

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSGRADUADOS

ORFON - IICA - CATIE

DIC 2000

Turrialba, Costa Rica

TEL: (506) 222-1000

**VALORACIÓN DE LA ACEQUIA DE LADERA COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA
PARA EL USO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS EN EL SALVADOR**

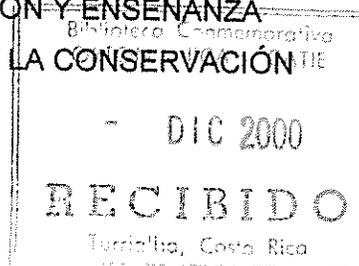
POR

OTHO LUDWING ARGUETA RECINOS

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2000

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS



VALORACIÓN DE LA ACEQUIA DE LADERA COMO ALTERNATIVA
TECNOLÓGICA PARA EL USO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS EN EL
SALVADOR

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgraduados, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar al grado de:

Magíster Scientiae

por

Otho Ludwing Argueta Recinos

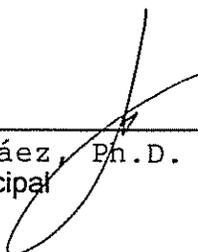
Turrialba, Costa Rica

2000

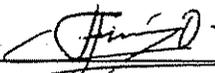
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgraduados del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



Gilberto Páez, Ph.D.
Consejero Principal



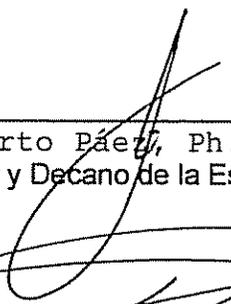
Francisco Jiménez, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



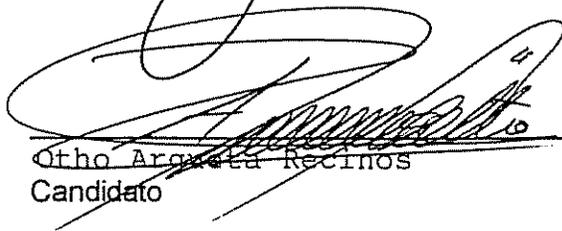
Jorge Faustino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Manuel Gómez, MSc.
Miembro Comité Consejero



Gilberto Páez, Ph.D.
Director y Decano de la Escuela de Posgraduados



Otho Argueta Recinos
Candidato

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por brindarme la capacidad necesaria para culminar mis estudios con éxito.

A mis padres por brindarme el don de la vida y por tan sabios consejos.

A mi hija Ana Erika por ser la luz que me guía y la fuente de inspiración para alcanzar las metas propuestas.

A mi esposa por brindarme su amor, apoyo y comprensión; Reina Linda siempre estarás en mi corazón, en mi mente y en mi alma. Te amo y aunque pasen mil lunas te seguiré amando.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Gilberto Páez, profesor consejero, por su valiosa colaboración e interés en conducir la investigación.

A los Doctores Francisco Jiménez y Jorge Faustino y al Magíster Scientiae Manuel Gómez, miembros del comité asesor por tan acertadas y oportunas sugerencias.

Al Banco Mundial por el financiamiento brindado.

Al CENTA por el apoyo necesario para la realización de mis estudios.

A la bella gente de la promoción 1999-2000, especialmente a María Eugenia, Mirel, Claudia, Henry, Amilcar, Ramón, Catalina, *et al*, por brindar una amistad sincera y compartir excelentes, buenos y no tan buenos momentos, soportando juntos los desvelos previos a los exámenes y por estar siempre en el lugar preciso y momento indicado.

Al personal administrativo de la escuela de posgraduados, especialmente a Rosemary, Martita, Jeannette, Lucy, Emilio, Molina, Alfonso y Gerardo por hacer nuestra estancia más agradable.

Al personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton por el apoyo desinteresado y hacer de la búsqueda de literatura una faena mucho más sencilla.

Al personal del Club Internacional, especialmente a Jorge y a Carmen por sus finas atenciones.

Al Ingeniero Max Berganza por el apoyo logístico necesario para la realización de las visitas a las parcelas.

A la Licenciada Morena Guadalupe Lara y al Ingeniero Armando Castellanos, técnicos de la agencia de extensión de San Juan Opico y al señor Juan Onofre Ramírez misceláneo de la agencia de extensión de San Juan Opico por tan valiosa colaboración en el desarrollo de la investigación.

A los Ingenieros Roberto Arauz, Eduardo Rodríguez y Atilio Valencia, técnicos de la agencia de extensión de Santa Ana y al Ingeniero José Luis Rugamas jefe de agencia de extensión de Santa Ana por el apoyo brindado en la ejecución de la fase de campo.

Al Magíster Scientiae Joaquín Francisco Larios y al Ingeniero Luis Alonso Saravia por la información brindada.

A mis compañeros y amigos del CENTA especialmente a Héctor, Marcos, Mauricio, Rogelio, Carlos García y Milton por la información y el apoyo proporcionado.

A mis compañeros y amigos de la División de Planificación: Dago, René, Roberto, Irma, Antonio y Carlos.

A los agricultores de las zonas de influencia de las agencias de Santa Ana y San Juan Opico, especialmente a los productores con quienes se desarrolló el estudio.

A todos gracias.

BIOGRAFÍA

El autor nació el 27 de agosto de 1970 en la ciudad de Santa Ana, El Salvador. En noviembre de 1988 terminó sus estudios de secundaria en el Instituto Nacional de Occidente.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, graduándose de Ingeniero Agrónomo especializado en Riego y Avenamiento en 1995.

En agosto de 1994 ingresa al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería como técnico biometrista; en junio de 1995 forma parte del equipo de Auditoria Técnica del CENTA, donde se desempeñó hasta junio de 1998.

Desde junio de 1998 hasta diciembre del mismo año, trabajó en la Unidad de Formulación, Análisis y Evaluación de proyectos de la División de Planificación del CENTA.

En enero de 1999 ingresó al Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación (PEDECO) del CATIE, recibiendo en diciembre de 2000 el grado de Magíster Scientiae con énfasis en Economía Ambiental.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
BIOGRAFÍA.....	vi
TABLA DE CONTENIDO.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xii
SUMMARY.....	xiv
RESUMEN	xvi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. HIPÓTESIS.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. TIPOS DE DEGRADACIONES DEL SUELO	4
2.1.1. Degradación de la fertilidad	4
2.1.2. Contaminación.....	4
2.1.3. Erosión	4
2.1.4. Consecuencias de la degradación.....	5
2.2. LA DEGRADACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN ZONAS DE LADERA	6
2.3. DEGRADACIÓN DEL SUELO Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.....	6
2.4. CONCEPTO DE EROSIÓN	8
2.5. TIPOS DE EROSIÓN.....	8
2.5.1. Erosión eólica.....	9
2.5.2. Erosión hídrica.....	9
2.5.2.1. Erosión por las gotas de lluvia.....	9
2.5.2.2. Erosión laminar.....	9
2.5.2.3. Erosión en canales.....	10
2.5.2.4. Erosión por cárcavas.....	10
2.5.2.5. Erosión en pedestales.....	10
2.5.2.6. Erosión en pináculos.....	11
2.5.2.7. Erosión tubular.....	11
2.5.2.8. Erosión por caída o remontante	11
2.6. AGENTES EROSIVOS	11
2.6.1. El agua	11
2.6.2. Vegetación	12
2.6.3. El suelo.....	12
2.7. CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR EROSIÓN	12
2.8. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO.....	13
2.8.1. Transectos de cárcavas.....	13

2.8.2. Clavos con rondanas	13
2.8.3. Tapas o corcholatas de botella	14
2.8.4. Lotes de escurrimiento	14
2.9. DINÁMICA DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL DE EL SALVADOR.....	14
2.10. SOSTENIBILIDAD	15
2.11. LOS ENFOQUES DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	16
2.12. CONSERVACIÓN DE SUELOS.....	16
2.13. LAS ACEQUIAS DE LADERA TIPO TRINCHERA COMO PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS.....	17
2.13.1. Beneficios.....	17
2.14. EXPERIENCIAS EN EL SALVADOR	18
2.15. ANÁLISIS FINANCIERO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS.....	18
2.15.1. Evaluación financiera del sistema de acequia de ladera tipo trinchera	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	20
3.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	20
3.2.1. Información secundaria	21
3.2.2. Información primaria.....	21
3.2.2.1. Unidad experimental	21
3.2.2.2. Diseño experimental	22
3.2.2.3. Modelo lineal aditivo.....	22
3.2.2.4. Información experimental de carácter biofísico	24
3.2.2.4.1. Estimación de la pérdida total de suelo.....	24
3.2.2.4.2. Transformación de datos a tasa o velocidad de pérdida de suelo...	25
3.2.2.4.3. Contenido de macro nutrientes	25
3.2.2.4.4. Estimación de la pérdida total de nitrógeno	26
3.2.2.4.5. Estimación de la pérdida total de fósforo	26
3.2.2.4.6. Estimación de la pérdida total de potasio.....	27
3.2.2.4.7. Determinación de la contribución del sistema de acequias al mantenimiento de la capacidad productiva del suelo.	27
3.2.2.5. Información primaria de carácter socioeconómico.....	28
3.2.2.5.1. Validación de la encuesta	29
3.3. ÍNDICES DE EFICIENCIA FINANCIERA.....	29
3.3.1. Ingreso Neto.....	29
3.3.2. Relación beneficio/costo.....	29
3.3.3. Retribución neta al capital de insumos.....	30
3.3.4. Retribución a la mano de obra.....	30
3.3.5. Retorno a la tierra.....	30
3.3.6. Presupuestos parciales	31
3.3.7. Tasa de retorno marginal.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FINCA	32
4.1.1. Tipificación de las acequias por la pendiente del terreno	32
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTOR.....	32
4.2.1. Justificación de la utilización del sistema de acequias de ladera	32
4.2.2. Eficiencia de la participación institucional en la transferencia del sistema de acequias de ladera	33

