



Proyecto J-Green

Agencia de Recursos Verdes del Japón
Ministerio de Agricultura y Ganadería
Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA
Gobernación del IX Departamento de Paraguari

“Estudio de Validación del Desarrollo Rural Participativo basado en la Conservación del Suelo”

Paraguari Paraguay

MANUAL TECNICO

“Conservación y Recuperación de Suelo”



Serie “Guías y Manuales”

MANUAL TÉCNICO

CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELO

Proyecto J-Green 2007

Serie "Guías y Manuales"

MANUAL TÉCNICO
Estrategia de Intervención
“Desarrollo Rural Participativo, basado en la Conservación del Suelo”

**“Estudio de Validación del Desarrollo Rural Participativo, basado en la
Conservación del Suelo”**

Serie “Guías y Manuales”
Conservación y Recuperación de Suelo

Elaboración: Agencia de Recursos Verdes del Japón (J-Green)

Contribuciones:

Equipo J-Green	Equipo Local
Yasusada Oue (Director)	Justo López Portillo
Nobuyoshi Sakamoto (Vicedirector)	Elvio Morínigo Alvarenga
Tomio Hanano (Asesor)	Charles Benítez Falcón
	Roberto López Irala
	Oscar R. Benítez Reyes

Edición: 500 ejemplares
Derechos reservados

Fecha: Marzo, 2007. San Lorenzo, Paraguay

Para más Información:

Agencia de Recursos Verdes del Japón (J-Green)
Ruta Mcal. Estigarribia Km. 10,5. San Lorenzo
Dirección de Educación Agraria / MAG
Tel: (+595 21) 585.691 / 2 Int. 124
Web: www.jgreenparaguay.org.py

Ministerio de Agricultura y Ganadería
Subsecretaría de Agricultura
Pdte. Franco 475, Asunción
Tel: (+595 21) 441.340 / 442.141
Web: www.mag.gov.py

Gobernación de Paraguari
Gral. Morínigo y Asunción
Ciudad de Paraguari
Tel: (+595 531) 32.979 y (+595 531) 32.211

Facultad de Ciencias Agrarias / UNA
Campus Universitario – San Lorenzo
Tel: (+595 21) 585.606 / 09 / 11
Web: www.fca.una.py

Japón
Japan Green Resources Agency (J-Green)
Musa Kawasaki Central Tower 12F, 1310, Omiya -cho
Kawasaki, Kanagawa, 212-0014, JAPAN
Phone: +81-44-543-2525 Fax: +81-44-533- 7692
Web: www.jgreen.go.jp

Proyecto J-Green 2004 / 2006
“Estudio de Validación del Desarrollo Rural Participativo, basado en la Conservación del Suelo”

Toda reproducción de partes del presente volumen se hará citando la fuente

PRESENTACIÓN

La Agencia de Recursos Verdes del Japón (J-Green) es una institución que depende económicamente de los fondos de la cooperación oficial del gobierno del Japón, específicamente del Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca, y se dedica a realizar estudios agrícolas, socioeconómicos y de los recursos naturales, así como a la recopilación de documentos y sistematización de informaciones relacionadas a los mismos. Busca contribuir de esta forma con el desarrollo agrícola y rural de los países en vías de desarrollo. Dentro de las actividades de J-Green, tienen mucha importancia aquellas relacionadas con los problemas ambientales que ocurren en todos los continentes.

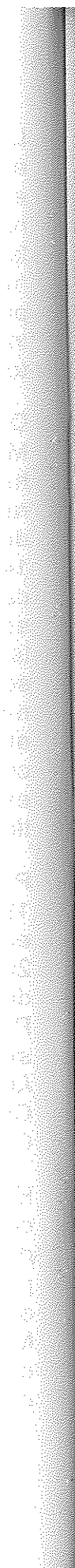
De acuerdo a estudios realizados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), actualmente en todo el mundo existen 2000 millones de hectáreas de tierras degradadas (17% de superficie con vegetación) por diversas razones (erosión hídrica 56%, erosión eólica 28%, degradación química 12% y degradación física 4%). Además, se pronostica que en 20 años más se perderían 140 millones de tierras fértiles a causa de la degradación del suelo. Si bien las causas de esta degradación varían según el país o la región, el factor principal es la erosión del suelo. La erosión del suelo causa la disminución de las tierras aptas para la agricultura y esta situación se constituye en una amenaza para la agricultura sostenible y la vida estable de los habitantes, provocando además, impactos negativos en la infraestructura social y en la biodiversidad que se encuentran aguas abajo. Por otra parte, la población mundial sigue experimentando un sostenido crecimiento, principalmente en los países en vías de desarrollo. Para responder a esta situación, es necesario preservar y manejar en forma sostenible y adecuada las tierras agrícolas que constituyen la base para la producción de alimentos.

Para afrontar los problemas mencionados, J-Green ha venido ejecutando, desde 1995, Estudios Básicos en varios países de América Latina para la prevención de la erosión del suelo en tierras agrícolas, y a partir de mayo de 2004 a diciembre de 2006, ha implementado un Estudio relacionado con la conservación del suelo en los distritos de Acahay y San Roque González de Santa Cruz del IX Departamento Paraguari, bajo el lema de ***“Cómo impulsar el desarrollo agrícola y rural sostenible basado en la conservación del suelo en áreas rurales afectadas por la erosión”***, con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Ganadería, la Facultad de Ciencias Agrarias dependiente de la Universidad Nacional de Asunción, la Gobernación de Paraguari y con los dos municipios mencionados arriba.

El objetivo del Estudio consistió en consolidar medidas técnicas de manejo y conservación de tierras agrícolas y validar localmente una metodología para lograr el desarrollo rural sostenible en áreas modelo, contando para el efecto con la participación activa de los agricultores. Los resultados han sido compilados y editados en un “Manual de Técnicas de Conservación del Suelo”, en “Guías Metodológicas” y en varias “Cartillas”, estas últimas orientadas a los agricultores, esperándose que estas publicaciones sean aprovechadas en proyectos de similares características, tanto a nivel local, regional o a nivel nacional.

SHOZO OHIRA

**Presidente Ejecutivo de la J-Green
Tokio, Japón. Diciembre de 2006**



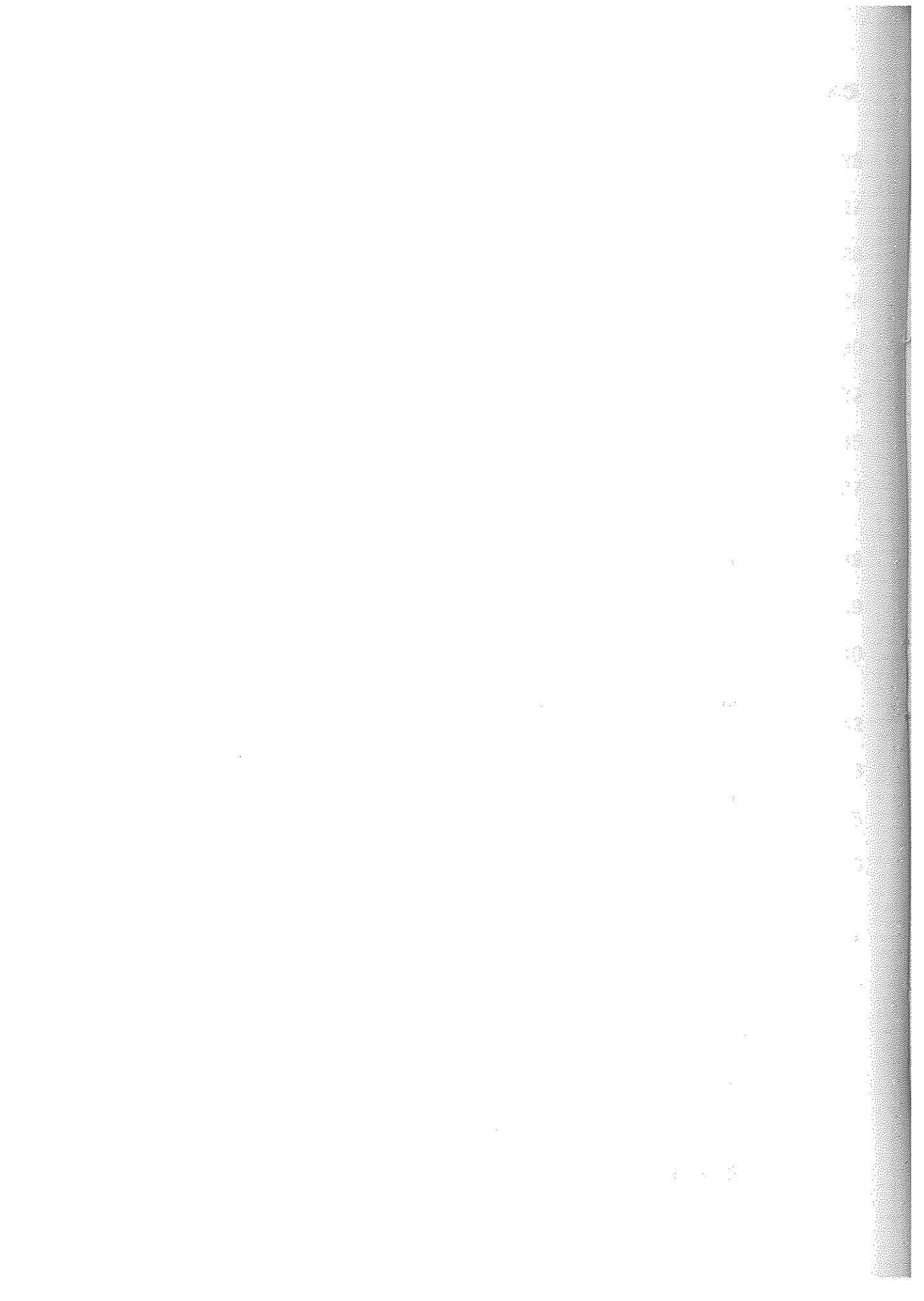
© 2015 Pearson Education, Inc. All rights reserved. Printed in the United States of America. This publication is protected by copyright. Permission to reproduce copies of this publication may be obtained from Pearson Education, Inc., 501 Boylston Street, Boston, MA 02116.

Índice de “Manual Técnico de Conservación de Suelo”

<u>CONTENIDO</u>	<u>PÁGINA</u>
CAPITULO 1. Validación de tecnología para el desarrollo rural sostenible	1
1.1. Introducción	1
1.2. Factores a ser considerados para la validación de tecnología	4
1.2.1. Consideraciones generales	4
1.2.2. Características del tipo de suelo	5
1.2.3. El nivel de tecnología	5
1.2.4. El tamaño de la finca	6
1.2.5. Nivel de la inversión	6
1.2.6. Condiciones climáticas	6
1.3. Experiencias sobre manejo y conservación de suelo	6
1.3.1. Siembra Directa en pequeñas propiedades (MAG/GTZ)	7
1.3.2. Plan de manejo de micro cuencas (Proyecto PARN)	8
CAPITULO 2. Medidas de conservación de suelo con obras físicas	10
2.1. Importancia de las medidas con obras físicas	10
2.2. Medición de la erosión del suelo	11
2.3. Medidas de obras físicas para el control de la erosión	13
2.3.1. Curvas de Nivel	13
2.3.2. Barrera viva	17
2.3.3. Media luna	18
2.3.4. Terrazas	19
2.3.5. Barrera de Piedra	20
2.3.6. Control de Cárcavas	21
2.4. Medidas para el manejo de agua	22
2.4.1. Construcción de canales de drenaje	22
2.4.2. Mejoramiento de la infraestructura rural	23

CAPITULO 3. Prácticas agronómicas para recuperación de suelo degradado	25
3.1. Situación actual de la degradación de suelo en la zona de estudio	25
3.2. Recuperación de suelo degradado con prácticas agronómicas	27
3.3. Evaluación de abonos verdes de verano	28
3.3.1. Colección de especies de abonos verdes de verano	28
3.3.2. Evaluación de los principales abonos verdes de verano	30
3.3.3. Asociación de maíz con abonos verdes de verano	32
3.3.4. Asociación de mandioca con abonos verdes de verano	35
3.3.5. Asociación de tártago con abonos verdes de verano	37
3.4. Evaluación de abonos verdes de invierno	39
3.4.1. Evaluación de seis variedades de abonos verdes de invierno	39
3.4.2. Consorciación de abonos verdes de invierno	40
3.5. Fertilización química y orgánica de Algodón, Maíz y Mandioca	42
3.5.1. Resultado de la fertilización en el cultivo de Algodón	43
3.5.2. Resultado de la fertilización en el cultivo de Maíz	45
3.5.3. Resultado de la fertilización en el cultivo de Mandioca	46
3.6. Rotación de cultivos y la fertilización	47
3.6.1. Resultado de la fertilización en Algodón en rotación de cultivo	48
3.6.2. Resultado de la fertilización en Maíz en rotación de cultivos	50
3.7. Asociación de cultivos y el índice de Equivalencia de la Tierra (IET)	52
3.7.1. Asociación de Maíz con Poroto y el Índice de Equivalencia Tierra	53
3.7.2. Asociación de Algodón con Poroto y el Índice de E. de la Tierra	55

