol. 35 (345). Nov.- Dic. Santafé de Bogotá.