4.2.3. Experiencias técnicas	34
4.3. ASPECTOS AGRONÓMICOS BÁSICOS DE EFICIENCIA DE LAS ACEQUIAS DE LADERA.....	35
4.3.1. Pérdida total de suelo	35
4.3.2. Tasa o velocidad de pérdida de suelo	37
4.3.3. Pérdida de nutrientes.....	39
4.3.3.1. Pérdida total de nitrógeno	39
4.3.3.2. Pérdida total de fósforo	41
4.3.3.3. Pérdida total de potasio.....	43
4.3.4. Contribución del sistema de acequias al mantenimiento de la capacidad productiva del suelo.....	45
4.3.5. Relación de los tratamientos y el rendimiento de un cultivo indicador.....	47
4.4. APOORTE DEL SISTEMA DE ACEQUIAS A LA ECONOMÍA FAMILIAR DE LOS PRODUCTORES.....	48
4.4.1. Estimación de la cantidad de fertilizante requerido para reponer los elementos perdidos	48
4.4.1.1. Estimación de fertilizante requerido para reponer el fósforo erosionado	48
4.4.1.2. Estimación de fertilizante requerido para reponer el potasio erosionado	49
4.4.1.3. Estimación de fertilizante requerido para reponer el nitrógeno erosionado	50
4.4.2. Valoración financiera	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. CONCLUSIONES	56
5.2. RECOMENDACIONES	57
6. BIBLIOGRAFÍA.....	59
7. ANEXOS	65

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis Básico de Varianza de los datos experimentales.....	23
Cuadro 2. Determinaciones de las pérdidas totales de suelo por tratamiento en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	36
Cuadro 3. Determinaciones de las tasas de pérdida de suelo por tratamiento en $mm\ día^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	38
Cuadro 4. Determinaciones de las pérdidas totales de nitrógeno por tratamiento en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	40
Cuadro 5. Determinaciones de las pérdidas totales de fósforo por tratamiento en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	42
Cuadro 6. Determinaciones de las pérdidas totales de potasio por tratamiento en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	44
Cuadro 7. Contribución del sistema de acequias de ladera al mantenimiento de la capacidad productiva del suelo.....	47
Cuadro 8. Costos por tratamiento necesarios para reponer los nutrientes perdidos en el suelo en colones salvadoreños.....	51
Cuadro 9. Ingresos y costos generados en los sistemas de producción sin acequias y con acequias de ladera. Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico. mayo-junio de 2,000.....	52
Cuadro 10. Presupuesto parcial para el sistema de producción con control de erosión y sistema tradicional de producción.....	54
Cuadro 11. Análisis marginal para el sistema de producción con control de erosión comparado con el sistema tradicional de producción.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plano de campo de las unidades experimentales.....	22
Figura 2. Pérdida total de suelo por tratamiento en $t\ ha^{-1}a\tilde{no}^{-1}$, Agencias de Extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	36
Figura 3. Tasa de pérdida de suelo por tratamiento en $mm\ d\tilde{a}^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	37
Figura 4. Pérdida total de nitrógeno por tratamiento en $t\ ha^{-1}a\tilde{no}^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	38
Figura 5. Pérdida total de fósforo por tratamiento en $t\ ha^{-1}a\tilde{no}^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	39
Figura 6. Pérdida total de potasio por tratamiento en $t\ ha^{-1}a\tilde{no}^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	40
Figura 7. Degradación del recurso suelo como consecuencia de la pérdida de nutrientes por efecto de la erosión.....	41
Figura 8. Recuperación del recurso suelo como producto de la acumulación de nutrientes.....	41
Figura 9. Rendimiento promedio del cultivo de maíz en $kg\ ha^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2,000.....	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de las parcelas de investigación, agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico.....	66
Anexo 2. Instrumento de recolección de la información.....	67
Anexo 3. Caracterización de la parcela de acuerdo al grado de pendiente del terreno.....	70
Anexo 4. Caracterización de la parcela de acuerdo al tipo de cultivo.....	70
Anexo 5. Razones que motivaron a los productores a implementar el sistema de acequias de ladera en sus terrenos.....	71
Anexo 6. Instituciones involucradas en la promoción del sistema de acequias de ladera.....	71
Anexo 7. Mantenimiento realizado por los productores al sistema de acequias de ladera.....	72
Anexo 8. Principales razones de la falta de mantenimiento por parte de los productores al sistema de acequias de ladera.....	72
Anexo 9. Manifestación de problemas para el establecimiento del sistema de acequias de ladera.....	72
Anexo 10. Principales problemas encontrados para el establecimiento del sistema de acequias de ladera.....	73
Anexo 11. Principales ventajas identificadas por los productores en el sistema de acequias de ladera.....	74
Anexo 11-A. Combinación de ventajas identificadas por los productores para la implementación del sistema de acequias de ladera.....	75
Anexo 12. Principales desventajas identificadas por los productores en el sistema de acequias de ladera.....	75
Anexo 13. Nivel de satisfacción de los productores que han implementado el sistema de acequias de ladera.....	76
Anexo 14. Perspectiva de los productores de seguir implementando sistemas de acequias de ladera en sus terrenos.....	76

Anexo 15. Principales razones por las cuales los productores no seguirán implementando sistemas de acequias de ladera en sus terrenos.	77
Anexo 16. Opinión de los productores sobre estrategias necesarias para lograr una mayor implementación de los sistemas de acequias de ladera.	77
Anexo 17. Primera lectura de pines metálicos	78
Anexo 18. Segunda lectura de pines metálicos	79
Anexo 19. Tercera lectura de pines metálicos	80
Anexo 20. Cuarta lectura de pines metálicos	81
Anexo 21. Quinta lectura de pines metálicos	82
Anexo 22. Lectura promedio de pines y lámina de suelo desplazada	83
Anexo 23. Densidades aparentes de las muestras de suelo	84
Anexo 24. Resultados de laboratorio de análisis de suelo	85
Anexo 25. Análisis de varianza para la variable pérdida total de suelo	95
Anexo 26. Análisis de varianza para la variable tasa de pérdida de suelo	95
Anexo 27. Análisis de varianza para la variable pérdida total de Nitrógeno	95
Anexo 28. Análisis de varianza para la variable pérdida total de Fósforo	95
Anexo 29. Análisis de varianza para la variable pérdida total de Potasio	96
Anexo 30. Análisis de varianza para la variable rendimiento del cultivo	96
Anexo 31. Análisis económico del retorno para la conservación de suelos utilizando acequias de ladera tipo trinchera, para un horizonte de 15 años.	97

Argueta, O.L.. 2000, Valuation of the slope trench as a technological alternative for sustainable land use in El Salvador. Mag. Scientiae. Thesis. 2000. CATIE Turrialba, Costa Rica. 97p.

Keywords: economic value, erosion, degradation, land use, resource, slope trench, sustainable, technological alternative, rate, hillsides.

SUMMARY

Land degradation represents permanent or irreversible changes in the structures and functions of the soil resource, the loss of the fertile layer caused by physical and chemical changes and the pressures exerted by human beings who exceed its productive capacity.

If the productive potential of the land is exceeded through inadequate handling, the productive and economic value of the resource diminishes in a process that could lead to the definitive abandonment of the land and therefore, to the complete loss of its economic value. The slope trench system acquires great importance as a technological alternative to diminish the degradation caused by unsuitable land use and to contribute to the diminution of the rate of erosion on hillsides in El Salvador.

The objective of the investigation was to evaluate agronomical and economical efficiency for the technological alternative slope trench for the control of erosion and for sustainable land use, in the areas of influence of extension agencies of CENTA in Santa Ana and San Juan Opico.

It was determined that most of the slope trench systems have been implemented on lands whose slopes vary between 21 to 30 %. Also, smaller rate of soil loss occurred in those lands where the system of slope drains had been implemented.

The implementation of the system of slope trench favors the accumulation of nutrients and reduces the wearing down of the land. It was determined in the production and protection of the land resource; the producer obtains a net income of 842 colons per hectare, C/B ratio of 1,19 and one net repayment to the inputs capital of 37,34 colons.

The implementation of the system of slope trench acquires great importance when generating an income of 6,86 colons per m²; also, the producer obtains a repayment of 51,77 colons on his manual labor.

Argueta, O.L, 2000. Valoración de la acequia de ladera como alternativa tecnológica para el uso sostenible de los suelos en El Salvador. Tesis Mag. Scientiae. 2000. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 97p.

Palabras claves: acequia de ladera, alternativa tecnológica, degradación, erosión, laderas, recurso, sostenible, tasa de pérdida, valor económico.

RESUMEN

La degradación del suelo representa cambios permanentes o irreversibles en las estructuras y las funciones del recurso, en la pérdida de la capa fértil causada por los cambios físicos y químicos y las presiones ejercidas por los seres humanos que exceden la capacidad productiva este.

Si el uso inadecuado excede el potencial del suelo, el valor productivo y económico del recurso disminuye en un proceso que podría llevar el abandono definitivo de la tierra y por lo tanto, la pérdida completa de su valor económico. La acequia de ladera adquiere una gran importancia como alternativa tecnológica para disminuir la degradación causada por usos inadecuados y para contribuir a la disminución de la tasa de erosión en las zonas de ladera de El Salvador.

La investigación tuvo como objetivo evaluar agrónomica y económicamente la eficacia de la acequia de ladera como alternativa tecnológica para el control de la erosión y del uso sostenible de suelos en las áreas de la influencia de las agencias de la extensión de CENTA en Santa Ana y San Juan Opico.

Los resultados obtenidos reflejan que la mayoría de los sistemas de acequia de ladera se han establecido en terrenos cuyas pendientes oscilan entre 11 y 40%, presentando la mayor frecuencia de establecimiento en el rango comprendido entre 21 a 30 %.

Asimismo, la menor tasa de pérdida de suelo se presenta en el tratamiento con control de la erosión demostrándose la efectividad de la alternativa tecnológica. La puesta en práctica del sistema de acequias favorece la acumulación de nutrientes y reduce la degradación de la tierra. Se determinó que en el sistema con control de erosión; el productor obtiene un ingreso neto de 842 colones por la hectárea, una relación B/C de 1.19 y un retribución neta al capital de insumos de 37.34 colones.