CAPITULO 4. Diversificación de la producción: Agrícola, pecuaria y forestal	57
4.1. Diversificación con la producción agrícola	57
4.1.1. Evaluación de variedades de Maní	58
4.1.2. Evaluación de variedades de Sésamo	59
4.1.3. Evaluación de variedades de Soja	61
4.1.4. Evaluación de variedades de Poroto	63
4.2. Diversificación con la producción pecuaria	65
4.2.1. Importancia de animales de granja en la economía familiar	65
4.2.2. Medidas para la producción de animales de granja	66
4.2.3. Evaluación de especies forrajeras	67
4.2.4. Resultados de la evaluación de Pasto Elefante	68
4.2.5. Resultados de la evaluación de Sorgo Forrajero	69
4.2.6. Resultados de la evaluación de Caña de Azúcar	70
4.3. Diversificación con la producción forestal	72
4.3.1. Medidas para establecer sistema agroforestales	72
4.3.2. Instalación de vivero forestal	73
4.3.3. Capacitación de productores en vivero forestal	74
4.3.4. Establecimiento de sistemas agroforestales en la finca	75
CAPITULO 5. Otras medidas de producción sustentable	77
5.1. Producción orgánica de hortalizas	77
5.2. Producción de humus de Lombríz	82
5.3. Método de cultivo basado en la Cría de Microorganismos (CMO)	87
5.3.1. Metodología para implementar el método CMO	89
5.3.2. Resultados del método de cultivo basado en CMO	91



CAPÍTULO 1

Validación de Tecnología para el Desarrollo Rural Sostenible

1.1 Introducción

La Agencia de Recursos Verdes del Japón (J-Green) ha ejecutando en el Departamento de Paraguari de la Región Oriental del Paraguay, el **“Estudio de Validación del Desarrollo Rural Participativo basado en la Conservación de Suelo”** con el propósito de establecer las medidas de control de la erosión y recuperar la fertilidad del suelo agrícola, considerando a éste como la base que sustenta la producción agropecuaria. El objetivo de este estudio consiste en establecer las técnicas de conservación y de recuperación del suelo extremadamente degradado, así como la metodología para su difusión, con el propósito de lograr el mejoramiento de la administración agrícola de los pequeños productores y a través de estas acciones, hacer realidad el desarrollo agrícola y rural en forma sostenible.

La ejecución del Estudio de Validación se divide en dos partes. La primera consiste en establecer las medidas técnicas de prevención de la erosión y de recuperación del suelo, que tengan aceptación por los pequeños productores. La otra parte consiste en establecer la metodología que permita difundir efectivamente esas medidas entre los productores. Para este fin, fueron establecidas las áreas modelo en las localidades de San Roque González de Santa Cruz y Acahay, en el departamento de Paraguari, donde se encuentra en ejecución el proyecto modelo (Proyecto J-Green). En este sentido, se puede afirmar que el presente estudio de validación tiene dos facetas, por un lado, la de ser un “estudio” y por el otro, la de ser un “proyecto”.

La erosión y degradación del suelo en los trópicos se vino agravando en los últimos años, alcanzando niveles críticos que amenaza la viabilidad de la agricultura en la mayor parte de esta región, cuyos efectos negativos se refleja en la disminución de la productividad e ingresos de los pequeños productores. La superficie de tierra destinada a agricultura a nivel de los pequeños productores y que se encuentran sumamente degradados en la zona central del Paraguay (comprendido por cinco departamento), es de aproximadamente 297.000 hectáreas, según el último Censo Agropecuario que se ha realizado en al año 1.991.

Los suelos agrícolas de la zona central del Paraguay, han sido utilizados en forma intensiva por los pequeños productores durante varias décadas, sin la aplicación de medidas y prácticas para la conservación y/o recuperación de las propiedades naturales físicos químicos de las parcelas destinada a la producción agrícola, por esta razón estos suelos se encuentran actualmente con un nivel de degradación

muy elevada, que se refleja por la muy baja productividad de los cultivos agrícolas y prácticamente con los sistemas tradicionales de producción la rentabilidad es nula.

La causa principal de la degradación de suelo a nivel de los pequeños productores es por la falta de medidas para controlar la erosión y por la implementación de prácticas agronómicas inapropiadas, como los sistemas tradicionales de labranzas (aradas y rastreadas continuas), siembra en sentido de la pendiente, la falta de rotación de cultivo, falta de manejo de los restos de cultivos (la quema) y el pastoreo de ganado durante el invierno en las parcelas destinadas para las actividades agrícolas.

Como consecuencia de la carencia de medidas efectivas para controlar la erosión, y por la utilización de prácticas agronómicas incorrectas se tienen suelos muy erosionados y con niveles de fertilidad muy baja. La mayor parte de la estructura del suelo se ha destruido, con elevada compactación que impide el desarrollo de la raíz de los cultivos. En todas las fincas se puede observar el severo agotamiento del contenido de la materia orgánica y de los nutrientes esenciales para las plantas.

Al impacto negativo de la degradación del suelo se puede atribuir los graves problemas socioeconómicos de la población campesina, con niveles de ingresos cada vez más bajos y la dificultad de garantizar la seguridad alimentaria con la producción de rubros de autoconsumo, disminuyendo seriamente los niveles de nutrición y salud que han empeorado principalmente en las zonas rurales.

Otro impacto negativo de la degradación de suelo, esta relacionado a la migración de los campesinos a la ciudad e inclusive a otros países, especialmente la población con mayor capacidad productiva y los jóvenes, que salen de sus comunidades en busca de mejores oportunidades laborales y de educación, provocando la desintegración de la familia y la dificultad para encarar acciones tendientes de lograr un desarrollo rural sostenible en las comunidades campesinas.

Ante la situación planteada precedentemente y en la búsqueda de encontrar una opción válida para encarar esta problemática campesina, la Agencia de Recursos Verdes del Japón (J-Green), en junio de 2004 firmó un convenio con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA/UNA) y la Gobernación de Paraguarí, para la implementación del proyecto "Estudio de Validación del Desarrollo Rural Participativo Basado en la Conservación de Suelo", que se desarrolló en los distritos de Acahay y San Roque Gonzáles de Santa Cruz, área de ejecución del proyecto.

El Estudio de Validación del Desarrollo Rural Participativo basado en la Conservación de Suelo, como parte de su estrategia de intervención realiza la Validación de Tecnología, verificando todas las experiencias disponibles en el país y la región, las medidas de conservación y recuperación de los suelos degradados, a través de la implementación de una Parcela Demostrativa Experimental (PDE) y 17 parcelas de Investigación Participativa (IP's) establecidas en las fincas de los productores que participan del proyecto como Líderes Conservacionistas.



Localización de la Parcela Demostrativa Experimental, Ruta 1 km. 91, S. Roque G.

Con la implementación de la Parcela Demostrativa Experimental se tuvo la oportunidad de realizar la validación o verificación de numerosas tecnologías apropiadas y aplicables a nivel de los pequeños productores. Los resultados más relevantes que se han logrado a través de la validación, difusión y adopción de las medidas y prácticas agronómicas, se pueden resumir en las siguientes áreas:

- ▶ **Medidas físicas para el control de la erosión:** La construcción de curvas de nivel y barrera viva, que se establecieron y funcionaron en forma efectiva para el control de la erosión, en la mayoría de las fincas de los productores que participaron del proyecto.
- ▶ **Prácticas agronómicas:** La utilización de los abonos verdes (actualmente los productores con semilla propia) del Kumandá Yvyra-í, Canavalia, Crotalaria y Mucuna Ceniza, y de los abonos verdes de invierno Avena Negra y Lupino. Además de la preparación y uso de estiércol, humus de lombriz y compost orgánicos, fueron las opciones que están al alcance del productor con que puede recuperar la fertilidad de su suelo.
- ▶ **Diversificación de la Producción:** La validación y difusión de variedades mejoradas de Maíz, Maní, Poroto, Soja, Sésamo, Ka'a he'e, Tártago, Caña de Azúcar, producción orgánica de hortalizas, vivero para la producción de especies forestales, además de la producción de especies forrajeras para los animales de granja, fueron las alternativas que se brindaron a los productores para lograr una producción diversificada.
- ▶ **Nuevo método de producción sustentable:** Se realizó prueba con polvo y extracto de stevia para mejorar la calidad de Frutilla, Melón y Sandía. Además se realizó la validación de un nuevo método de cultivo basado en la Cría de Microorganismos (CMO) naturales del suelo, que a través de un sistema sencillo y económico se logra mejorar sustancialmente la producción del cultivo.

- **Difusión horizontal:** La adecuada capacitación de los Líderes Conservacionistas, hizo posible que estos productores estén preparados para realizar la difusión a los demás productores de sus comunidades, de todas las tecnologías validadas en la Parcela Demostrativa Experimental y a través de las experiencias recogidas con la implementación de parcelas de Investigación Participativa conducidas en sus propias fincas.

Todas las experiencias y los resultados obtenidos con el Estudio de Validación de Tecnologías del Proyecto J-Green, se tratan de compilar por área temática para ser presentados en el presente Manual Técnico de Conservación de Suelo.

1.2 Factores a ser considerados para la Validación de Tecnología

1.2.1. Consideraciones generales

Para la implementación de acciones tendientes a la conservación y recuperación de los suelos degradados, en finca de los pequeños productores, se requiere de la combinación de las medidas físicas y las prácticas agronómicas, por que se debe evitar o minimizar los efectos erosivos de las lluvias, aumentando la capacidad de infiltración y mejorar la fertilidad del suelo.

Las medidas físicas para el control de la erosión del suelo, tienen pocos problemas de adecuación a las condiciones de la zona como ser el clima, la topografía, vegetación etc. Sin embargo, la adecuación de las prácticas agronómicas varía mucho según las condiciones como se desarrolla la agricultura en la zona y los aspectos socioeconómicos de los agricultores.

Numerosos fracasos se han presentado con la introducción en forma directa de ciertas prácticas agronómicas que tuvieron mucho éxito en otras zonas, pero que por las características de la nueva zona estas experiencias no presentan resultados favorables.

Esto demuestra que es imprescindible realizar los estudios de validación con los agricultores de la zona donde se desea introducir estas prácticas, para verificar en el lugar la efectividad de las mismas. Para elegir las prácticas agronómicas más adecuadas es necesario considerar los siguientes factores:

- (1) Características del suelo;
- (2) El nivel de tecnología;
- (3) El tamaño de las fincas;
- (4) Nivel de inversión;
- (5) Las condiciones climáticas.

1.2.2. Características del tipo de suelo

- a. Suelos degradados o con muy baja fertilidad: Esta situación es generalizada en la zona del Estudio de Validación del Proyecto J-Green, por lo tanto, esta situación se debe considerar para la introducción de determinadas medidas orientadas a mejorar la estructura del suelo y la recuperación de la fertilidad de la misma a través de la implementación de prácticas adecuadas, que deben ser adoptadas en forma gradual y sostenida.
- b. Los suelos con mucha pendiente: Que presentan serios problemas de erosión y con dificultades para las labores culturales, las primeras acciones para contrarrestar esta situación, estarán enfocadas a las medidas físicas, como la construcción de curvas de nivel y las barreras vivas u otras medidas que permitan eliminar o por lo menos reducir el arrastre del suelo por las aguas de las lluvias.
- c. Los suelos compactados: La compactación de los suelos, es una situación generalizada en las parcelas con muchos años de uso, debido al sistema de labranza superficial que se ha practicado, ocasionando lo que comúnmente se denomina "pie de arado". Estos suelos necesitan de acondicionamiento previo a través de la des-compactación antes de realizar las medidas físicas y prácticas agronómicas. También se puede utilizar especies de abonos verdes con raíces profundas como el Guandú o kumanda Yvyra-í y el Nabo Forrajero, que son excelentes para lograr la des-compactación de los suelos.

1.2.3. El nivel de tecnología

- a) Nivel de tecnología baja: Existen medidas y prácticas muy sencillas, que no requieren de muchos conocimientos por parte de los productores, en algunos casos constituye el rescate de algunas tecnologías desarrolladas por los productores a través del tiempo. Para estos tipos de tecnologías se requiere muy poca capacitación.
- b) Nivel de tecnología medio: Cuando se debe aplicar cierta tecnología no muy avanzada, para la utilización de esta tecnología se debe desarrollar ciertos conocimientos, por lo tanto se necesita realizar la capacitación de los productores, sobre las medidas y prácticas agronómicas, a fin de que pueda ser difundido y adoptado de manera efectiva.
- c) Nivel de tecnología alta: Cuando se requiere la aplicación de tecnologías más sofisticadas o más complejas en la etapa de ejecución, es cuando se trata de alta tecnología. Para la aplicación de tecnología más avanzada, los productores necesitan de una capacitación intensiva. Los pequeños productores con escasa capacidad económica para invertir en su finca, normalmente no están en condiciones de aplicar este tipo de tecnología.