La implementación del sistema adquiere una gran importancia al generar un ingreso de 6.86 colones por cada m^2 que se invierte en el control de la erosión; asimismo, el productor obtiene una retribución a su mano de obra de 51.77 colones por cada jornal invertido.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los años sesenta y setenta, cuando la agricultura todavía era la columna vertebral de la economía, El Salvador sobresalía en América Latina por el alto grado de deterioro de sus recursos naturales, asociado a la deforestación, erosión y contaminación por agroquímicos. Otros dos factores que se incorporaban en los análisis realizados en los setenta, eran el crecimiento poblacional y la concentración en la tenencia de la tierra. Se argumentaba que esos factores ejercían una fuerte presión sobre la tierra y conllevaban una explotación creciente e indebida de tierras marginales, lo que a su vez provocaba una mayor deforestación y erosión de los suelos (Prisma 1995).

De hecho, había elementos para argumentar en ambos sentidos. Por un lado, el crecimiento poblacional se aceleró a partir de los años cincuenta: la población creció 29% entre 1930 y 1950, y 91% entre 1950 y 1971. Aunque al mismo tiempo se dió una importante migración del campo a la ciudad, la población rural pasó de 1.2 millones en 1950 a 2.1 millones en 1971, lo que puso una mayor presión sobre la tierra; sin embargo, se puede observar que a partir del año de 1981 hubo un elevado aumento en el crecimiento poblacional en el área urbana, debido principalmente al conflicto armado que se registró más crudamente en las zonas rurales de El Salvador (Prisma 1995).

Las pérdidas biofísicas y socioeconómicas derivadas del deterioro de la capacidad productiva de los suelos son ampliamente reconocidas. Existen varias estrategias para aliviar el problema. La degradación del ambiente sigue siendo uno de los problemas de mayor preocupación de la sociedad contemporánea, el cual se ha reflejado en el crecimiento de la deforestación, la degradación de cuencas, pérdida de biodiversidad, la escasez de agua, la excesiva erosión del suelo, la degradación de la tierra, la contaminación del aire, entre otros. Precisamente, la pérdida de fertilidad de este recurso, causada por prácticas agrícolas inadecuadas en términos ambientales, traducidas en problemas como erosión, lixiviación de nutrientes, compactación del suelo y extracción de nutrientes por los cultivos y prácticas agrícolas deficientes, es una de las causas que reducen la productividad del sector agropecuario (CCT y WRI, 1992).

Ante esta situación es de gran importancia la valoración tanto agronómica como económica de alternativas tecnológicas como las acequias de ladera tipo trinchera para disminuir la degradación provocada por usos indebidos de los suelos y contribuir a la disminución de la tasa de erosión en las zonas de ladera de El Salvador.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El suelo sigue siendo considerado por diversos estratos de las sociedades como la fuente básica de producción, sustento familiar y de alguna manera relacionada con el estatus social. La calidad del suelo determina la cantidad y calidad de los productos cosechados, y la calidad de estos productos está dada básicamente por la cantidad de nutrientes disponibles y de la cantidad de materia orgánica presente (Colman y Young 1993 citados por Castro y Barrantes 1998).

Si se sobrepasa el potencial productivo del suelo por un inadecuado manejo, el valor productivo y económico del recurso disminuye en un proceso que podría llevar al abandono definitivo del terreno y por lo tanto, a la pérdida completa de su valor económico debido a la degradación de éste (Castro y Barrantes 1998).

El Salvador presenta la situación más crítica de degradación del suelo en América Central. Según Perdomo Lino, 1990 (citado por IICA 1997), el país pierde anualmente el equivalente a 4,545 toneladas de excelente suelo, producto de la erosión de 6.57 milímetros en el 75% del territorio.

En tierras dedicadas a la agricultura y a la ganadería, se estiman pérdidas de suelo que oscilan entre 20 y 300 t ha⁻¹año⁻¹, equivalentes a una lámina de 2 a 30 milímetros de la capa fértil del suelo cada año. (CENTA 1996).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar agronómica y económicamente la eficiencia de la acequia de ladera como alternativa tecnológica para el control de la erosión y uso sostenible de los suelos.

1.3.2. Objetivos específicos

Caracterizar las acequias de ladera como tecnología de control de la erosión en el área de influencia de los Centros de Experimentación y Desarrollo (CEDA) de Izalco y San Andrés.

Evaluar la eficiencia de las acequias de ladera en el control de la velocidad de degradación del suelo, la cantidad de suelo erosionado y nutrientes perdidos.

Evaluar el aporte de las acequias de ladera en la producción y economía familiar de los productores.

1.4. HIPÓTESIS

La capacidad productiva del suelo es inversamente proporcional a la pérdida de las partículas y directamente proporcional a la interferencia de la escorrentía superficial.

La cantidad de suelo retenido por las acequias representa un costo de reemplazo evitado.

El beneficio económico obtenido por el productor es inversamente proporcional a la pérdida de las partículas de suelo y directamente proporcional al control de la erosión.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. TIPOS DE DEGRADACIONES DEL SUELO

La degradación del suelo representa cambios permanentes o irreversibles en las estructuras y funciones del recurso, la pérdida de la capa fértil causada por cambios físicos y químicos y las presiones ejercidas por los seres humanos que exceden la capacidad productiva de éste (Fassbender 1999).

Dentro del amplio concepto se distinguen una serie de degradaciones:

2.1.1. Degradación de la fertilidad

Es la disminución de la capacidad del suelo para soportar vida. Se producen modificaciones en sus propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas que conllevan a su deterioro. Al degradarse el suelo pierde capacidad de producción y cada vez hay que añadirle más cantidad de abonos para producir siempre cosechas muy inferiores a las que produciría el suelo si no se presentase degradado (Dorronsoro 1998).

2.1.2. Contaminación

El suelo se puede degradar al contaminarse con determinadas sustancias nocivas.

Un suelo contaminado es aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias, y como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera, y los organismos. Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que originan modificaciones importantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Dorronsoro 1998).

2.1.3. Erosión

La erosión es la pérdida selectiva de materiales del suelo. Por la acción del agua o del viento los materiales de las capas superficiales van siendo arrastrados. Si el agente es el agua se habla de erosión hídrica y para el caso del viento se denomina erosión eólica (WWF 1999).

2.1.4. Consecuencias de la degradación.

Según Dorronsoro (1998), la degradación tiene importantes consecuencias:

Pérdida de elementos nutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg...). Puede ser de manera directa, bien al ser eliminados por las aguas que se infiltran en el suelo o bien por erosión a través de las aguas de escorrentía, o de una forma indirecta, por erosión de los materiales que los contienen o que podrían fijarlos.

Modificación de las propiedades fisicoquímicas: acidificación, desbasificación y bloqueo de los oligoelementos que quedan en posición no disponible.

Deterioro de la estructura. La compactación del suelo produce una disminución de la porosidad, que origina una reducción del drenaje y una pérdida de la estabilidad: como consecuencia se produce un encostramiento superficial y por tanto, aumenta la escorrentía.

Disminución de la capacidad de retención de agua: por degradación de la estructura o por pérdida de suelo. Esta consecuencia es especialmente importante para los suelos andaluces sometidos a escasas precipitaciones anuales.

Pérdida física de materiales: erosión selectiva (parcial, de los constituyentes más lábiles, como los limos) o masiva (pérdida de la capa superficial del suelo, o en los casos extremos de la totalidad del suelo).

Incremento de la toxicidad. Al modificarse las propiedades del suelo se produce una liberación de sustancias nocivas.

En definitiva, se produce un empeoramiento de las propiedades del suelo y una disminución de la masa de suelo. Estos efectos tienen dos consecuencias generales: a corto plazo, disminución de la producción y aumento de los gastos de explotación (cada vez el suelo necesita mayor cantidad de abonos y cada vez produce menos). A largo plazo: infertilidad total, abandono, desertización del territorio (Dorronsoro 1998).

2.2. LA DEGRADACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN ZONAS DE LADERA

El sector rural de América Central se caracteriza por la abundancia de datos provenientes de diferentes fuentes obtenidos por diferentes métodos. La interpretación de estos datos depende fuertemente de los intereses del analista. Aún así y tratando de lograr promedios, podría decirse que más del 70% del territorio centroamericano es montañoso y por lo tanto, existen laderas en una superficie comparable (Castro y Barrantes 1998).

La producción agrícola en estas condiciones se ha asociado a degradación ambiental, debido principalmente a la deforestación y consecuente degradación de suelos. Sin embargo, no está del todo clara la relación directa entre estos pequeños agricultores y la degradación del ambiente, pues otras actividades en el medio rural tales como la pequeña minería, producción de carbón por trabajadores migrantes, explotación del bosque por compañías foráneas y habilitación posterior de terrenos para ganadería extensiva, deslizamientos naturales y, particularmente, mal diseño de obras de infraestructura, son también causantes importantes de la degradación de los suelos (Castro y Barrantes 1998).

La población situada en laderas es la más pobre de la región, entre el 86-93% de la población que habita en las laderas rurales vive en estado de pobreza. De este porcentaje, entre el 17% (Honduras) y el 32% (El Salvador) vive en condiciones de extrema pobreza (Leonard 1986). Las laderas de la Región son entonces el punto de encuentro entre una agricultura con serios problemas de sustentabilidad, manejada por el sector más pobre del medio rural centroamericano, una gran biodiversidad ecológica, posiblemente entre las mayores del mundo y los restos de una masa boscosa en vías de desaparecer (Castro y Barrantes 1998).

2.3. DEGRADACIÓN DEL SUELO Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

El suelo en su totalidad es un conjunto de factores biofísicos y socioeconómicos y la FAO (1976), lo define como un área de la superficie del planeta cuya características abarcan aquellos atributos estables o cíclicos de la biosfera, incluidos la atmósfera, el

suelo, la geología, hidrología, vegetación, fauna y los resultados de las actividades humanas pasadas y presentes, si esto tiene alguna influencia sobre los usos presentes y futuros de la tierra por parte del hombre.