1.2.4. Tamaño de la finca

- a) Finca pequeña: Son los productores que poseen tierras agrícolas menores de 20 has. de superficie, donde principalmente se emplea mano de obra familiar y las labores agrícolas se realizan en base a tracción animal. En la zona de intervención del proyecto predominan las fincas minifundiarias con superficies que normalmente no superan las 5 hectáreas.
- b) Finca mediana: Tierras agrícolas comprendidas entre 20 a 50 has. de superficie, donde se emplea principalmente maquinaria, pero también tracción animal para algunos trabajos.
- c) Finca grande: Comprenden las tierras agrícolas de más de 50 has. de superficie, donde se emplea principalmente maquinarias agrícolas y se utiliza alta tecnología.

1.2.5. Nivel de inversión

- a) Nivel de inversión baja: Cuando la capacidad y posibilidad de realizar inversión en la finca es reducida. Se presenta en los sistemas productivos tradicionales, la mayor parte de las actividades se realizan en forma manual o a tracción animal, el uso de los insumos técnicos e implementos o maquinarias es escaso, la aplicación de la mano de obra familiar es abundante y permanente.
- b) Nivel de inversión media: Cuando se requiere mano de obra familiar y a veces contratada, se realiza la compra de materiales e insumos y generalmente se utiliza maquinaria alquilada.
- d) Nivel de inversión alta: Son las que necesitan una inversión grande, utiliza gran cantidad de materiales, equipos e insumos, además se realizan las actividades con maquinarias.

1.2.6. Condiciones Climáticas

Se debe considerar las limitaciones que se presentan debido a las precipitaciones pluviales a la falta de disponibilidad de agua. Zonas semiáridas o húmedas. La intensidad, duración, época de lluvias, constituyen factores importantes, para el diseño de las prácticas agronómicas y las medidas físicas.

Las temperaturas bajas producidas por las heladas en algunas zonas se deben considerar para establecer ciertas especies de cultivos.

1.3. Experiencias en la zona sobre Manejo y Conservación de suelo

Se ha comprobado que con el método de preparación convencional de suelos existen serios problemas de erosión, mineralización excesiva de la materia

orgánica y compactación, lo que conduce a la degradación del suelo y a la pérdida continua de la productividad del cultivo. Por eso, se ha impulsado cambiar el método de labranza tradicional por otros más conservacionistas, como la labranza mínima y la siembra directa. A nivel oficial y con el apoyo de organismos de cooperación internacional como la GTZ de Alemania, se han desarrollado prácticas conservacionistas, especialmente la difusión del sistema de siembra directa para pequeños productores, impulsada por el Programa Nacional de Manejo y Conservación de Suelo del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Por otra parte en el marco del Proyecto Administración de los Recursos Naturales Alto Paraná-Itapúa Norte (PARN) la elaboración del Plan de Manejo de Micro cuencas hidrográfica como unidad de planificación y manejo.

1.3.1. Siembra directa en pequeñas propiedades (MAG/GTZ)

El Programa Nacional de Manejo y Conservación de Suelo del MAG que cuenta con el apoyo de la GTZ, recomienda un paquete tecnológico para la siembra directa para ser implementada por los pequeños productores. Los agricultores participan de este programa a través de comités y son beneficiados con la asistencia técnica de la DEAg y la provisión gratuita de los insumos para una hectárea, debiendo realizar sus actividades durante cuatro años siguiendo estrictamente los siguientes pasos:

En el 1er. Año se debe aplicar 1.000 kg/ha de cal agrícola sobre el resto del cultivo anterior o sobre las malezas existentes en el área, incorporar con arado. Luego sembrar maíz con la aplicación de 200 kg/ha de fertilizante compuesto, a los 30 días después de la germinación del maíz aplicar urea 100 kg/ha. La urea y el fertilizante compuesto deben aplicarse a 15 cm. de cada planta. A 60 días de la germinación del maíz; sembrar kumandá yvyrá y entre las hileras de maíz.

En el 2do. Año manejar el kumandá yvyrá con machete y pasar el rollo cuchillo, luego aplicar la cal agrícola 500 kg/ha en la superficie y después de 20 días aplicar un herbicida desecante 4 lts/ha. Sembrar maíz con 200 kg/ha de fertilizante compuesto, a los 30 días de la germinación del maíz, aplicar urea 100 Kg/ha. Después de 90 días de la germinación del maíz, sembrar mucuna ceniza entre las hileras del maíz.

En el 3er. Año, a la mucuna ceniza pasar el rollo cuchillo, después de 8 días aplicar un herbicida desecante a razón de 4 lts/ha. Sembrar el cultivo de renta con fertilizante compuesto 200 kg/ha. a los 30 días de la germinación aplicar urea a razón de 100 kg/ha.

En el 4to. Año se debe aplicar el herbicida desecante 4 lts./ha, sembrar en forma asociada avena negra más lupino blanco, la siembra puede realizarse con

matraca o sembradora. Rolar la avena y lupino, desecar con el herbicida y sembrar el cultivo de renta o consumo.

Los pequeños productores beneficiados por este programa, reciben en forma gratuita los insumos (fertilizantes, cal agrícola, herbicidas y semilla de abonos verdes) para una hectárea durante los 4 años. Además cada comité recibe sin costo todos los equipos e implementos como: sembradora con abonadora, rollo cuchillo, pulverizadores, etc.

Los resultados son muy buenos mientras dure la ayuda, pero por el alto costo de los insumos los agricultores con sus escasos recursos no pueden utilizar este paquete para otra área de su propia finca, tampoco los productores que no son beneficiados por este paquete pueden replicar esta técnica en su chacra, por lo tanto, se presenta una dificultad muy grande para la difusión en forma masiva de este sistema, esta sería la razón de la escasa adopción de la siembra directa a nivel de los pequeños productores de todo el país.

1.3.2. Plan de Manejo de Micro Cuencas (Proyecto PARN)

En el marco del Proyecto Administración de los Recursos Naturales Alto Paraná-Itapúa Norte (PARN) la elaboración del Plan de Manejo de Micro Cuencas fue concebida con el objeto de proceder a un ordenamiento y preservación de los recursos naturales, fundado en el conocimiento de sus aptitudes y restricciones para el uso actual y potencial, en busca de ampliar el esfuerzo que se está efectuando para corregir las degradaciones causadas por el rápido proceso de mecanización y ocupación desordenada del suelo. Este hecho, asociado a una inadecuada división fundiaria, desencadenó una destrucción acelerada del recurso forestal, ocasionando la instalación del proceso erosivo, contaminación, colmatación del agua y la degradación de los recursos naturales y, finalmente, el desequilibrio bioclimático.

El PARN orienta sus acciones para mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores y comunidades indígenas, con estrategias enmarcadas en los conceptos del desarrollo sostenible. Principalmente se busca construir y consolidar el capital social e incorporar técnicas de producción agropecuarias conservacionistas a través de la implementación de medidas, prácticas y obras que redunden en el manejo adecuado de los recursos naturales y aumento de los niveles de producción, utilizando la micro-cuenca hidrográfica como unidad de planificación y manejo. La micro cuenca es el área definida naturalmente por la forma y elevación del terreno alrededor de los cursos de agua.

Los sedimentos provenientes del proceso erosivo son transportados por los raudales hacia los arroyos, ríos y nacientes, llevando consigo sustancias que pueden ser contaminantes. Por otro lado, la pérdida de nutrientes ocasiona el empobrecimiento del suelo remanente y la disminución de la productividad de los cultivos. La recuperación de los suelos requiere el uso de cantidades crecientes

de insumos, aumentando así el costo de la producción. Promedio de 7 años (1.992 hasta 1.998) de pérdida de sedimento por erosión son de: Sistema Convencional (8% de pendiente) 25.768 kg/ha, Siembra Directa (8% de pendiente) 436 kg/ha, Barbecho (6% de pendiente) 37.087 kg/ha.

En una área con topografía irregular, sembrada con cultivos anuales y arada en dirección de la pendiente, con lluvias y con el viento, puede perder, hasta 200 toneladas de suelo por hectárea en un año; se pierde una cantidad promedio de 200 kilos de nitrógeno, 300 kilos de fósforo y 2.000 kilos de potasio (NPK) o sea, mucho de lo que se gasta para fertilizar la misma área; a más de esto se pierde casi 2 toneladas de materia orgánica y muchos kilos de micronutrientes. Considerando los datos de pérdida de suelo bajo siembra convencional en la micro-cuenca Arroyo Feliciano (distrito Naranjal), con un área de 5.053,66 ha, mayormente bajo uso agropecuario, anterior a la intervención del PARN, se estima una pérdida de 130,23 tn/ha/año de nitrógeno, 195,35 tn/ha/año de fósforo y 1.302,33 Tn/Ha/año de potasio, como de materia orgánica.

Luego de la presencia del PARN, realizando conjuntamente con la población un manejo integrado de suelo y agua, la pérdida estimada se redujo a 2,20 tn/ha/año de nitrógeno, 3,3 tn/ha/año de fósforo y 22,03 tn/ha/año de potasio, como de materia orgánica. Antes de las acciones de manejo, los productores debieron gastar el equivalente a 89 US\$/ha/año en concepto de abonos químicos que posteriormente se redujeron a 1,5 US\$/ha/año en términos de reposición de los nutrientes perdidos (nitrógeno, fósforo, potasio).

En este caso podría procederse del siguiente modo:

Pasar rolo cuchillo bien afilado y con peso adicional (agua) sobre la vegetación existente.

Cortar con machete, a ras del suelo, las plantas y ramas que quedan levantadas después del acamado.

Esperar a que ocurra el rebrote y la germinación de las malezas para aplicar herbicidas desecantes (generalmente mezclas de glifosato en dosis altas más otros herbicidas), en ningún momento se debe utilizar el fuego.

Realizar el surcado (labranza mínima) o la siembra directa de la parcela.

CAPÍTULO 2

Medidas de conservación de suelo con obras físicas

2.1. Importancia de las medidas de conservación de suelo con obras físicas

La erosión de suelo es el principal problema y más gravitante que afecta a la producción agropecuaria. El arrastre de la camada superficial del suelo acarrea consigo la pérdida de la parte más fértil del mismo, por que los nutrientes para los cultivos se encuentran en la camada superficial, además en esta parte se origina toda la materia orgánica, producto de la descomposición de los cultivos y los residuos orgánicos.

Con el laboreo permanente, se rompe la superficie del terreno para establecer los cultivos agrícolas, con el fin de cubrir las necesidades de alimentación y la generación de recursos económicos. Con la utilización de los equipos de labranza, se somete al suelo a un permanente proceso erosivo, que aumenta progresivamente llegando a niveles críticos. La resistencia que ejerce el suelo a la erosividad del agua está determinada por diversas características, como las propiedades físicas y químicas del suelo, la naturaleza y cantidad de la vegetación que sirve de cobertura al suelo.

La conservación del suelo es probablemente la práctica más necesaria e importante de todas, para evitar el deterioro de los suelos o para la recuperación de los ya degradados. Existen varias maneras de evitar la erosión del suelo, tales como la construcción de curvas de nivel, terrazas, el cultivo en fajas, la rotación de cultivos y el laboreo adecuado. La recuperación de las tierras agrícolas degradadas, requiere de tecnologías que comprenden las medidas basadas en obras físicas y las prácticas agronómicas. En el presente capítulo se describen las medidas de conservación por medio de obras físicas.

Mediante la construcción de obras físicas en la finca, se puede manejar y controlar el flujo del agua de las lluvias y así disminuir la erosión, además se logra mayor infiltración del agua al penetrar en el suelo, así se mejora las condiciones de las tierras agrícolas, se controla el escurrimiento del agua y también se puede mantener mejor los caminos rurales. Por lo tanto, para la conservación de los suelos agrícolas y para lograr el desarrollo de una comunidad campesina, es muy importante realizar las obras físicas, que se complementan con las medidas agronómicas que realiza el productor.

“La función de las medidas por obras físicas consiste principalmente en controlar el agua que se escurre en la superficie, lograr su mayor infiltración y el efecto será mayor si se combinan con las medidas agronómicas como la cobertura del suelo, a fin de evitar el desprendimiento de las partículas del suelo por el impacto de las gotas de agua durante las precipitaciones”.

2.2. Medición de la erosión del suelo

Para comprender mejor la importancia y la gravedad de la erosión del suelo, a continuación se presenta una prueba realizada en la Parcela Demostrativa Experimental del Proyecto J-Green, localizada en Distrito de San Roque González, Paraguari, determinando la cantidad de suelo erosionado, a través de la implementación de tres parcelas de erosión.

Cada parcela mide 2 m de ancho por 20,0 m de largo, cubriendo una superficie de 40,0 m², la pendiente del terreno es de 5,0 %. Los tratamientos fueron los siguientes: (1) Testigo (parcela sin cobertura); (2) Parcela con monocultivo de maíz y (3) Parcela de maíz asociado con abono verde (cobertura permanente)

Después de cada lluvia se pesó la cantidad de suelo acumulado en los colectores individuales, que se encuentran en la parte más baja de cada parcela de erosión y los resultados constituyen las pérdidas del suelo por unidad de superficie.

La pérdida de suelo en kg ha⁻¹ ocasionada por la erosión hídrica y la cantidad de precipitaciones anteriores a cada recolección se presenta en el siguiente cuadro:

Recolección de suelo	Fecha de Recolección	Cantidad de Lluvias (mm)	Pérdida de suelo en kg ha ⁻¹		
			Testigo (sin cobertura)	Maíz (solo)	Maíz (Con canavalia)
1 ^{ra}	22/11/05	38,0	1.771	1.609	283
2 ^{da}	13/12/05	81,5	9.055	1.901	1.164
3 ^{ra}	22/12/05	76,5	2.271	289	212
4 ^{ta}	08/02/06	122,3	5.717	1.712	286
5 ^{ta}	07/03/06	100,3	2.804	356	306
Total		418,3	21.620	5.868	2.253

Los resultados de esta prueba demuestran que en la parcela testigo (sin cobertura o sea sin ningún tipo de control de la erosión), ocurrió una pérdida de suelo por erosión hídrica de 21.620 kg ha⁻¹ durante el ciclo del cultivo de maíz (cuatro meses).

En el tratamiento con monocultivo de maíz se obtuvo una pérdida de suelo de 5.868 kg ha⁻¹, lo que significa que el solo hecho de sembrar maíz, reduce significativamente la erosión del suelo, disminuyendo casi 15 t ha⁻¹ de suelo que se pierde en la parcela sin cobertura. En el tratamiento donde se estableció la asociación del cultivo de maíz con abono verde presentó el menor índice de erosión con esta cobertura casi completa alcanzó solamente 2.253 kg ha⁻¹ de suelo erosionado, esto es menos de la mitad de la erosión sufrida en el monocultivo y casi 10 veces menos que el tratamiento sin ninguna cobertura.



Parcela para medir la erosión del suelo en la PDE del Proyecto J-Green

A los efectos de comprender mejor la gravedad de la pérdida del suelo durante el desarrollo de la planta, se convirtió los datos de pérdida de suelo en kg de suelo perdido por milímetros de lluvia caída. La forma de conversión no es común, porque hasta 20 mm. de agua caída, existe muy poco arrastre de suelo.

En el siguiente cuadro se pueden observar los datos convertidos en kg mm⁻¹ en cada recolección de suelo.

Tratamientos	Cantidad de pérdida de suelo por mm ⁻¹ de lluvia caída					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	Promedio
Testigo	46,0	111,1	29,7	46,7	28,0	51,7
Maíz	42,2	23,3	3,8	14,0	3,6	14,0
Maíz + canavalia	7,5	14,3	2,8	2,3	3,1	5,4

En este cuadro se puede observar que en la parcela testigo sin vegetación permanente se mantiene la pérdida de suelo por cada mm de lluvia, en cambio en la parcela de maíz en monocultivo y la parcela de maíz con canavalia, a medida que pasa el tiempo el suelo va teniendo mayor cobertura y se presenta menor

pérdida de suelo. La intensidad de lluvia tiene mucha influencia en el arrastre de suelo. La parcela de maíz en monocultivo, registró 4 veces menos la pérdida de suelo que la parcela testigo. Y en la asociación de maíz con Canavalia la pérdida de suelo es 10 veces menos que el testigo.

“La intensidad de la lluvia constituye un factor muy importante para las pérdidas del suelo, pero en suelo desnudo la pérdida aumenta considerablemente, por lo tanto la cobertura vegetal es fundamental para disminuir la erosión”.

En terrenos con pendientes, muchas veces la erosión hídrica y la escorrentía superficial del agua son aceptadas como fenómenos inevitables, asociadas a la agricultura. Sin embargo, la pérdida del suelo y la escorrentía no son fenómenos naturales inevitables, como se puede observar en éste estudio, la cobertura vegetal disminuye en gran medida la pérdida del suelo.

2.3. Medidas de obras físicas para el control de la erosión

Con la implementación de diversas medidas se puede controlar la escorrentía de agua de lluvia, pudiendo disminuir considerablemente la erosión, inclusive se puede lograr que la erosión hídrica del suelo se evite totalmente. Las medidas de obras físicas para el control de la erosión y el mejoramiento de las tierras agrícolas más utilizadas son: Construcción de curvas de nivel, barreras vivas, media luna, terrazas, barreras de piedra, control de cárcavas y las medidas para el manejo del agua de lluvia.

El mejoramiento de las tierras agrícolas con las medidas de obras físicas se puede implementar cubriendo extensas áreas; además, como no requiere tecnología muy complicada, se puede difundir ampliamente en varias localidades.

Aún siendo una misma medida, no existe ninguna norma perfecta aplicable universalmente, debido a que intervienen diversas condiciones que interactúan tales como condiciones topográficas, capacidad técnica, mano de obra y otros. No obstante, como referencia para conocer de un modo general las diversas medidas, se describen las principales características y forma de implementación.

2.3.1 Curvas de nivel

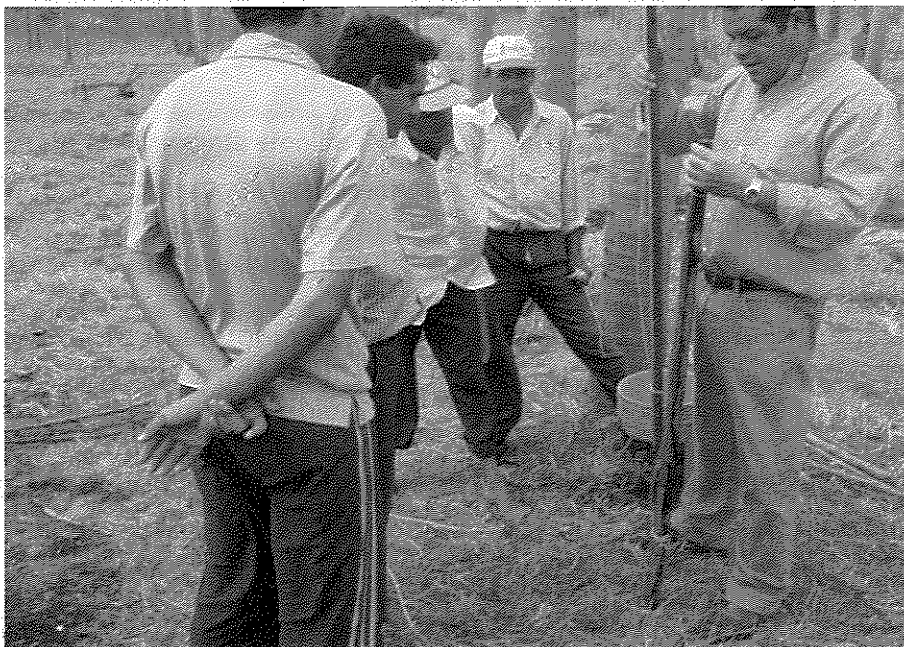
La medida física más efectiva y de fácil construcción son las curvas de nivel, que se realizan en los terrenos que presentan pendiente moderada y en superficie no muy pequeña. Es una de las medidas físicas más utilizada y efectiva que el productor debe realizar para disminuir la erosión hídrica del suelo. La marcación del terreno para construir las curvas de nivel se realizan utilizando el nivel Tipo A o el nivel de manguera con agua.

De acuerdo a la validación realizada, la forma más práctica y sencilla para realizar el trazado de las Curvas de Nivel es a través de la utilización del nivel de manguera, además ofrece la ventaja que se puede preparar el equipo a un costo bastante reducido y de fácil implementación para los productores.

Los materiales que se necesitan para construir un equipo de nivel de manguera son: a) Manguera fina transparente de 22,5 metros de largo (igual a los que usan los albañiles); b) Dos listones (o reglas) de madera de 2 x 1 pulgadas por 1,20 m de largo; c) Hilo o alambre de atar; d) Un balde o recipiente con agua.

Los pasos para la construcción de Curvas de Nivel con nivel de manguera son los siguientes:

- 1) Marcación de los listones de madera: Se marca cada 5 cm, desde los 0,80 m hasta los 1,20 m.
- 2) Fijación de la manguera a las reglas: Se realiza atando cada extremo de la manguera con un hilo o alambre.
- 3) Calibrar la manguera: Llenar la manguera con agua limpia, evitando que se forme burbuja de aire, luego se llevan las dos reglas a una misma altura del suelo, buscando que el agua llegue al mismo nivel en ambos extremos de la manguera, estabilizándose en el punto 0 (cero) de ambas reglas.



Calibración de nivel de manguera, práctica con líderes conservacionistas.

- 4) Determinación de la pendiente y su orientación: Para iniciar el trabajo de marcación de las curvas de nivel, se debe primeramente determinar el porcentaje de pendiente del terreno así como su orientación: **a) El porcentaje**

de pendiente nos dirá la distancia entre cada curva o terraza. **b) La orientación de la pendiente** nos dirá el sentido que deberán tener las curvas para que estas cumplan su objetivo. En el siguiente cuadro se detalla la distancia recomendada entre las curvas de nivel según el porcentaje de pendiente:

Porcentaje de pendiente	Distancia entre las curvas de nivel
1 a 3 %	cada 20 a 22 metros
4 a 6 %	cada 15 a 17 metros
7 a 12 %	cada 10 a 12 metros

- 5) **Marcación de las Curvas:** Se debe comenzar en la parte y el punto más alto del terreno. Una de las reglas o listón queda fija en ese punto que denominamos punto A, el otro extremo se dirige hacia el siguiente punto B, buscando dar con el nivel previamente establecido (5 a 10 cm de diferencia entre el punto A y B,) y se realiza la marcación de los dos puntos con estacas. Se repite el procedimiento, trasladando la regla del punto A al punto B, y la regla del punto B a un nuevo punto C, realizando la marcación del punto C con una estaca, y así sucesivamente para los siguientes puntos.
- 6) **Corrección de los puntos marcados:** Terminada la marcación de todos los puntos para la primera curva de nivel, se realiza la corrección y la ubicación de las estacas, tratando de evitar la formación de una curva muy pronunciada y dejando los puntos marcados en una disposición adecuada, formando una curva suave.



Construcción de la curva de nivel utilizando arado de reja

- 7) **Construcción de la primera curva de nivel:** Se realiza utilizando el arado de reja tirado por bueyes, haciendo pasar el arado por los puntos marcados y corregidos

en el terreno. La tierra se debe voltear hacia adentro de la curva, repitiendo unas 4 veces cada lado para conseguir mayor resistencia. Posteriormente se le da la forma de una lomada o cordón, utilizando azada o pala.

- 8) Construcción de las demás curvas de nivel: Para la marcación de las siguientes curvas de nivel, se tiene en cuenta el porcentaje de pendiente, para la distancia correspondiente y se sigue la misma orientación de la primera. Para el efecto, se puede utilizar una cuerda con la medida establecida, donde una persona se ubica en el inicio de la primera curva ya marcada, la otra persona se ubica en el otro extremo de la cuerda hacia la parte baja de la pendiente, se procede a marcar las siguientes curvas, terminada la marcación, se construye la lomada utilizando el arado de reja.
- 9) Implantación de cordón vegetal en las Curvas de Nivel: Para reforzar la resistencia contra el agua de las curvas de nivel, se debe plantar sobre las mismas especies semi-perennes. Se sugiere que el productor cultive sobre las Curvas de Nivel especies forrajeras, que puede servirle para la alimentación de su ganado. Las especies recomendadas para el cordón vegetal son: Pasto Camerún, Pasto Elefante Enano, Caña de Azúcar, también se puede utilizar especies como Pacholí y Kumandá Yvyra-í, que pueden ser aprovechados por los productores.



Cordón vegetal de especies forrajeras sobre curvas de nivel.

“La construcción de las curvas de nivel es la medida de obra física más efectiva y de fácil realización para los pequeños productores, pudiendo cultivar especies forrajeras (pasto elefante, caña de azúcar etc.) sobre la curva, de esa forma se evita la erosión hídrica del suelo y se dispone de suficiente forraje para el ganado durante el invierno”.

2.3.2. Barrera viva

Los pequeños productores que normalmente disponen de terreno con poca superficie, se caracterizan por establecer diferentes cultivos en pequeñas parcelas. En estas condiciones, es difícil realizar el trazado y la construcción de las curvas de nivel, por lo tanto, bajo estas circunstancias es más práctico establecer la medida física conocida como la "barrera viva", que consiste en la construcción de cordones en línea recta, para controlar o reducir los efectos de la erosión.