La agricultura se encuentra estrechamente vinculada al entorno biofísico del suelo, el cual no sólo actúa como su soporte o contenedor físico, sino, como factor productivo determinante para su desarrollo. La sustentabilidad económica de cualquier actividad agrícola está condicionada en gran medida por el impacto que ésta tenga sobre el ambiente, lo que en definitiva determina su sustentabilidad ecológica.

El principal impacto de la producción agrícola sobre su entorno lo constituye la degradación del suelo, generalmente causada por procesos de origen eólico, hídrico y "facilitada o agravada" por el progreso tecnológico, prácticas de labranzas y de cultivos inadecuadas. La degradación se presenta bajo tres formas: erosión, salinización y desertificación.

Las dos primeras, tienen una relación directa con la actividad agrícola, mientras la tercera es descrita, principalmente, como resultado del avance y retroceso natural de los desiertos, sobre tierras cultivables o áreas vegetales, aun cuando en ello es posible identificar la acción del hombre (Banco Mundial, 1992). Degradación significa el cambio de una o más de sus propiedades a condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos o biológicos.

Según Bertoni y Lombardi Neto (1985), las tierras agrícolas se vuelven gradualmente menos productivas por cuatro razones principales: degradación de la estructura del suelo, disminución de la materia orgánica, pérdida del suelo y pérdida de nutrientes. Éstas razones son efectos producidos básicamente por el uso y manejo inadecuado del suelo y por acción de la erosión acelerada. Según Mielniczuk y Schneider (1984), son tres las etapas básicas de degradación del suelo:

En la etapa 1, las características originales (materia orgánica y estructura), son destruidas gradualmente. El usuario de la tierra no percibe este fenómeno, porque la erosión ocurre en niveles tolerantes y el rendimiento de los cultivos se mantiene estable por la aplicación normal de fertilizantes y de enmiendas.

En la etapa 2, la materia orgánica alcanza valores bajos y el suelo pierde estructura. Por el uso intensivo de implementos agrícolas se produce la aparición de una capa compactada que impide la infiltración del agua y la penetración de las raíces. La erosión se vuelve acelerada y el rendimiento de los cultivos se reduce severamente. La aplicación de enmiendas y fertilizantes se vuelve menos eficaz, sea por las condiciones físicas adversa al desarrollo de las plantas, o por las grandes pérdidas de suelo y nutrientes que han ocurrido por la erosión, disminuyendo su efecto actual y residual.

En la etapa 3, el proceso de erosión es tan violento que la tierra comienza a ser abandonada por el agricultor, debido a la baja productividad y dificultad de operación de máquinas a causa de la experiencia de surcos y cárcavas en el campo. El tiempo que lleva a un suelo cultivado a llegar a la etapa 3 depende de la intensidad de aplicación de las prácticas inadecuadas de manejo, de su pendiente y textura, que se relacionan mucho con su resistencia a la erosión hídrica. Los cambios en las propiedades del suelo, provocados por la erosión, producen alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente es su capacidad de sostener una agricultura productiva.

2.4. CONCEPTO DE EROSIÓN

Según Paulet (1966), la erosión es el proceso de remoción de las partículas del suelo por acción del agua o del viento.

2.5. TIPOS DE EROSIÓN

Siempre ha existido erosión y siempre existirá, la superficie de la tierra es modelada por procesos exogénicos y endogénicos; los primeros tienden a nivelar, mientras que los últimos tratan de formar un nuevo relieve. Estos procesos operan en direcciones opuestas; y por lo tanto, la superficie terrestre que se ve en la actualidad no es

resultado de un solo cataclismo modelador, sino el producto de cambios tan infinitamente lentos, que se hacen notables solamente después de largo tiempo. La erosión es uno de los aspectos de este proceso constante de cambios, donde el hombre participa en forma directa; En base a lo anterior, se presentan las definiciones para cada tipo de erosión (CPG 1991):

2.5.1. Erosión eólica

Es la erosión causada por el viento, este tipo de erosión generalmente se da en regiones planas, en las cuales llueve poco y en donde la vegetación crece escasamente, por lo que existe poca protección para el suelo, influyendo además la velocidad del viento que es muy fuerte en estos lugares (Suárez de Castro, 1976).

2.5.2. Erosión hídrica

Es aquella causada por el efecto del agua en el suelo (Suárez de Castro, 1979). En la erosión hídrica el agua arrastra el suelo en las laderas con pendientes, despojándolo de su capa vegetal cultivable. El efecto del agua sobre el puede conducir a la erosión laminar, en surcos y en cárcavas. Hay erosión laminar cuando se presenta un arrastre uniforme de las delgadas capas del suelo por el agua, hasta aparecer la roca desnuda. Los terrenos con pendiente, sembrados de cultivos limpios o que requieren deshierbarse periódicamente, son los más propensos a este tipo de erosión.

2.5.2.1. Erosión por las gotas de lluvia.

Consiste en la dispersión de los agregados del suelo como resultado del impacto directo de las gotas de lluvia sobre la superficie del terreno. La energía que confieren las gotas de lluvia al terreno, provoca desplazamientos de las partículas del suelo que alcanzan alturas hasta de 61 cm y distancias laterales de 152 cm en terrenos planos (Schwab et al citados por CPG 1991).

2.5.2.2. Erosión laminar

El concepto idealizado ha sido el de una remoción uniforme del suelo en capas delgadas de los terrenos en pendiente, que resulta de la saturación del suelo y su

deslizamiento superficial por la pendiente. Sin embargo, se ha podido observar que esta forma de la erosión raras veces ocurre como un deslizamiento uniforme de una capa de suelo, ya que casi simultáneamente con el primer salpicamiento y movimiento del suelo se forman pequeños canales. El cambio constante de posición y la tendencia a formar meandros de estos canalillos, originan un falso concepto de erosión laminar (CPG 1991).

2.5.2.3. Erosión en canales

De acuerdo al manual de conservación de suelos del Colegio de Postgraduados (CPG 1991), la erosión en canales es la remoción del suelo por el agua en pequeños surcos o arroyuelos cuando existe una concentración de flujo superficial. Convencionalmente se dice que ocurre erosión por canales cuando éstos se han vuelto lo suficientemente grandes y estables para poder ser observados; sin embargo, pueden ser borrados con las labores agrícolas normales.

2.5.2.4. Erosión por cárcavas

Es una forma más avanzada de la erosión por canales, donde la profundidad alcanzada por éstos es mayor que en el caso de la forma antes mencionada, y no siempre pueden ser cruzadas por maquinaria agrícola (CPG 1991).

2.5.2.5. Erosión en pedestales

Cuando se protege a un suelo fácilmente erosionable del impacto de las gotas de lluvia por medio de piedras o raíces de un árbol, quedan "pedestales" aislados, coronados con el material resistente. Ésta forma de erosión se desarrolla lentamente a través de los años y se localiza generalmente en manchones desnudos de terrenos con vegetación aislada. Puede presentarse también en terrenos arables que hayan sufrido una erosión excesiva durante una tormenta excepcional. Su importancia estriba en que es posible calcular aproximadamente la profundidad del suelo que ha sido erosionado mediante un examen de la altura del pedestal (CPG 1991).

2.5.2.6. Erosión en pináculos

Esta forma de erosión se asocia siempre con canales verticales profundos a los lados de las cárcavas que profundizan rápidamente hasta que se juntan y dejan al pináculo aislado. Una capa más resistente de grava o piedra a menudo corona al pináculo, como en la erosión en pedestales. Los pináculos son relictos de la condición natural del relieve provocados por socavaciones del agua que fluye, y a menudo asociado con erosión tubular (CPG 1991).

2.5.2.7. Erosión tubular

La formación de tubos continuos y canales subterráneos, en común en los tipos de suelos sujetos a erosión por pináculos. Esta forma de erosión ocurre cuando el agua que fluye se infiltra a través de la superficie del suelo y se mueve hacia abajo hasta encontrar una capa menos permeable. La erosión tubular está restringida la mayoría de veces a terrenos agrícolas de poco valor, por lo que su control es poco común (CPG 1991).

2.5.2.8. Erosión por caída o remontante

Esta forma de erosión es un proceso geológico que se presenta en las paredes de las cárcavas, sin ninguna intervención del hombre. La caída que se forma en la orilla de la cárcava, arroja el material salpicado contra la parte baja de esta cara, la cual se erosiona, dejando la parte superior sobresaliendo; cuando el peso de la parte sobresaliente es grande, ésta se desprende, dando lugar a una nueva cara vertical, comenzando de nuevo el ciclo erosivo (CPG 1991).

2.6. AGENTES EROSIVOS

Los principales agentes erosivos que intervienen en la disolución y ruptura de las partículas son el viento y el agua, además de otros factores en el suelo; los cuales se describen a continuación (Oliva 1998):

2.6.1. El agua

Es el factor más importante en el proceso de erosión en las zonas tropicales. Donde la precipitación pluvial por lo general se filtra hacia el interior del suelo y las rocas, puede

haber escasa escorrentía; pero cuando la precipitación pluvial no se puede filtrar, sino que viaja sobre la superficie; el agua fluye a velocidad relativamente rápida y es capaz de arrancar materiales del suelo por medio de la fuerza hidráulica de su flujo, así donde el flujo superficial es dominante.

2.6.2. Vegetación

Una cubierta efectiva del suelo por lo general en forma de vegetación, es la clave para controlar los procesos que intervienen en la erosión, la mayor cubierta vegetal limita la erosión hídrica. Estudios realizados por la FAO (1989), mencionan que cuando la agricultura produce un cambio radical en la cubierta vegetal, habrá un cambio correspondiente en la erosión. En ese sentido el deshierbe estacional del suelo para la siembra produce un mayor riesgo de erosión.

2.6.3. El suelo

Evaluaciones realizadas por Morgan (1974), reportan que los suelos que contienen más del 30 a 35% de arcilla por lo general son coherentes y forman agregados estables, los cuales son resistentes al impacto de la gota de lluvia y a la erosión laminar y por arroyuelo.