La barrera viva es una medida muy sencilla, que con mucha facilidad se puede implementar en la finca de los pequeños productores. Los pasos para realizar la barrera viva son los siguientes:

- 1) **Determinación de la pendiente:** Se determina la orientación que tiene la pendiente de la parcela y de acuerdo al nivel de inclinación de la misma (porcentaje de desnivel), se establece la distancia que queda entre cada barrera.
- 2) **Marcación:** La marcación se realiza con estaca de madera, colocando generalmente en línea recta y en forma perpendicular a la pendiente.
- 3) **Construcción de la primera barrera:** Se construye la barrera levantando la tierra en forma de camellón en la línea donde se realizó la marcación.
- 4) **Construcción de las siguientes barreras:** Se procede de la misma forma que la construcción de la primera barrera, dejando espacios entre las mismas cada 20 a 30 metros, de acuerdo al porcentaje de la pendiente. Si la pendiente es más pronunciada, las barreras se construyen a menor distancia.
- 5) **Protección de la barrera:** Sobre las barras o camellones construidas, se cultivan especies permanente como caña de azúcar, pasto elefante enano, pasto camerún o pacholí.



Barrera viva construida con pacholí, en finca de un productor en Roque González

2.3.3. Media luna

La media luna es una medida física muy sencilla que se puede construir para disminuir los efectos erosivos después de una lluvia. Esta media se realiza cuando las curvas de nivel no llegan a controlar totalmente la erosión en la parcela con cultivo ya establecido.



Parcela recientemente cultivada con media luna para controlar la erosión

La media luna se construye levantando con azada la tierra formando varios semicírculos, se procura que la tierra quede compactada. Esta medida se puede realizar al inicio de cada ciclo de cultivo si se observa erosión laminar, por lo tanto es una medida complementaria a las curvas de nivel.

También se puede utilizar la media luna donde terminan las curvas de nivel o en la cabecera de la chacra para evitar la formación de surcos o cárcavas.



Media luna construida donde termina las curvas de nivel, Parcela Demostrativa, J-Green

2.3.4 Terrazas

La terraza es una estructura física que se construye sobre una pendiente con el objetivo de interceptar la escorrentía acortando la pendiente, tratando de esta manera reducir la velocidad a un nivel que no provoque la erosión y conducir las aguas hacia la boca de descarga. Las terrazas se construyen en las parcelas que presentan pendientes muy pronunciadas en forma de ladera, generalmente mayor del 8 % de desnivel.

Para construir una terraza, es necesario considerar diversas condiciones tales como la longitud y el ancho de la misma, la ubicación de la boca de descarga, la pendiente y el ancho del canal. La construcción de las terrazas requiere de equipos, profesionales con experiencias y mucha mano de obra. Los pasos para la construcción de las terrazas son los siguientes:

- 1) En primer lugar se debe realizar el trazado de nivel, en forma bastante precisa, comenzando a marcar el mismo nivel en la parte más alta del terreno.
- 2) Posteriormente se debe realizar el corte de la tierra formando un talud, esta labor se puede realizar en forma manual o mecanizada.

- 3) La tierra proveniente del corte o desmonte se nivela formando una parte plana o terraplenado, el ancho de este terraplenado depende de la pendiente.
- 4) Para las demás terrazas se sigue el mismo procedimiento, quedando de esta forma construidas las diferentes terrazas bien niveladas.
- 5) Antes de realizar la siembra en las terrazas, se debe mejorar las condiciones físicas y la fertilidad del suelo, removiendo el suelo e incorporando materia orgánica o fertilizantes.

La construcción de las terrazas es bastante costosa, por lo tanto esta medida se justifica solo en pequeñas áreas y cuando no se dispone de terreno en mejores condiciones para cultivar. Esta medida generalmente no se implementa a nivel de los pequeños productores, por que para la construcción se requiere de los conocimientos y equipos necesarios.

2.3.5 Barrera de piedra

La barrera de piedra consiste en juntar las piedras que se encuentran dispersas en la propiedad formando un muro, esta operación se puede realizar en forma manual o usando pala mecánica con hoja dentada e ir amontonando a lo largo de la curva de nivel. Además de ser un trabajo efectivo para eliminar las piedras de la parcela, sirve para acortar la longitud de la pendiente, con lo cual se consigue disipar la velocidad de flujo, la energía de la escorrentía y previene la erosión del suelo. El muro o barrera de piedra también aumenta la humedad del suelo estimulando la infiltración del agua de lluvia o de riego. Sin embargo, con el fin de lograr la retención y sedimentación de un determinado volumen de tierra y materia orgánica, es necesario cerrar los espacios combinando piedras de distintos tamaños e igualando la cresta del muro.

Los pasos para construir la barrera de piedra son: 1) Juntar las piedras; 2) Trazar la curva de nivel; 3) Excavar la zanja; 4) Colocar las piedras formando una barrera o muro. Esta medida se puede implementar solamente en los lugares donde existen suficientes piedras y para la construcción se requiere de bastante cantidad de mano de obra, siendo por tanto aplicable para casos especiales.



Barrera de piedra en la finca del Sr. Arrúa en Quyquyhó, Dpto. de Paraguari

2.3.6 Control de cárcavas

La erosión en cárcava es un estado avanzado de la erosión laminar y se origina cuando se escurre un caudal grande de agua superficial durante un largo período y a una gran velocidad. La erosión en cárcava se clasifica de las siguientes maneras: Las que tienen más de 5m de profundidad son consideradas cárcavas profundas, las que miden 1 a 5m son consideradas de mediana profundidad, se consideran suaves las que miden menos de 1m de profundidad.

Las obras físicas para el control de las cárcavas se construyen de diferentes maneras. Existen métodos con estructuras sencillas para el control de la erosión en cárcava que consiste en instalar una estructura colocando troncos, piedras y tierra, cerca del lugar donde se origina la cárcava, a los efectos de interceptar y hacer sedimentar la tierra que se va erosionando. Sobre la tierra acumulada se realiza la plantación de pasto pacholí o caña de azúcar.

Las cárcavas de mediana profundidad y especialmente las profundas, requieren de instalaciones y estructuras más seguras, como la construcción de muros de piedras, con los que se puede lograr la estabilización de las tierras acumuladas. Estas estructuras se deben construir en varias partes del trayecto de la cárcava, por lo tanto resultan bastante costosas y se deben realizar técnicamente, razón por la cual su implementación es bastante difícil para los pequeños productores.

Es necesario estudiar y verificar la zona de donde proviene el agua y estudiar en forma conjunta con todos los afectados las medidas a aplicar, inclusive recurrir a

las entidades pertinentes como el Ministerio de Obras Públicas, si las cárcavas representan un problema para la comunidad. Es importante estabilizar las tierras afectadas por la erosión en cárcava, mediante la protección de la cabecera donde se origina el problema posibilitando el desarrollo de las plantas al inicio de la pendiente y también una medida muy efectiva es la reforestación en las adyacencias.

2.4 Medidas para el manejo del agua

Las medidas para el manejo del agua son “medidas de conservación de agua” que cumplen funciones de prevenir la erosión del suelo aguas abajo, mediante el control de la escorrentía, pero a la vez cumplen la función de “medidas que tienen como objetivo el desarrollo rural” por abastecer de recurso hídrico en forma estable y así contribuir al desarrollo agrícola y rural.

Entre las técnicas para el aprovechamiento eficiente del agua, son consideradas importantes las medidas tales como la reforestación para fortalecer la capacidad de recarga de las fuentes de agua, la captación de las aguas de lluvia a través de toda la superficie de la parcela para compensar la desequilibrada distribución de lluvias, el cultivo con cobertura muerta o la labranza mínima que mejoran la capacidad de retención de la humedad del suelo.

2.4.1 Construcción de canales de drenaje

Los canales de drenaje instalados en la finca son obras físicas que sirven para controlar la escorrentía, tratando que la descarga del agua que corre en la superficie adquiera una velocidad que no provoque la erosión del suelo. El canal de drenaje se usa combinando con otras medidas de conservación por obra física como terraza-canal. Su construcción se planifica en base a la separación entre canales, caudal máximo de descarga de la tierra agrícola, longitud máxima del canal, etc.

De acuerdo a la función que cumplen, los canales de drenaje se pueden clasificar en:

- ▶ Canal colector: Conduce el agua descargada a los cauces naturales en la parte baja de la pendiente.
- ▶ Canal interceptor: Evita el ingreso de las aguas a las parcelas de cultivo y conduce hasta el canal colector.

Además de estos, se instalan zanjas de desviación o dispersión para hacer desviar la escorrentía. Estas medidas son ejecutadas tradicionalmente en algunos lugares, pero frecuentemente se observa que se abren nuevos canales en forma empírica, llegando a causar nuevos problemas de cárcavas.

Para evitar estos inconvenientes, es necesario comprender las funciones que cumplen los canales de drenaje, estudiar con fundamento técnico la ubicación de los mismos y distribuir sistemáticamente los canales colectores e interceptores, a fin de lograr la disipación de la escorrentía.

Los canales de drenaje cumplen varias funciones según el lugar donde son instalados tales como:

Efectos de retención de agua: Intercepta la escorrentía y almacena el agua momentáneamente. Mejora la retención de humedad del suelo y estimula el crecimiento de las plantas.

- ▶ Efecto de infiltración: Especialmente en los lugares de baja permeabilidad, en el interior de un canal instalado en forma casi horizontal también ocurre la infiltración, haciendo reducir el volumen y la velocidad de flujo de la escorrentía.
- ▶ Efecto de drenaje: Son instalados para interceptar y evacuar el agua superflua. Reduce el efecto erosivo de la escorrentía reduciendo su velocidad y caudal.

Los canales de drenaje pueden tener una sección en U que sirven para detener el agua superficial, se colocarán los taludes que serán protegidos cubriendo con vegetación. Con respecto a la sección del canal de drenaje, desde el punto de vista económico también, es conveniente que tenga una magnitud que permita evacuar el caudal correspondiente a las precipitaciones que normalmente ocurren. No obstante, en el caso de la excavación manual, frecuentemente la magnitud es determinada basándose en el tamaño de las herramientas como la pala, dando un ancho de 30cm en el fondo del canal, 50cm de profundidad y 60cm de ancho en la parte superior abierta.

Los canales de drenaje pueden ser construidos también en forma manual y son relativamente de bajo costo. Resulta muy efectivo cuando se instala el canal de drenaje en el lugar por donde ingresa la escorrentía a la parcela. Se requiere constante inspección y mantenimiento, especialmente en época de lluvias, eliminando los obstáculos para permitir el normal flujo del agua de descarga.

2.4.2 Mejoramiento de la infraestructura rural

Los lugares donde se origina la erosión del suelo son en su mayor parte zonas difíciles de realizar la agricultura en forma sostenible, especialmente donde son limitadas las alternativas técnicas aplicables aunque se pretenda realizar la conservación del suelo. Generalmente, cuanto más acentuada es la pobreza del campesino, mayor es la prioridad para asegurar los alimentos. Por eso, aunque los campesinos reconozcan la importancia que revisten las medidas de conservación del suelo, se muestran pasivos para implementar dichas medidas

debido a que las mismas no conducen en forma directa a mejorar la productividad agrícola.

Por esta razón, para implementar en forma efectiva y sostenible la conservación del suelo, no se deben ejecutar solamente las medidas en forma aisladas, sino es necesario ejecutar varias medidas, que tienen como objetivo la eliminación de los factores que están limitando la realización de las medidas de conservación, tanto a nivel de cada campesino como a nivel comunal o municipal; de esta forma, los campesinos encararán activamente las medidas de conservación, logrando la sostenibilidad a las acciones.

Entre los factores limitantes que obstaculizan el desarrollo rural se pueden mencionar el mal estado de los caminos rurales, tanto para llegar a las fincas, como también la dificultad para sacar los productos y llegar al mercado. Esta situación se plantea por la deficiente infraestructura vial en la mayoría de las comunidades.

Por lo tanto una de las medidas físicas para el desarrollo rural es el mejoramiento de los caminos, que son caminos que se usan para fines agrícolas. Entre estos, existen los caminos que actúan como vías troncales y los que se construyen dentro de la finca. Los primeros enlazan las comunidades o empalman con rutas departamentales o nacionales y son usados para la extracción de los productos agrícolas, constituyéndose en vías principales de áreas rurales.

Frecuentemente se observan casos en los cuales el agua de lluvia caída en las tierras agrícolas y sobre la calzada, fluye sobre el camino deteriorándolo; además en su curso ingresa en las parcelas de cultivos provocando la erosión del suelo. De esta manera, las erosiones del suelo hacen aumentar el costo de mantenimiento de los caminos. Por consiguiente, adoptar las medidas de control del suelo en las fincas es muy significativo para mantener los caminos rurales.

Es muy importante la elaboración de un plan que integre las medidas para el control de la erosión en las fincas agrícolas con el mantenimiento de los caminos rurales. Por lo tanto, es esencial aunar el esfuerzo de todos los beneficiarios de las adyacencias y realizar las acciones en forma conjunta.

CAPÍTULO 3

Prácticas agronómicas para la recuperación de suelo degradado

La zona del “Estudio de Validación para el Desarrollo Rural Participativo basado en la Conservación de suelo” del Proyecto J-Green, en el Departamento de Paraguari, presenta actualmente un grave problema para la producción agropecuaria, como consecuencia de la degradación del suelo, ocurrida a través del tiempo por la erosión hídrica y la pérdida de la fertilidad natural.

La degradación del suelo, se debe principalmente al manejo inadecuado de las parcelas destinadas a la producción agropecuaria. Esta situación se agrava con el transcurso del tiempo por la constante disminución de los rendimientos de los cultivos, tanto de renta como de autoconsumo y trae como consecuencia la pobreza generalizada de los campesinos, al obtener cada vez menos ingresos económicos y la disminución sustancial de los productos alimenticios para el consumo familiar, inclusive ya no pueden garantizar su seguridad alimentaria.

En el departamento de Paraguari el suelo presenta un textura arenosa en superficie, con un nivel crítico de materia orgánica, naturalmente pobre en nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, como así también en micronutrientes, y la acidez del suelo presenta un pH de 5,6 (ligeramente ácida).

Por las razones mencionadas precedentemente, los productores suelen manifestar que el suelo que cultivan esta prácticamente agotado, constituyéndose en serio problema para encarar las actividades productivas con márgenes razonables de rentabilidad, por lo que generalmente en busca de mejores oportunidades emigran a las ciudades, generando el éxodo del campo a la ciudad especialmente de la población más joven.

3.1. Situación actual de la degradación del suelo en zona de estudio:

Los principales factores de la degradación del suelo en el Departamento de Paraguari, zona de implementación del Estudio de Validación del Proyecto J-Green, están relacionados principalmente con la erosión ocasionada por las lluvias y la pérdida de la fertilidad, que están en relación directa a los años de uso de las parcelas y al manejo adoptado por los productores.

La principal causa de la degradación del suelo se debe al sistema tradicional de las prácticas agronómicas implementadas por los productores, siendo la de mayor incidencia la mala preparación del suelo (arada superficial), la falta de rotación de los cultivos predominando el monocultivo, el manejo inadecuado de los restos de los cultivos, el sobre-pastoreo invernal en parcela de cultivo y en algunos casos la quema de la misma, quedando sin cobertura vegetal.

Como consecuencia de la continua arada superficial (menos de 15 cm de profundidad), y el sobre-pastoreo invernal se tiene una elevada compactación del suelo formando el pié de arado, teniendo como consecuencia el limitado desarrollo del sistema radicular de los cultivos.

También las parcelas con muchos años de uso, presentan serios problemas de acidez del suelo, y las acciones para corregir la acidez son prácticamente nulas. El argumento principal de la no utilización de la cal agrícola es el elevado costo, además falta orientación técnica y la disponibilidad de este insumo en la zona.

La producción pecuaria como ganado bovino, equino y animales menores constituyen componentes importantes del sistema productivo campesino (para la seguridad alimentaria, animal de trabajo y de renta). Pero los productores normalmente no tienen previsto los requerimientos necesarios para la alimentación del ganado.

La falta de forraje para el ganado durante el periodo invernal es una situación generalizada entre los productores, por esta razón aprovechan hojas de coco y restos de los cultivos para pastorear a los animales, ocasionando serios problemas de compactación y erosión del suelo.



Sobre-pastoreo en periodo invernal, finca de un productor de San Roque González.

La mayoría de los pequeños agricultores no consideran a los recursos forestales como rubros de producción, inclusive es escasa la plantación de frutales o cultivos permanentes para aprovechar las áreas de mayor pendiente o parcelas abandonadas por degradación. Tampoco se toman las medidas para la regeneración natural de las especies nativas, a pesar de la escasez de árboles para madera o leña.

Existe poca diversificación de rubros en el área de implementación del proyecto, siendo el algodón el principal cultivo de renta y los cultivos de maíz, mandioca y poroto constituyen los rubros de autoconsumo. Los rendimientos de estos cultivos son muy bajos, inclusive inferior al rendimiento promedio nacional.

3.2. Recuperación de suelo degradado con prácticas agronómicas

Las prácticas agronómicas para la conservación y recuperación de suelo degradado deben ser encaradas con un enfoque global, complementando las prácticas para la recuperación de la fertilidad del suelo, con las medidas físicas para prevenir la erosión.

Se debe establecer un manejo integral de la finca, implementado un sistema con prácticas agronómicas, para mejorar la productividad del suelo, a través de un adecuado manejo del proceso productivo, estableciendo medidas sencillas y prácticas, adecuadas a las condiciones y posibilidades de los pequeños productores

Por lo tanto, se deben plantear diversas prácticas agronómicas con miras a la recuperación del suelo degradado a los efectos de ofrecer a los productores opciones, para que ellos puedan seleccionar aquellas prácticas que mejor se ajusten a su realidad y a su capacidad técnica y económica.

Con este propósito, como parte de su estrategia de intervención, el Proyecto J-Green realiza la Validación de Tecnología, verificando todas las experiencias disponibles sobre las medidas de conservación y recuperación de los suelos degradados, a través de la implementación de una Parcela Demostrativa Experimental (PDE) y 17 parcelas de Investigación Participativa (IP's) establecidas en las fincas de los productores Líderes Conservacionistas.

Las prácticas agronómicas validadas para lograr la recuperación de los suelos degradados comprenden la evaluación de los abonos verdes tanto de verano como de invierno, la fertilización química y orgánica de los principales cultivos.

Con relación a la diversificación de la producción agropecuaria se realizaron las evaluaciones de variedades de principales cultivos de renta y de consumo, de especies forrajeras y la producción orgánica de hortalizas.

3.3. Evaluación de Abonos Verdes de Verano

3.3.1. Colección de Especies de Abonos Verdes de Verano

En nuestro país se cuenta con numerosas especies de abonos verdes de verano, que se cultivan con el fin de lograr la cobertura del suelo, reducir la erosión, mejorar las características físicas químicas y biológicas del suelo, disminuir la infestación de malezas y plagas. Por lo tanto es de suma importancia evaluar el comportamiento y las bondades de las diferentes especies y variedades de abonos verdes, para que puedan ser utilizados de manera efectiva por los pequeños productores en el proceso de la recuperación de los suelos extremadamente degradados.

Este estudio se realizó con los siguientes objetivos: (1) Introducir y evaluar las diferentes especies de abonos verdes de verano en la zona del estudio; (2) Determinar los abonos verdes de verano que ofrecen mayor cantidad de masa verde y cobertura al suelo; (3) Determinar las especies mejor adaptadas al sistema de producción y condiciones del pequeño productor.

Se evaluaron 13 especies y variedades de abonos verdes de verano, utilizando materiales de origen confiable, semillas del Campo Experimental de Choré de la DIA. Los aspectos evaluados fueron: (1) Grado de cobertura del suelo; (2) Características agronómicas, facilidad de manejo y obtención de semilla.

Los Resultados de la evaluación de la colección de abonos verdes de verano, se basan principalmente en el nivel de cobertura durante las diferentes fases del desarrollo vegetativo de cada una de las especies y/o variedades introducidas. Los resultados de esta evaluación en porcentaje de cobertura, se presentan en el siguiente cuadro:

Especie/Variedad	Porcentaje de Cobertura del Suelo (%)				
	45 días	60 días	90 días	120 días	150 días
1. Dolicho Blanco	80	90	100	100	100
2. Dolicho Negro	70	90	100	100	100
3. Dolicho Rojo	60	90	100	100	100
4. Canavalia	90	100	100	100	90
5. Crotalaria	80	90	90	80	70
6. Poroto Mungo	70	80	80	70	50
7. Poroto Común	70	90	100	80	60
8. Mucuna Rayada	80	90	100	100	100
9. Mucuna Ceniza	80	100	100	100	100
10. Sorgo Teocinto	50	60	60	70	70
11. Sorgo Forrajero	50	60	70	80	70
12. Kumandá yvyrai enano.	20	40	70	80	90
13. Kumandá yvyrai Nuclear 3	20	30	60	80	100



de abono verde de verano, Parcela Demostrativa Experimental de J-Green.

Las características agronómicas, facilidad de manejo y obtención de semilla de cada especie se presentan a continuación:

- 1) Las tres variedades de Dolicho presentaron excelente desarrollo vegetativo y cobertura. Es perenne y se debe cortar para incorporar, produce vaina pequeña que se puede trillar con facilidad.
- 2) La Canavalia presenta en poco tiempo muy buena cobertura, fácil de incorporar, la semilla se puede obtener con facilidad.
- 3) La Crotalaria presenta buen desarrollo en altura, pero menos en cobertura, se debe cortar para incorporar al suelo, produce abundantes vainas y semillas de tamaño muy pequeñas que dificulta la recolección manual.
- 4) El Poroto Mungo y Poroto Común, presentaron ciclo corto y cobertura por poco tiempo, con buena producción de vaina y semilla.
- 5) La Mucuna Rayada y la Mucuna Ceniza presentaron excelentes coberturas. Requieren de corte con machete o discos para incorporar. Produce buena cantidad de semilla pero el trillado es más dificultoso.

- 6) Los sorgos Teocinto y Sorgo Forrajero producen menos cantidad de cobertura y la obtención de semilla es más dificultosas.
- 7) Las dos variedades de Kumandá yvyra'i presentaron un desarrollo inicial más lento, pero después de tres meses presentaron excelente cobertura. Se observó poca diferencia en desarrollo vegetativo entre la variedad enana y la común. Producen abundantes semillas que facilitan la multiplicación.

3.3.2. Evaluación de las principales variedades de Abonos Verdes de Verano.

Es de suma importancia evaluar el comportamiento de las principales especies y/o variedades de abonos verdes más utilizadas en nuestro país durante el verano, a los efectos de ver la facilidad de adaptación por el pequeño productor para el manejo y la conservación del suelo.

Los objetivos de la evaluación son:

- (1) Determinar la cantidad de masa seca que producen los principales abonos verdes de verano;
- (2) Verificar la cobertura vegetal del suelo a los 30 y 50 días de la siembra, de los diferentes abonos verdes;
- (3) Conocer la adaptación, ciclo de cultivo y producción de semillas de seis especies y/o variedades de abonos verdes de verano en la zona.

Delineamiento Experimental utilizado: (1) Diseño Bloques al Azar; (2) Con 6 (seis) tratamientos y tres repeticiones; (3) La unidad parcelaria con 6 hileras de 4 metros de largo.

Los abonos verdes evaluados en la parcela de colección de la PDE fueron:

- 1) Mucuna ceniza (*Mucuna pruriens cinereum*)
- 2) Mucuna rayada (*Mucuna pruriens sp*)
- 3) Mucuna enana (*Mucuna pruriens deeringianum*)
- 4) Kumandá yvyra'i (*Cajanus Cajan*)
- 5) Canavalia (*Canavalia ensiformis*)
- 6) Crotalaria juncea (*Crotalaria juncea*)

En este estudio se evaluaron las siguientes variables:

- (1) Cobertura inicial del abono verde (a los 30 y 50 días de la siembra);
- (2) Cantidad de masa seca al final del ciclo de cada especie;
- (3) Producción de semilla de las especies que maduraron y determinación del ciclo desde la emergencia a la cosecha.

Los Resultados de la cobertura del suelo a los 30 y 50 días de la siembra se presentan en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Porcentaje de Cobertura	
	30 días	60 días
1. Mucuna Ceniza	15 %	60 %
2. Mucuna Rayada	15 %	60 %
3. Mucuna Enana	15 %	40 %
4. Kumandá Yvyra'í	10 %	40 %
5. Canavalia	25 %	60 %
6. Crotalaria	20 %	50 %

La cobertura del suelo está directamente relacionada al ciclo de cada especie evaluada, los de ciclo más corto presentan cobertura más rápida.

La cantidad de masa seca en kilogramo por hectárea se presenta en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Masa seca kg/ha
1. Mucuna Ceniza	5.896
2. Mucuna Rayada	5.728
3. Mucuna Enana	6.227
4. Kumandá Yvyra'í	37.144
5. Canavalia	7.580
6. Crotalaria	32.496

El Kumandá Yvyra'í es la especie con mayor cantidad de masa seca por ha.