2.7. CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR EROSIÓN

Según Bragnolo (1995) las estrategias implican la realización de acciones donde los agricultores son una parte que busque identificar los problemas y las oportunidades, definiendo las mejores respuestas y establecer las modalidades de seguimiento más adecuadas. Asimismo, las medida agronómicas y de manejo del suelo influyen tanto en el desprendimiento como en el transporte, en tanto que las medidas mecánicas influyen el los procesos de transporte pero tienen un escaso efecto sobre el desprendimiento, lo cual implica que debe involucrarse ambas medidas para hacer un buen control.

Bragnolo (1985), reporta que las estrategias técnicas deben incluir al menos los siguientes objetivos: aumento de la cobertura del suelo durante todo el año con el fin de reducir la energía del impacto de las gotas de lluvia contra la superficie, aumento de la

infiltración en el perfil del suelo, buscando reducir el escurrimiento superficial y aumentar la disponibilidad de agua para los cultivos, en función del aumento de la productividad, control del escurrimiento superficial, con el objetivo de reducir los daños de erosión por transporte de partículas en la cuenca hidrográfica y cuidar la sedimentación en manantiales, control de la contaminación producida por el uso de los agrotóxicos.

2.8. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO

La medición de la cantidad de suelo perdido requiere la presencia de algunos puntos de referencia y bajo condiciones naturales, tales puntos son difíciles de detectar. Los principales métodos para cuantificar la capa del suelo que se ha perdido por erosión son: transectos de cárcavas, clavos con rondanas corcholatas de botella y lotes de escurrimiento (CPG 1991).

2.8.1. Transectos de cárcavas

Los canalillos y cárcavas someras se miden a lo largo de un transecto. Es conveniente localizar transectos estacados al contorno, aproximadamente cada 15 m. La profundidad y anchura se miden con una cinta métrica. El procedimiento a seguir para cuantificar la capa de suelo perdido es mediante reconocimientos periódicos en los que se mide sobre las estacas del transecto el espesor de la capa de suelo perdido (CPG 1991).

2.8.2. Clavos con rondanas

Este método consiste en utilizar clavos de 30 cm de largo con rondanas holgadas que se colocan cuidadosamente a lo largo de un transecto a intervalos regulares de manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente. El propósito de las rondanas es marcar cortes en espesor de la capa de suelo perdida a intervalos de tiempo regulares (CPG 1991).

2.8.3. Tapas o corcholatas de botella

Las tapas o corcholatas de botella colocadas con el lado interno hacia el suelo producen pedestales similares a los formados naturalmente bajo piedras o raíces. La altura del pedestal indica la profundidad de suelo perdido (CPG 1991).

2.8.4. Lotes de escurrimiento

Los lotes de escurrimiento constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de erosión hídrica. Este método consiste en el confinamiento de una pequeña superficie, donde es posible manejar y cuantificar los escurrimientos generados en ella para que posteriormente y por medio de muestras, cuantificar los sedimentos que acarrean en suspensión (CPG, 1991).

2.9. DINÁMICA DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL DE EL SALVADOR.

El estado actual del medio ambiente en El Salvador y su dinámica de degradación representan una amenaza para la estabilidad económica y política del país y un serio impedimento para el desarrollo futuro. Durante las últimas dos décadas, que incluyen el conflicto político más cruento y más largo de su historia, el país sufrió cambios dramáticos, tanto en el patrón de asentamientos humanos como en el patrón de crecimiento económico. Estos cambios tienen un impacto acumulativo que amenaza la sostenibilidad del uso de los recursos naturales básicos para el desarrollo humano. De hecho, al plasmar los cambios en el territorio, se ve claramente lo limitada que resulta en el caso de El Salvador, la visión que reduce los problemas de degradación de los recursos naturales a demasiada población en un pequeño territorio (Prisma 1995).

Actualmente, el patrón de crecimiento económico descansa más en actividades esencialmente urbanas tales como la industria, el comercio y los servicios entre otros, que en las actividades rurales; estas últimas han perdido importancia, al punto de haber generado una seria ruptura de los medios de vida rurales. Ligado a lo anterior, se aprecia una creciente concentración de población y actividades económicas dinámicas, en las áreas urbanas del país y particularmente en el Área Metropolitana de San Salvador (Prisma 1995).

2.10. SOSTENIBILIDAD

Uno de los grandes desafíos que afrontan las instituciones, públicas y privadas, que promueven el desarrollo es lograr la sostenibilidad de los proyectos. Ello supone que las poblaciones o comunidades hagan suyos los proyectos y sean capaces de darle continuidad en el tiempo una vez finalizada la labor de las instituciones (Prins 1996).

Un programa de desarrollo es sostenible cuando es capaz de rendir un nivel apropiado de beneficios durante un período prolongado, después de que la asistencia técnica financiera y gerencial por parte de un donante exógeno ha terminado (Ruttan 1991 citado por de Camino y Müller 1993). Agricultura sostenible es el manejo efectivo de los recursos para satisfacer las necesidades cambiantes mientras se mantiene o mejora la base de recursos y se evita la degradación ambiental, asegurando a largo plazo un desarrollo productivo y equitativo (BIFAD y USAID 1988, citado por de Camino y Müller 1993). Pero que a su vez minimicen la degradación de la base de sus recursos y permitan obtener ingresos que compensen con equidad los esfuerzos y logros de una alta producción (Reiche y Carls 1996). La agricultura sostenible busca conservar la base del recurso suelo sin degradación y ser económicamente viable y socialmente aceptable (Brown *et al.* 1987 citado por de Camino y Müller 1993).

El conjunto de las macrotendencias de la agricultura latinoamericana refleja poco avance en cuanto a sostenibilidad. Las políticas favorecen una agricultura no sostenible que degrada los recursos naturales. La capacidad institucional para promover una agricultura sostenible es débil y las tecnologías sostenibles presentan dificultades para su adopción (Reiche y Carls 1996).

Los sistemas integrados para la protección contra la erosión (combinación de técnicas y medidas mecánicas para la conservación de suelos), mejoran todo el sistema y del uso de la tierra, incluida la administración de las aguas. Además de procurar un efecto de conservación del suelo, mediante su utilización se pretende lograr un mejoramiento sostenible de toda la unidad productiva incluida la explotación ganadera. Estos sistemas

son de gran importancia para la protección contra la erosión, en especial el enfoque integrado a nivel de microcuenca (*Carls et al. 1997*).

2.11. LOS ENFOQUES DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El desarrollo sostenible tiene tres enfoques: la visión del economista, la perspectiva agronómica y ecológica, y el punto de vista sociológico. El desarrollo sostenible desde las dos primeras perspectivas se muestra como un concepto y estrategia alternativo, que reclama la revisión de los intercambios (trade-off) entre los recursos y los objetivos del crecimiento económico. En un enfoque transitorio del Banco Mundial desde la perspectiva de los economistas, el desarrollo es sostenible a nivel económico, ecológico y social.

En lo económico se hace referencia al crecimiento, la eficiencia del capital y a los recursos e inversiones; en lo ecológico se tiene presente la integridad del ecosistema, su capacidad de carga y la conservación de los recursos naturales y de la biodiversidad. En lo social, la atención se pone en la equidad, la participación, la movilidad social, la cohesión social, la identidad cultural, y el desarrollo institucional (Seraigeldin, 1994 citado por Castro y Barrantes 1998).

En una segunda aproximación del Banco Mundial (1992), la sostenibilidad es vista como oportunidad. Esta consiste en "dejar a las futuras generaciones, tantas, si no mayores oportunidades como las que nosotros tuvimos". La oportunidad se puede medir a través del capital; el capital y su crecimiento son los medios para brindar tantas, sino mayores oportunidades a una población creciente.

2.12. CONSERVACIÓN DE SUELOS

Es la preservación del suelo contra deterioro y pérdida, mediante el uso conforme con sus capacidades y aplicado las prácticas de conservación que exigen su protección y mejoramiento. Todo programa de conservación de suelos debē basarse en el uso potencial de cada terreno y en el manejo de acuerdo a sus necesidades. El uso se refiere a la distribución de los cultivos en la finca. El manejo, a la aplicación de diversos

sistemas culturales, agronómicos o mecánicos (prácticas de conservación de suelos) que compensen el debilitamiento de la protección natural ocasionado por el hombre (CENTA 1996).

2.13. LAS ACEQUIAS DE LADERA TIPO TRINCHERA COMO PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

En el desarrollo integral de una cuenca, se hace necesario un mejor control de la escorrentía, que puede ser combinada con la implementación de medidas vegetativas para asegurar un nivel deseado de protección y conservación de los suelos y aguas (Razurri, 1986).

Las acequia de ladera tipo trinchera son canales construidos en forma de trapecio y en curvas en los terrenos. La distancia de ellos depende de la pendiente del terreno. Han sido diseñadas para interceptar la escorrentía, aumentar el volumen de infiltración y percolación del agua en el suelo, en tierras de fuertes pendientes dedicadas al cultivo limpio, que están siendo seriamente afectadas por la erosión, alternando la fertilidad natural y el proceso de infiltración de agua proveniente de las lluvias (Gumero 1995; Solano 1996).

En terrenos con pendientes del 12 al 50%, la DGRNR (1977), recomienda establecer como tratamiento de conservación un sistema de acequias de ladera que interrumpan transversalmente la pendiente a determinados distanciamientos. Las acequias son trazadas a nivel en zonas de baja precipitación para conservación de la humedad; y en zonas de alta precipitación son trazadas a nivel en suelos permeables y a desnivel para evacuar los excedentes de agua del escurrimiento superficial en suelos poco permeables. El desnivel oscila entre valores de 0.1 a 1% y dependerá de la clase textural del suelo, la pendiente del terreno y la precipitación de la zona.