La producción de semillas y el ciclo desde la siembra a la cosecha, de las tres especies que llegaron a completar el ciclo en el momento de realizar la evaluación se presenta a continuación:

Tratamientos	Cantidad de semilla	Ciclo en días
	kg/ha	Siembra a cosecha
1. Mucuna Enana	1.030	170 días
2. Canavalia	1.360	110 días
3. Crotalaria	840	145 días



Evaluación de abono verde de verano, Parcela Demostrativa Experimental de J-Green.

Con los resultados de este estudio se pudo verificar el comportamiento y las ventajas que ofrecen los principales abonos verdes de verano.

- (1) *La Canavalia es la que ofrece mejor y más rápida cobertura al suelo.*
- (2) *El Kumandá Yvyra'i y la Crotalaria son las especies que proporcionan mayor cantidad de masa seca por hectárea.*
- (3) *El abono verde que produce buena cantidad de semilla y que el productor puede cosechar con facilidad es la Canavalia.*

3.3.3. Asociación de Maíz con Abonos Verdes de Verano

La mejor manera de utilizar abonos verdes de verano, es combinando con los cultivos tradicionales que realiza el productor, como el maíz y la mandioca, colocando en la melga los abonos verdes, de esta forma se puede lograr la cobertura del suelo que permite reducir la erosión y disminuir la infestación de malezas y plagas.

Por lo tanto es de suma importancia evaluar la asociación de las principales especies y/o variedades de abonos verdes de verano con el cultivo de maíz, para verificar la mejor combinación que puede adoptar el pequeño productor, dentro de sus prácticas de manejo y conservación de suelo.

Los objetivos de este estudio fueron: (1) Evaluar el rendimiento del cultivo de maíz asociado con diferentes abonos verdes de verano; (2) Determinar la cantidad de masa seca que aportan los diferentes abonos verdes de verano y (3) Observar el nivel de cobertura, cantidad de biomasa y control de malezas de los diferentes abonos verdes.

El Delineamiento Experimental utilizado es el diseño Bloques al Azar con 6 (seis) tratamientos y tres repeticiones, la unidad parcelaria con 6 hileras de 4 metros de largo.

Los tratamientos son las siguientes:

1. Maíz con Mucuna ceniza
2. Maíz con Kumandá Yvyra-i
3. Maíz con Canavalia
4. Maíz con Crotalaria juncea
5. Maíz con Mucuna enana
6. Maíz solo (testigo)

Para el presente estudio se utilizó Maíz de la variedad Guaraní 312 (Karapé pytá) y semillas de abonos verdes de verano introducidas del Campo Experimental de Choré. Los cuidados culturales se realizaron en forma manual conforme a las necesidades. La cosecha y las evaluaciones se realizaron en la época oportuna.

Las variables evaluadas fueron: (1) Rendimiento del cultivo de maíz asociado con diferentes abonos verdes; (2) Cantidad de masa seca que aporta cada uno de los abonos verdes y (3) La cobertura y control de malezas de los diferentes abonos verdes de verano asociado con el cultivo de maíz

Los resultados con relación al rendimiento del cultivo de Maíz se presentan en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Rendimiento de Maíz Kg/ha.
1. Maíz + Mucuna Ceniza	2.451
2. Maíz + Kumandá Yvyra-í	2.979
3. Maíz + Canavalia	2.374
4. Maíz + Crotalaria	2.326
5. Maíz + Mucuna Enana	2.552
6. Maíz solo (testigo)	2.588

Conforme a este resultado, el mayor rendimiento por hectárea del cultivo de maíz se obtiene realizando la asociación de maíz con kumandá Yvyra-i, seguido por el testigo.

Los resultados de la cantidad de masa seca de cada especie de abonos verdes de verano que se ha asociado con el cultivo de maíz se presentan en el siguiente cuadro:

Tratamientos	a seca kg/ha
1. Mucuna Ceniza	4.288
2. Kumandá Yvyra'i	6.157
3. Canavalia	7.382
4. Crotalaria	6.217
5. Mucuna enana	3.825

La Canavalia es la especie que presenta mayor cantidad de masa seca por hectárea. Las especies que ofrecen mayor cobertura al suelo y control de malezas son la canavalia y el kumanda yvyra-i.



Foto: Asociación de abono verde con Maíz, Parcela Demostrativa Experimental de J-Green.

El resultado de este estudio permite verificar la combinación más apropiada que se puede realizar con el cultivo de maíz con los abonos verdes de verano.

- (1) *El Kumandá Yvyra'i es la mejor especie que se puede combinar con el Maíz y obtener el mayor rendimiento de este cultivo;*
- (2) *La especie que produce mayor cantidad de masa seca es la Canavalia, seguido por crotalaria, Kumandá Yvyra-i y la Mucuna Ceniza;*
- (3) *La Canavalia presenta muy buena y más rápida cobertura al suelo, sin embargo una cobertura más prolongada se puede lograr con el Kumandá yvyra-i.*

3.3.4. Asociación de Mandioca con Abonos Verdes

La utilización de abonos verdes permite, en gran medida, la conservación y recuperación de los suelos degradados. La mejor manera de utilizar abonos verdes de verano, es combinando con los cultivos tradicionales como la mandioca, colocando en la melga los abonos verdes, de esa forma lograr la cobertura del suelo para reducir la erosión y disminuir la infestación de malezas y plagas. Por lo tanto es de suma importancia evaluar la asociación de abonos verdes de verano con el cultivo de la mandioca, para verificar la mejor combinación que puede adoptar el pequeño productor, dentro de sus prácticas de manejo y conservación de suelo.

Los objetivos de este estudio son:

- (1) Evaluar el rendimiento del cultivo de la mandioca asociado con diferentes abonos verdes de verano;
- (2) Determinar la cantidad de masa seca que aportan los diferentes abonos verdes de verano.
- (3) Observar el nivel de cobertura, cantidad y control de malezas de los diferentes abonos verdes.

El delineamiento experimental utilizado es el diseño bloques al azar con 6 tratamientos y tres repeticiones y la unidad parcelaria consta de 6 hileras con 4 metros de largo.

Los Tratamientos son las siguientes:

- 1) Mandioca con Canavalia
- 2) Mandioca con Mucuna enana
- 3) Mandioca con kumandà-i (Poroto San Francisco)
- 4) Mandioca con Poroto Mungo
- 5) Mandioca con Dolicho
- 6) Mandioca sola (testigo)

Para el presente estudio se utilizó Mandioca de la variedad Cano y semillas de abonos verdes de verano de la FCA/UNA. Los cuidados culturales se realizaron en forma manual conforme a las necesidades. La cosecha y las evaluaciones se realizaron en la época oportuna.

Las variables evaluadas en este estudio fueron las siguientes:

- (1) Rendimiento del cultivo de la mandioca asociado con diferentes abonos verdes de verano;
- (2) Grado de compatibilidad del cultivo de la mandioca con los diferentes abonos verdes de verano y
- (3) Cobertura y control de malezas de los diferentes abonos verdes de verano asociado con el cultivo de la mandioca.

El resultado del rendimiento del cultivo de mandioca combinada con los diferentes abonos verdes, se presenta en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Rendimiento de Mandioca Kg/ha.
1. Mandioca + Canavalia	7.250
2. Mandioca + Mucuna enana	7.000
3. Mandioca + Kumanda-i	8.000
4. Mandioca + Poroto Mungo	7.375
5. Mandioca + Dolicho	9.375
6. Mandioca sola (testigo)	9.000

El mayor rendimiento de la mandioca se obtiene combinando con Dolicho. Este estudio fue afectado seriamente por la sequía y el ataque de mosca blanca.



Asociación de canavalia con mandioca, Parcela Demostrativa Experimental de J-Green.

- **La combinación del cultivo de la mandioca con algunos abonos verdes de verano, como la canavalia y mucuna enana presenta resultados muy favorables.**
- **El abono verde que ofrece mayor cobertura al suelo y control de malezas es la canavalia.**
- **Para evitar que se produzca competencia al cultivo de la mandioca, la inclusión del abono verde se debe realizar entre los 45 a 60 días de la siembra.**

3.3.5. Asociación de Tártago (*ricinus communis*) con abono verde de verano

El tártago es un rubro importante, ya que sirve como materia prima en la industrialización y obtención de aceite que sirve como lubricante muy fino, debido a su alta viscosidad aún a altas temperaturas. El tártago es un cultivo de renta para los productores y ayuda a la economía familiar al obtener ingresos adicionales durante casi todo el año, dando ocupación a la mano de obra familiar y permite el mejor aprovechamiento de la finca. Este rubro, ofrece algunas ventajas por que no es muy exigente con relación a la fertilidad del suelo, es fácil su cosecha, la trilla y el almacenamiento.

Los objetivos de este estudio son: (1) Conocer los abonos verdes que mejor se pueden asociar con el cultivo de tártago; (2) Evaluar el rendimiento del cultivo de Tártago asociado con diferentes abonos verdes; (3) Medir la masa foliar del abono verde.

El delineamiento experimental utilizado fue el diseño bloques al azar con 7 tratamientos y tres repeticiones y la unidad parcelaria consta de 5 hileras con 4 metros de largo. Se utilizó como material propagativo la variedad de Tártago IAC-226, con una distancia entre hileras 2,0 metros y 1,0 metros entre plantas. Las variables evaluadas fueron el rendimiento del cultivo de tártago y masa seca de los abonos verdes.

La asociación del cultivo del tártago con los diferentes abonos verdes fue de la siguiente manera:

- 1) Tártago con Mucuna Enana
- 2) Tártago con Crotalaria
- 3) Tártago con Dolicho
- 4) Tártago con Poroto Mungo
- 5) Tártago con Canavalia
- 6) Tártago con Mucuna Ceniza.
- 7) Tártago con Kumandá Yvyra-í.

Los resultados del rendimiento del cultivo de Tártago realizado en dos cosechas fueron los siguientes:

Tratamientos	Rendimiento Kg/ha
1. Tártago con Mucuna enana	1.090
2. Tártago con Crotalaria	1.167
3. Tártago con Dolicho	688
4. Tártago con Poroto mungo	923
5. Tártago con Canavalia	876
6. Tártago con Mucuna ceniza	1.151
7. Tártago con Kumandá yvyra-í	1.061

La cantidad de masa seca de los abonos verdes por tratamiento, expresados en toneladas por hectárea, se presenta en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Cantidad de masa seca tn/ha.
1. Mucuna enana	19,5
2. Crotalaria	16,5
3. Dolicho	12,6
4. Poroto mungo	12,0
5. Canavalia	19,6
6. Mucuna ceniza	10,0
7. Kumandá yvyra-í	15,6



Foto: Asociación de abono verde de verano con Tártago, en la PDE de J-Green.

- Los mejores rendimientos de tártago corresponden a las parcelas asociadas con crotalaria, mucuna ceniza, mucuna enana y el Kumandá yvyra'í
- La masa seca de los abonos verdes canavalia y mucuna enana son mejores en toneladas por hectáreas comparados con los demás abonos verdes.
- Los abonos verdes mejoran la producción de un cultivo dentro del lapso de tiempo del mismo año de implantación debido a la buena cobertura que ofrecen al suelo y la provisión de nutrientes como el nitrógeno.

3.4. Evaluación de Abonos Verdes de Invierno

3.4.1. Evaluación de seis variedades de abonos verdes de Invierno

En nuestro país se cuenta con numerosas especies de abonos verdes de invierno, que se cultivan para lograr la cobertura del suelo, reducir la erosión, mejorar las características físicas químicas y biológicas del suelo y disminuir la infestación de malezas y plagas. Por lo tanto es de suma importancia evaluar el comportamiento de las especies y/o variedades de abonos verdes más utilizado en nuestro país.

Los objetivos de este estudio son: (1) Determinar la cantidad de masa seca de seis abonos verde de invierno; (2) Evaluar la cobertura vegetal al suelo de los diferentes abonos verdes al final del ciclo; (3) Evaluar la adaptación, ciclo de cultivo de las principales especies y/o variedades de abonos verdes de invierno. El delineamiento experimental utilizado fue diseño Bloques al Azar con 6 tratamientos y 3 repeticiones

Los abonos verdes de invierno evaluados son los siguientes:

- 1) Lupino Blanco (*Lupinus albus*)
- 2) Avena Negra (*Avena strigosa*)
- 3) Azevén (*Lolium multiflorum*)
- 4) Nabo forrajero (*Raphanus sativus*)
- 5) Cártamo (*Carthamus tinctorus*)
- 6) Arveja Forrajera (*Pisum sativum*)

La evaluación de la masa seca se hizo por muestreo de un metro cuadrado por parcela y para el control de malezas se evaluó la superficie de 0,5 metro cuadrado de cada unidad experimental. Fueron evaluadas: cantidad de materia seca de cada especie de abonos verdes; el nivel de cobertura del suelo en el momento del grano lechoso y control de malezas, cuantificando la cantidad de malezas por hectárea.

Los Resultados del promedio de masa seca por ha, la cobertura en porcentaje y la cantidad de malezas por ha se presentan en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Masa seca Cobertura		Cant. de Malezas por ha.
	kgr/ha	en %	
1. Avena Negra	2.331	79,8	133.333
2. Azevén	1.323	78,6	146.266
3. Lupino Blanco	2.423	45,2	360.000
4. Nabo Forrajero	4.282	100,0	193.334
5. Cártamo	239	12,0	600.000
6. Arveja Forrajera	885	40,2	633.334

El nabo forrajero produce la mayor cantidad de masa seca y la mejor cobertura del suelo y la avena negra es la que mejor controla las malezas.



Evaluación de abono verde de invierno, Parcela D. Experimental de J-Green.

Los abonos verdes de invierno pueden ser utilizados por los pequeños productores en su finca, como una práctica efectiva para el manejo y la recuperación de los suelos degradados.

- **El Nabo Forrajero es el abono verde que proporciona mayor cantidad de masa seca y cobertura al suelo.**
- **El Lupino también proporciona buena cantidad de masa seca pero presenta poca cobertura al suelo.**
- **La Avena Negra es la que presenta mejor cobertura, suficiente masa seca y excelente control de las malezas.**

3.4.2 Consorciación de abonos verdes de Invierno

La consorciación o combinación de abonos verdes durante el invierno, cuando quedan las parcelas en barbecho, es de suma importancia para contar con abundante biomasa, además de suprimir la presencia de malezas y controlar la erosión. Con la consorciación de los abonos verdes también se logra mejorar los agregados, estructuración del suelo y consecuentemente la infiltración del mismo con efecto muy positivo para la recuperación del suelo degradado.

Los objetivos de consorciación de los abonos verdes son: (1) Evaluar la producción de masa seca de las diferentes consorciaciones de abonos verdes de invierno para determinar la mejor combinación; (2) Determinar la combinación de abonos verdes de invierno que presente mejor respuesta a la tasa de infiltración.

El delineamiento experimental para este estudio: (1) Diseño bloques al azar; (2) Con 6 tratamientos y tres repeticiones; (3) Parcelas de 4 m. de ancho por 5 m. de largo.

Los tratamientos son las siguientes:

- 1) Avena Negra más Lupino Blanco
- 2) Avena Negra más Nabo Forrajero
- 3) Azevén más Lupino Blanco
- 4) Azevén más Nabo forrajero
- 5) Avena Negra más Lupino Blanco más Nabo Forrajero
- 6) Azevén más Lupino Blanco más Nabo Forrajero.

La evaluación de la masa seca se hizo por muestreo de cada parcela y para medir la tasa de infiltración se realizó con equipo e instrumento de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción.

Fueron evaluados: (1) Cantidad de materia seca de las diferentes combinaciones; (2) Tasa de infiltración de agua con la consorciación de diferentes abonos verdes de invierno.

El resultado de la producción de materia seca por ha. en las diferentes combinaciones de abonos verdes de invierno se presenta el siguiente cuadro:

Tratamientos	Materia seca Kg/ha.
1. Avena Negra + Lupino Blanco	4.242
2. Avena Negra + Nabo Forrajero	3.900
3. Azeven + Lupino Blanco	4.379
4. Azeven + Nabo Forrajero	4.397
5. Avena Negra + Lupino Blanco + Nabo Forrajero	4.283
6. Azeven+ Lupino Blanco + Nabo Forrajero	4.496

Los resultados de la tasa de infiltración de agua en el suelo con la consorciación de abonos verdes de invierno están en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Tasa de infiltración en mm/hora
1. Avena Negra + Lupino Blanco	27,5
2. Avena Negra + Nabo Forrajero	34,3
3. Azeven + Lupino Blanco	27,7
4. Azeven + Nabo Forrajero	25,0
5. Avena Negra + Lupino Blanco + Nabo Forrajero	29,6
6. Azeven+ Lupino Blanco + Nabo Forrajero	27,1

Conforme a los cuadros precedentes:

(1) La que produce mayor cantidad de materia seca es la combinación de Azevén con Lupino y Nabo Forrajero con 4.496 kg/ha;

(2) La tasa de infiltración de las consorciaciones de abonos verdes de invierno se encuentra entre 27 y 34 mm por hora, siendo la combinación de Avena Negra con Nabo Forrajero la que presenta mayor tasa de infiltración con 34,3 mm por hora.



Cosorciación de abonos verdes de invierno, Parcela D. Experimental de J-Green.

- *Las consorciaciones de abonos verdes de invierno producen muy buena cantidad de materia seca y excelente cobertura.*
- *La mezcla de avena negra y nabo forrajero es la que permite obtener mayor tasa de infiltración de agua en el suelo, logrando menor pérdida de agua de lluvia de escorrentía y disminuye la posibilidad de erosión.*

3.5. Fertilización Química y Orgánica de Algodón, Maíz y Mandioca

En la zona de implementación del Proyecto J-Green, los principales rubros de renta y autoconsumo de los pequeños productores constituyen los cultivos del Algodón, el Maíz y la Mandioca, que presentan rendimientos por hectárea sumamente bajo, debido al suelo muy degradado y niveles de fertilidad muy baja.

Por lo tanto es necesario obtener informaciones de las alternativas para mejorar la fertilidad del suelo para aumentar el rendimiento de los cultivos del algodón, el maíz y la mandioca, lo que se puede lograr através de la fertilización química y la utilización de los compuestos orgánicos disponibles en la zona, como el estiércol vacuno y la cascarilla de coco.

Los objetivos de realizar estudios en la fertilización son:

- (1) Evaluar el efecto de la fertilización química y orgánica sobre el rendimiento de los cultivos de Algodón, Maíz y Mandioca;
- (2) Analizar la factibilidad técnica y económica de adopción de esta práctica por el pequeño productor;
- (3) Verificar la recuperación química del suelo con el uso de los fertilizantes.

El delineamiento experimental utilizado para realizar estos estudios fueron, diseño bloques al azar; con seis tratamientos y tres repeticiones.

Los tratamientos para la fertilización fueron los siguientes:

- 1) Testigo (sin fertilización)
- 2) Fertilización química 60–60–50 kg/ha (Nitrógeno, Fósforo y Potasio)
- 3) Estiércol de bovino a razón de 30 tn/ha.
- 4) Cascarilla de a razón de coco 45 tn/ha.
- 5) 50 % de fertilizante químico más 50 % estiércol de bovino.
- 6) 50 % de fertilizante químico más 50 % cascarilla de coco.

Las variedades utilizadas fueron: Algodón la IAN-338, Maíz la Guaraní V-312 (Karapé pytá) y en Mandioca la Variedad Cano.

La aplicación del fertilizante se realizó en el momento de la siembra, y a los 45 días se aplicó la segunda dosis de urea. Los cuidados culturales de limpieza y sanitación se realizaron conforme a las necesidades. La cosecha se realizó en forma manual.

En este estudio se evaluaron el efecto de la fertilización química y orgánica de cada cultivo de algodón, maíz y la mandioca, con relación al rendimiento del cultivo; Factibilidad económica y la recuperación química del suelo.

3.5.1. Resultado de la fertilización en el cultivo de Algodón

El rendimiento del cultivo de algodón, se presenta en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Rendimiento kg/ha
1) Testigo (sin tratamiento)	1.569
2) Fertilización química 60-60-50 kg/ha	1.500
3) Estiércol bovino 30 tn/ha	1.843
4) Cascarilla de coco 45 tn/ha	2.078
5) 50% Fert. químico + 50 % Estiércol de bovino	1.734
6) 50% Fert. químico + 50 % Cascarilla de coco	1.953

Con este estudio, la fertilización realizada con la cascarilla de coco aplicando a razón de 45 tn/ha es la que presentó mayor rendimiento con una producción de 2.078 kg/ha.

La factibilidad económica del uso de los fertilizantes se deduce del análisis entre el costo y el ingreso. El resultado se presenta en el siguiente cuadro:

Tratamiento	Costo Fertiliz. Gs/ha	Rend. Cultivo kg/ha	Precio Algodón Gs/kg	Ingreso Bruto Gs/ha	Ingreso Neto Gs/ha
1. Testigo	0	1.569	1.700	2.667.749	2.667.749
2. Fert. Química	901.000	1.500	1.700	2.549.315	1.648.315
3. Est. Bovino	600.000	1.843	1.700	3.132.581	2.532.581
4. Casc. Coco	675.000	2.078	1.700	3.532.797	2.857.797
5. FQ + E.Bovino	750.500	1.734	1.700	2.948.532	2.198.032
6. FQ + C. Coco	788.000	1.953	1.700	3.320.714	2.532.714



Estudio de fertilización en algodón, Parcela D. Experimental Proyecto J-Green

- En la fertilización química y orgánica del cultivo del algodón, el mayor rendimiento agronómico se obtiene aplicando cascarilla de coco;
- Con el análisis de factibilidad económica utilizando los fertilizantes, el mayor margen de ganancia se tiene con el uso de cascarilla de coco y;
- En suelo muy degradado, la recuperación más efectiva de la fertilidad se logra utilizando abonos orgánicos, como la cascarilla de coco y estiércol de bovino.

3.5.2. Resultado de la fertilización en el cultivo de Maíz

El rendimiento del cultivo de Maíz se presenta en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Rendimiento kg/ha
1) Testigo (sin tratamiento)	2.323
2) Fertilización química 60-60-40 kg/ha	2.605
3) Estiércol bovino 30 tn/ha	2.634
4) Cascarilla de coco 45 tn/ha	3.092
5) 50% Fert. químico + 50 % Estiércol de bovino	2.995
6) 50% Fert. químico + 50 % Cascarilla de coco	2.940

La factibilidad económica del uso de los fertilizantes en maíz, se deduce del análisis entre el costo y el ingreso por tratamiento:

Tratamiento	Costo del Fertilizante Gs/ha	Rend. cultivo kg/ha	Precio Maíz Gs/kg	Ingreso Bruto Gs/ha	Ingreso Neto Gs/ha
1) Testigo	0	2.323	850	1.974.550	1.974.550
F. Química	901.000	2.605	850	2.214.250	1.354.050
2) Est. Bovino	600.000	2.634	850	2.238.900	1.638.900
3) Casc. Coco	675.000	3.092	850	2.658.200	1.953.200
4) FQ + E. Bovino	730.100	2.995	850	2.545.750	1.815.650
5) FQ + C. Coco	767.600	2.940	850	2.499.000	1.731.400

La recuperación química del suelo, el mayor contenido de materia orgánica y macroelementos se logra con la aplicación de estiércol bovino, de acuerdo al análisis.



Estudio de fertilización en Maíz, Parcela Demostrativa Experimental de J-Green.

Con la fertilización química y orgánica del cultivo de maíz se puede deducir:

- El mayor rendimiento agronómico se obtuvo aplicando 45 toneladas por hectárea de cascarilla de coco.
- En el análisis de factibilidad económica, el uso de fertilizantes tanto químico como orgánico no presentaron mayor margen de ganancia.
- En suelos muy degradados, la recuperación más efectiva de la fertilidad se logra utilizando abonos orgánicos, como la cascarilla de coco y estiércol de bovino, que además mejora la estructura del suelo.

3.5.3. Resultado de la fertilización en el cultivo de la Mandioca

El rendimiento promedio por hectárea del cultivo de la mandioca de los diferentes tratamientos y el porcentaje de incremento con relación al testigo, se presenta en el siguiente cuadro:

Tratamientos	Rend. kg/ha	Incremento %
1. Testigo (sin tratamiento)	4.444	0
2. Fertilización química 60-40-30 kg/ha	6.268	41
3. Estiércol bovino 30 tn/ha	6.269	41
4. Cascarilla de coco 45 tn/ha	7.460	67
5. 50% Fert. químico + 50 % Estiércol de bovino	8.968	101
6. 50% Fert. químico + 50 % Cascarilla de coco	9.444	112

La factibilidad económica del uso de los fertilizantes se deduce del análisis entre el costo y el ingreso por tratamiento, conforme al siguiente cuadro:

Tratamiento	Costo del Fertilizante Gs/ha	Rendimiento del cultivo kg/ha	Precio Mandioca Gs/kg	Ingreso Bruto Gs/ha	Ingreso Neto Gs/ha
1. Testigo	0	4.444	377	1.675.639	1.675.639
2. F. Q. 50-40-30	644.720	6.268	377	2.363.287	1.718.567
3. Est. Bobino	600.000	6.269	377	2.363.664	1.763.664
4. Casc. Coco	675.000	7.460	377	2.812.546	2.137.546
5. FQ + E.bovino	622.360	8.968	377	3.381.062	2.758.702
6. FQ + C. Coco	659.944	9.444	377	3.560.514	2.900.654

La recuperación química del suelo, determinada a través de análisis de suelo, se verificó que el mayor contenido de materia orgánica y macro-elementos se logra aplicando estiércol y cascarilla de coco, seguidos de los tratamientos donde se mezclaron fertilizantes químicos con orgánicos.