2.13.1. Beneficios

Gumero (1995), menciona los siguientes beneficios que la introducción del sistema aporta al suelo y a los agricultores:

Aumenta el volumen de almacenamiento de agua.
Incrementa la capacidad de infiltración de agua.
Disminuye de manera positiva los efectos de la erosión.
Permite recuperar la capacidad productiva de los suelos.
Mejorar la capacidad económica de los agricultores.
Aumenta el caudal de agua de los mantos fríaticos en las partes bajas.
Disminuye la sedimentación que azolvan las represas.

2.14. EXPERIENCIAS EN EL SALVADOR

En 1985, el Centro de Tecnología Agrícola (CENTA 1996), evaluó la erosión del suelo en una parcela con acequias de ladera tipo trinchera y barreras dobles de piña con relación a una parcela testigo sin obras de conservación cultivadas con maíz+frijol, con pendiente de 30%, ubicada en El Sauce, jurisdicción de San Julián, Departamento de Sonsonate; el resultado estimado obtenido de la pérdida de suelo en la parcela testigo fue de $230.1 \text{ t ha}^{-1}\text{año}^{-1}$, que equivale a una lámina de 17.5 mm de suelo erosionado.

Solano (1986), evaluó la erosión bruta y la pérdida de suelo en una parcela de acequias de ladera tipo trinchera y una parcela testigo, ambas con cultivo de maíz+frijol, en una pendiente del 47%, situadas en Agua Caliente, Departamento de Chalatenango, donde se obtuvo una pérdida de suelo de $38.48 \text{ t ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en la parcela testigo, en comparación con $0.65 \text{ t ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en la parcela con acequias de ladera.

2.15. ANÁLISIS FINANCIERO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS.

El análisis financiero es aplicable a cualquier sistema o subsistema y está dirigido a evaluar flujos y resultados económicos que sirvan como criterios de decisión, de acuerdo a la función y estructura del sistema analizado. El análisis financiero proporciona los elementos de juicio para determinar si las opciones tecnológicas que se están implementando contribuyen a la optimización de los recursos limitados, los cuales son distribuidos entre los diferentes subsistemas y se extiende a consideraciones externas al sistema como serían precios de insumos y productos. Un análisis financiero busca determinar, desde el punto de vista del productor si la inversión que se efectúa

en una actividad cualquiera retribuye lo invertido y en que cantidades. Se utilizan los precios corrientes del mercado para estimar los ingresos, costos y beneficios en términos monetarios (Herrera *et al.* 1994).

2.15.1. Evaluación financiera del sistema de acequia de ladera tipo trinchera

Sain, *et al* (1995), mencionan que los objetivos de aumentar la productividad y conservar la base de los recursos no se puede considerar en forma separada. La necesidad de contar con tecnologías agrícolas que conserven los recursos naturales lleva consigo la necesidad de generar tecnologías que tiendan a mejorar la productividad a corto plazo; aumentando de esa forma la probabilidad de que los agricultores adopten estas tecnologías.

Estudios realizados en Honduras por Almendares *et al.* (1995), con productores que han venido aplicando los sistemas de acequias, muestran la relación beneficio/costo (B/C) diferencial entre la implementación de acequias, comparados con sistemas tradicionales de la zona; resultando una relación B/C diferencial de 1.36 y 2.65 en el monocultivo de maíz y en el sistema maíz+frijol y en el sistema maíz+frijol-sorgo respectivamente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

La evaluación se llevó a cabo en las regiones de Izalco y San Andrés (Anexo 1); que corresponden a áreas de influencia de agencias de extensión donde se ejecuta el programa de Recursos Naturales; las cuales se describen a continuación:

Localidad 1: Agencia de extensión de Santa Ana; se encuentra ubicada en el departamento de Santa Ana dentro de los tipos de suelo regosoles, litosoles y entosoles con fases de todos los consolidados onduladas a fuertemente onduladas; con coordenadas geográficas 13°56'24.5"LN 89°28'55.7"LW y 14°04'16.51"LN 89°37'22.1"LW, con una precipitación promedio de 1750 mm, una elevación de 790 msnm y temperatura entre 16 °C y 37 °C. Los cultivos predominantes de la zona lo constituyen café y especies frutales; sin embargo, se encuentran esparcidos por todo el departamento cultivos de granos básicos, principalmente de pequeños y medianos productores.

Localidad 2: Agencia de San Juan Opico; ubicada en el departamento de La Libertad con coordenadas geográficas 13°48'04.01"LN 89°18'00.4"LW y 13°55'59.57"LN 89°24'50.9" LW, con una elevación de 460 msnm, temperatura entre 17 °C y 31 °C, la precipitación promedio de la zona es de 1600 mm. Los tipos de suelo predominantes de la zona lo constituyen los grumosoles, litosoles y latosoles arcillo rojizo con fases de casi a nivel a fuertemente alomada. Los cultivos predominantes de la zona lo constituyen los granos básicos, cultivos hortícolas y especies frutales (principalmente cítricos).

Los productores de la zona han adoptado labranza de conservación, practican no quema, carrileo de rastrojos e implementan obras de conservación de suelos.

3.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La recolección de la información se dividió en dos etapas, la primera etapa estuvo dirigida a la información secundaria, considerando todos aquellos aspectos relacionados con las características edafoclimáticas del entorno de los sistemas de

acequia de ladera; la otra clase de información obtenida fue de carácter primario y estuvo dividida en dos tipos, la primera de tipo biofísica tomada directamente en cada unidad experimental y la segunda de tipo socioeconómica que permitiera analizar de manera más objetiva la alternativa tecnológica.

3.2.1. Información secundaria

Con la finalidad de contar con información complementaria para la evaluación de los sistemas de acequia se colectó información secundaria; la información referente a la localización geográfica de las agencias de extensión se obtuvo del proyecto CENTA/FAO LADERAS. Los datos de precipitación y rangos de temperatura se obtuvieron a través del Departamento de Meteorología e Hidrología del Ministerio de Recursos Naturales; mientras que los datos de las características agroecológicas se obtuvieron de los registros de Informes de los Centros de Experimentación y Desarrollo Agropecuario de Izalco y San Andrés desarrollados por la Unidad de Seguimiento y Evaluación de Proyectos.

Los datos correspondientes a precios de insumos agrícolas, costos de producción y precios de venta de productos se obtuvieron de la revisión de los manuales elaborados por la Unidad de Economía Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

3.2.2. Información primaria

3.2.2.1. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 360 m² (36 m de longitud y 10 m de ancho) sembrada con el híbrido de maíz HQ-61 como cultivo indicador. La parcela con el tratamiento conservacionista contenía el sistema de acequias de ladera donde se instalaron nueve pines metálicos (estaciones de control) en zigzag (Solano 1986); mientras que la parcela control estuvo constituida por una parcela de igual área, sin el tratamiento conservacionista (Figura 1).

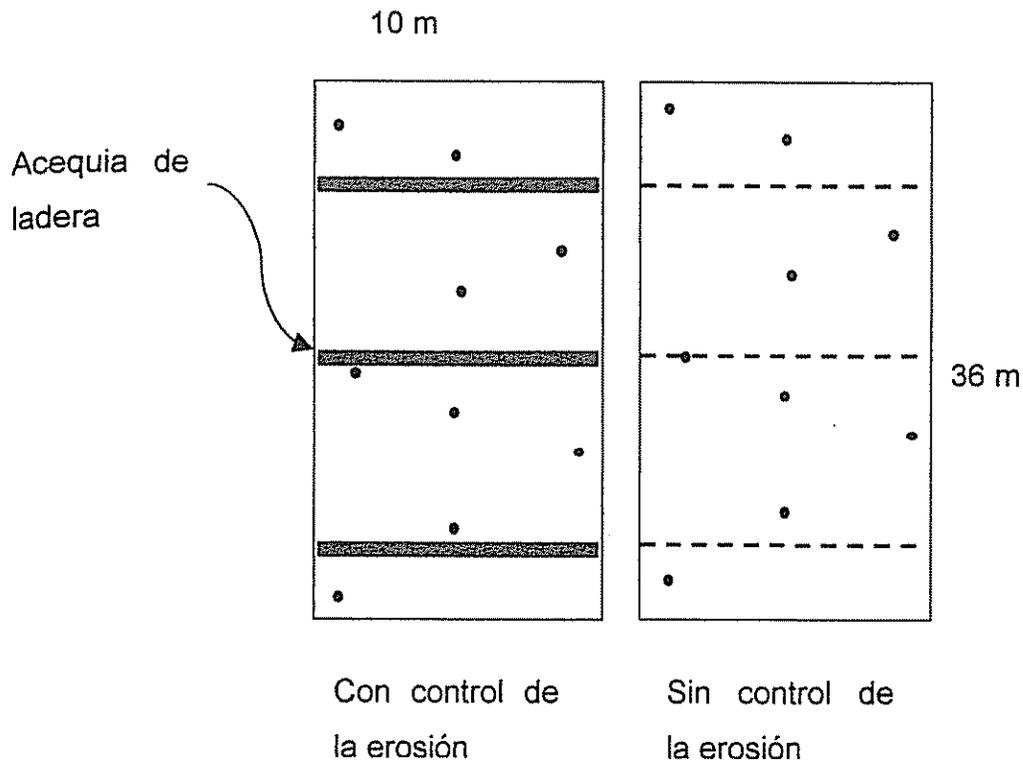


Figura 1. Plano de campo de las unidades experimentales, con tratamiento conservacionista y sin tratamiento conservacionista

3.2.2.2. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado para el establecimiento del ensayo fue el Diseño Irrestricto al Azar anidado con parcelas divididas en el tiempo, donde las parcelas grandes fueron las diferentes localidades seleccionadas (Santa Ana, y San Juan Opico), las parcelas medianas las áreas (repeticiones) y las parcelas pequeñas los diferentes sistemas evaluados (acequias de ladera y sistema tradicional utilizado por el productor); cada tratamiento fue replicado diez veces para estabilizar el coeficiente de variación y aumentar la precisión y la confiabilidad estadística.

3.2.2.3. Modelo lineal aditivo

El modelo matemático lineal que describe el comportamiento de las variables respuesta es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + R_{j/i} + T_k + (L*T)_{ik} + P_{Xl} + (P*X*L)_{il} + (P*X*T)_{ik} + (P*X*L*T)_{ikl} + \text{Error}_{ijkl}$$

donde:

- Y_{ijkl} : Respuesta observada en la parcela de la localidad i , repetición j , tratamiento k , dentro del periodo l
- μ : Media general del experimento
- L_i : Diferencia de localidad i , $i=1, 2$
- $R_{j/i}$: Efecto de la repetición j dentro de la localidad i , $i,j = 1, 2, \dots, 10$
- T_k : Efecto del tratamiento k , $k=1, 2$
- $(L*T)_{ik}$: Interacción Localidad*Tratamiento
- PX_l : Efecto de periodo de muestreo l , $l = 1, 2, 3, 4, 5$
- $(P*X*L)_{il}$: Interacción Periodo*Localidad
- $(P*X*T)_{lk}$: Interacción Periodo*Tratamiento
- $(P*X*L*T)_{ijkl}$: Interacción Periodo*Localidad*Tratamiento
- Error $_{ijkl}$: Error experimental

Cuyo análisis se representa en el Cuadro 1 de ANVA.

Cuadro 1. Análisis Básico de Varianza de los datos experimentales

Fuente de Variación	GL
Localidad	1
Repetición dentro de Localidad	18
Tratamiento	1
Localidad*Tratamiento	1
Periodo	4
Periodo*Localidad	4
Periodo*Tratamiento	4
Periodo*Localidad*Tratamiento	4
Error	162
Total	199

Sin embargo, al someter los datos a análisis de varianza se encontró significancia estadística únicamente para los tratamientos, no así para las interacciones;

acumulándose el efecto de las localidades en las repeticiones y el efecto de las interacciones al error experimental; asimismo el efecto de los muestreos se eliminó al promediar las variables evaluadas. Originándose un diseño experimental Irrestricto al Azar con dos tratamientos y veinte repeticiones. Para la comparación de medias de tratamientos se utilizó una significancia del 5% ($P < 0.05$).

3.2.2.4. Información experimental de carácter biofísico

Para la recolección de la información experimental de carácter biofísico, se realizaron lecturas directamente en cada una de las parcelas instaladas, las variables evaluadas fueron:

3.2.2.4.1. Estimación de la pérdida total de suelo

Para la determinación de la cantidad de suelo perdido en las parcelas evaluadas, se utilizó la metodología de los pines metálicos graduados tomando cinco lecturas de lámina de suelo perdido o retenido con intervalos de una semana; asimismo, se hizo necesaria la recolección de muestras de suelo con un cilindro muestreador en cada una de las parcelas con la finalidad de determinar la densidad aparente del suelo. Cada una de estas muestras fue colocada en una estufa de aire circulante a 105 °C durante 24 horas y posteriormente pesada. Las fórmulas de cálculo utilizadas fueron:

$$S_i = \lambda L_i * D_i$$

Donde:

S_i : Pérdida total de suelo $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$ en la localidad i, repetición j, tratamiento k , dentro del periodo l

L_i : Lámina de suelo en mm

D_i : Densidad aparente en $g\ cm^{-3}$

λ : Factor de conversión (10)

$$D_i = \frac{PSS_i}{V_c}$$

Donde:

D_i : Densidad aparente en $g\ cm^{-3}$

PSS_i : Peso de suelo seco en g
V_c : Volumen del cilindro muestreador cm³

Ejemplo numérico para una muestra particular

Lámina de suelo: 8.59 mm

Peso de suelo seco: 79.22 g

Volumen del cilindro: 68.706663132

D_i=79.22/68.71

P_i=8.59*1.153*10

P_i= 99 t ha⁻¹ año⁻¹

3.2.2.4.2. Transformación de datos a tasa o velocidad de pérdida de suelo

La tasa de pérdida de suelo representa la lámina de suelo que se pierde por unidad de área en función del tiempo transcurrido, las unidades en las que se expresa son mm día⁻¹; para su estimación se hizo necesario el ajuste de ecuaciones de regresión ($\hat{V}_{ijkl} = \beta_0 + \beta_i T_{ijkl} + \delta_{ijkl}$) en cada una de las unidades experimentales, considerando como variable independiente el tiempo transcurrido entre las lecturas (días) y como variable dependiente la lámina de suelo retenida o pérdida; los valores de β_i obtenidos corresponden a las velocidades de pérdidas de suelo. Posteriormente estos datos (coeficientes de regresión o velocidades de pérdida) se sometieron a análisis de varianza para determinar la efectividad de las acequias de ladera en el control de la erosión.

3.2.2.4.3. Contenido de macro nutrientes

Los macro nutrientes determinados en el estudio fueron Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio; sin embargo, las determinaciones de las perdidas se efectuaron en los primeros tres elementos, debido a la facilidad de reposición que el productor tiene con ellos. Para la determinación de estos elementos se tomaron muestras de suelo en cada una de las parcelas en orificios de 20 cm de ancho, 20 cm de largo y 20 cm de

profundidad. Posteriormente las muestras de suelo fueron llevadas al Laboratorio de Análisis de Suelo de PROCAFE para la determinación de los elementos antes mencionados .

3.2.2.4.4. Estimación de la pérdida total de nitrógeno

La pérdida total de nitrógeno se obtiene del producto del contenido de N en porcentaje determinado en el análisis de suelo por la pérdida total de suelo. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$PTN_i = N * S_i * 10$$

Donde:

PTN_i : Pérdida total de nitrógeno en kg ha⁻¹ año⁻¹ en la localidad i, repetición j, tratamiento k , dentro del periodo l

N : Contenido de Nitrógeno de las muestras de suelo en %

S_i : Pérdida total de suelo en t ha⁻¹ año⁻¹

$$PTN_i = 0.1950 * 99 * 10$$

$$PTN_i = 193.06 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

3.2.2.4.5. Estimación de la pérdida total de fósforo

La pérdida total de fósforo; al igual que la PTN_i, se obtuvo multiplicando el contenido de P en ppm determinado en el análisis de suelo por la pérdida total de suelo. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$PTP_i = \frac{P * S_i}{100}$$

Donde:

PTP_i : Pérdida total de fósforo en kg ha⁻¹ año⁻¹ en la localidad i, repetición j, tratamiento k , dentro del periodo l

P : Contenido de fósforo de las muestras de suelo en ppm

S_i : Pérdida total de suelo en t ha⁻¹ año⁻¹

$$PTP_i = 1.6 * 99/100$$

$$PTP_i = 0.1584 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

3.2.2.4.6. Estimación de la pérdida total de potasio

La pérdida total de potasio, se obtuvo multiplicando el contenido de K en ppm determinado en el análisis de suelo por la pérdida total de suelo. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$PTK_i = \frac{K * S_i}{100}$$

Donde:

PTK_i : Pérdida total de potasio en $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en la localidad i, repetición j, tratamiento k, dentro del periodo l

K : Contenido de potasio de las muestras de suelo en ppm

S_i : Pérdida total de suelo en $\text{t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$

$$PTK_i = 254 * 99/100$$

$$PTK_i = 25.15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

3.2.2.4.7. Determinación de la contribución del sistema de acequias al mantenimiento de la capacidad productiva del suelo.

Los nutrientes presentes en el suelo, "stock o riqueza natural" (δ_F) más la cantidad de nutrientes incorporados al suelo (F), representan el total de nutrientes disponibles ($\delta_F + F$); el empobrecimiento del suelo representa la cantidad de nutrientes perdidos por efecto de la erosión (δF^-). La degradación del recurso se da cuando la cantidad de nutrientes erosionados superan la cantidad de nutrientes incorporados ($\Delta = \delta_F + F - \delta F^-$) provocando la pérdida de los activos productivos, el empobrecimiento de la capacidad del suelo de soportar la producción y en el largo plazo la degradación ambiental producto de la esterilidad provocada por la erosión. De manera general se pueden representar los componentes de la siguiente manera:

$$(\delta_F + F) = \beta_0 + (\delta_F + F)^{\beta_1}$$

Donde:

- $(\delta_F + F)$: Estimación de la degradación o recuperación del suelo
 δ_F : Riqueza natural del recurso
 F : Nutriente incorporado en forma de fertilizante comercial
 β_0 y β_1 : Parámetros

por lo tanto la pérdida de nutrientes estaría dada por la siguiente expresión:

$$\Delta = (\delta_F + F) - \delta F^-$$

Donde δF^- representa la cantidad de nutriente perdido por efectos de la erosión.

Para la determinación de la contribución del sistema de acequias al mantenimiento de la capacidad productiva se hizo necesaria la transformación de los contenidos de elementos presentes en el suelo a kg ha^{-1} , asimismo con las cantidades de fertilizante adicionado a cada una de las parcelas se logró determinar la cantidad de cada uno de los elementos incorporado; la combinación de estas dos fuentes ofrece una buena aproximación a la cantidad total de cada uno de los elementos analizados. Una vez conocida la cantidad total de nutrientes y las cantidades de nutrientes perdidos, por medio de diferencia o a través del cálculo de ecuaciones de regresión se determina la degradación o contribución del sistema al mantenimiento de la capacidad productiva del suelo.

3.2.2.5. Información primaria de carácter socioeconómico

Con la finalidad de contar con información complementaria para la evaluación de los sistemas de acequia se colectó información de tipo socioeconómica de fuentes de opinión calificadas (productores y extensionistas) sobre características de la zona las cuales constituyen indicadores de importancia para la implementación de las acequias. Para la obtención de esta información se hizo necesaria la administración de una encuesta con preguntas abiertas y cerradas, la cual permitió conocer las impresiones de los productores acerca del sistema de acequias de ladera. De manera general la encuesta contempló las siguientes partes: caracterización de la parcela y el entorno,

variables del sistema de producción, Productividad, Información sobre los sistemas de acequias de ladera, etc.

3.2.2.5.1. Validación de la encuesta

Previo a la administración de la encuesta a los productores se realizó una prueba preliminar en el campo con una muestra (10%) de la población, con la finalidad de validar el instrumento de recolección de información.

3.3. ÍNDICES DE EFICIENCIA FINANCIERA.

Los índices de eficiencia financiera permiten conocer cuál es el costo relativo de los recursos utilizados, es decir, con cuánta eficiencia se utilizan.

3.3.1. Ingreso Neto

Este índice representa la cantidad de dinero que el productor obtiene una vez descontados todos los costos necesarios para la producción.

$$IN = IB - CT$$

Donde:

IN : Ingreso neto
IB : Ingreso bruto
CT : Costos totales

3.3.2. Relación beneficio/costo.

Esta razón indica el retorno en dinero obtenido por cada unidad monetaria invertida. En el caso de analizar la factibilidad económica de la implementación de las acequias de ladera, este índice se calculará tomando en cuenta los costos totales de la construcción de las obras.

$$B/C = \frac{IB - CT}{CT}$$

Donde:

B / C : Relación Beneficio-Costo
IB : Ingreso Bruto
CT : Costo Total

3.3.3. Retribución neta al capital de insumos.

Con este índice se calcula la retribución que se logrará por cada unidad monetaria invertida en insumos y se calculará de la siguiente manera:

$$RNCI = \frac{[IB - (CF + CMO)]}{CIS}$$

Donde:

RNCI	:	Retribución neta al capital de insumos
IB	:	Ingreso bruto
CF	:	Costo fijo
CMO	:	Costo mano de obra
CIS	:	Costo de insumos y servicios

3.3.4. Retribución a la mano de obra.

Este índice representa la retribución en dinero obtenido por cada jornal empleado en la alternativa tecnológica, es decir, indica la eficiencia de uso del trabajo humano y su forma de calcularlo es:

$$RMO = \frac{[IB - (CF + CIS)]}{J}$$

Donde:

RMO	:	Retribución a la mano de obra
IB	:	Ingreso bruto
CF	:	Costo fijo
CIS	:	Costo de insumos y servicios
J	:	Número de jornales

3.3.5. Retorno a la tierra.

Este índice presenta la retribución que se obtiene en dinero por la cantidad de tierra utilizada en la tecnología analizada. La fórmula de cálculo es:

$$RT = \frac{IB - (CMO + CIS)}{A}$$

Donde:

RT	:	Retorno a la tierra
----	---	---------------------

- IB : Ingreso bruto
- CMO : Costo mano de obra
- CIS : Costo de insumos y servicios
- A : Superficie en ha

3.3.6. Presupuestos parciales

Este método se utiliza para evaluar los efectos de la implementación de un cambio tecnológico o práctica alternativa sobre el comportamiento económico del sistema productivo, organizando los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos (CIMMYT, 1988; Ramírez, 1994).

3.6.7. Tasa de retorno marginal

Representa la cantidad de dinero adicional que el productor percibe por cada unidad adicional que invierte en la tecnología (CIMMYT, 1988). La fórmula de cálculo es:

$$TRM = \frac{\Delta B}{\Delta C}$$

Donde:

- TRM : Tasa de retorno marginal
- ΔB : Beneficios adicionales o marginales
- ΔC : Costos adicionales o marginales

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA FINCA

4.1.1. Tipificación de las acequias por la pendiente del terreno

La distribución de las pendientes o declive del terreno donde se implementan los sistemas de acequia presentan una distribución casi normal $N(\mu = 27, \sigma^2 = 1.22)$; asimismo el 25% de los productores utilizan acequias de ladera en terrenos cuyas pendientes son menores al 10% (Q_1), mientras que el 75% de los productores han implementado el sistema en terrenos con pendientes superiores a 15% (Q_3).

De acuerdo a los resultados presentados en el Anexo 3, se observa que la mayoría de los sistemas de acequias de ladera han sido implementados en terrenos cuyas pendientes oscilan entre 11 y 40%, presentando el rango de pendiente entre 21 a 30 % el mayor porcentaje de implementación (46.88%), tales resultados probablemente responden a las directrices trazadas por la DGRNR en 1977, la cual indica que en terrenos con pendientes entre el 12 y 50% debe establecerse como tratamiento conservacionista el sistema de acequias de ladera que interrumpa transversalmente la pendiente a un determinado distanciamiento. Asimismo, en el Anexo 4 se observa que la implementación del sistema de acequias se encuentra mayormente distribuido en aquellos productores que tienen como predominantes los cultivos anuales (79.01%), debido principalmente al hecho de que los cultivos de subsistencia como el maíz y el frijol se encuentran ampliamente difundidos en todo el territorio nacional; sin embargo, un 14.81% han sido implementadas en sistemas de cultivos permanentes, tales como especies frutales y forestales

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTOR

4.2.1. Justificación de la utilización del sistema de acequias de ladera

Los resultados obtenidos de la encuesta demuestran que el 37.5 % de los productores consideran que la importancia de la implementación de las acequias se debe al hecho de que aumenta el almacenamiento de agua y reduce los efectos de la erosión; asimismo un 18.8% de ellos consideran que unidos al hecho de que las acequias reducen los efectos de la erosión influye en la aceptación del sistema el incremento de

la capacidad de infiltración del agua y la recuperación de la capacidad productiva de los suelos (Anexo 5).

4.2.2. Eficiencia de la participación institucional en la transferencia del sistema de acequias de ladera

En el Anexo 6, se observa que el mayor porcentaje de promoción del sistema de acequias le corresponde al CENTA (53.13%); y a la Universidad Católica de Occidente (UNICO) la cual ha venido promocionando la implementación de los sistemas de conservación de suelo y agua con los estudiantes de último año de pre-grado. Naturalmente que el CENTA aparezca con el mayor porcentaje de transferencia radica en el hecho de que tiene por mandato el desarrollo de acciones conjuntas con técnicos extensionistas encaminados al manejo sostenible y conservación de los recursos naturales de El Salvador.

Sin embargo en el Anexo 7, se observa que a pesar de la divulgación desarrollada por las diferentes instituciones sobre los beneficios de los sistema de acequias de ladera y de la asistencia técnica brindada por el CENTA se ha encontrado que un 6.25% de los productores involucrados no realizan ningún mantenimiento a las acequias. Las causas de la falta de mantenimiento se presentan en el Anexo 8, destacándose la falta de tiempo para desasolar las acequias e incorporar los sedimentos al terreno como principal con un 75%.

La mayoría de los productores (79.69%) no han experimentado ninguna problemática para el establecimiento de los sistemas de acequias de ladera (Anexo 9); asimismo, se ha encontrado que un 20.31% de los productores manifestaron tener problemas con la implementación de los sistemas. La principal causa de la problemática manifestada (64.23%) se debe a la presencia de obstáculos (rocas) en el suelo (Anexo 10) ya que los suelos de El Salvador son en su mayoría de origen volcánico; mientras que el 35.77% de los problemas encontrados se deben a que cada vez es más difícil contratar mano de obra para la construcción de las acequias.

4.2.3. Experiencias técnicas

La información de las experiencias técnicas obtenidas con los sistemas de acequias de ladera se presentan en los Anexos 11 a 16, detallándose en cada uno de ellos la opinión de los productores respecto a la tecnología implementada.

En el Anexo 11 se puede observar que el 32.8 % de los productores consideran que las principales ventajas del sistema de acequias de ladera lo constituyen la retención del suelo, la reducción de la escorrentía y el aumento de la humedad del suelo; estos resultados concuerdan con los beneficios reportados por Gumero (1995) quien sitúa estos como los principales beneficios del sistema de acequias de ladera. Asimismo en el anexo 11-A se observa que el productor considera como de mayor relevancia la combinación formada de dos ventajas para la implementación del sistema de acequias de ladera.

No obstante los beneficios obtenidos de las acequias de ladera, algunos productores consideran que existen algunos puntos débiles en el sistema de acequias (Anexo 12); ya que un 48.28% de los productores argumentan que existe una disminución del área de siembra debido a la construcción de los canales; asimismo un 27.59% considera que el requerimiento de mano de obra podría ser una de las limitaciones de esta alternativa tecnológica.

A pesar de las desventajas reportadas por los productores, un 98.44% de ellos se encuentran satisfechos con la tecnología transferida (Anexo 13); además del total de productores encuestados un 70.31% de ellos planea construir más acequias de ladera en sus terrenos (Anexo 14); mientras que el 29.69% que no planean construir más acequias de ladera presentan como principal razón para esta decisión que la falta de mano de obra les impide seguir implementando el sistema (Anexo 15).

Al cuestionar a los productores sobre cuáles deberían ser las estrategias de las instituciones encargadas de la transferencia de tecnología para que más productores implementarán los sistemas y protegeran sus suelos contra la erosión, un 39.06% de

ellos opinaron que la mejor solución sería que se realizaran días de demostración y giras de campo a las parcelas que se encuentran protegidas contra la erosión a fin de que más productores puedan ver in situ los beneficios generados de esta alternativa tecnológica; sin embargo, un 21.88% consideran que el gobierno y la empresa privada deben desempeñar un papel más protagónico otorgando créditos blandos que los agricultores puedan utilizar para la implementación de las obras. (Anexo 16).

4.3. ASPECTOS AGRONÓMICOS BÁSICOS DE EFICIENCIA DE LAS ACEQUIAS DE LADERA

4.3.1. Pérdida total de suelo

La estimación de la lámina de suelo desplazada se obtuvo a partir de los datos registrados en los Anexos 17 a 22; asimismo el Anexo 23 presenta los valores de las densidades aparentes de las unidades experimentales. Estos datos sirvieron como base para la estimación de la pérdida total de suelo en la localidad *i*, repetición *j*, tratamiento *k*, dentro del periodo *l*. Asimismo en la Figura 2 y Cuadro 2, se presentan los valores promedios de la pérdida de suelo por cada tratamiento evaluado. Al realizar el análisis de varianza a los datos de pérdida total de suelo, se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos (Anexo 25), siendo el tratamiento con el sistema de conservación de suelo el que presenta la menor pérdida de suelo con un valor promedio de $83 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ contra el tratamiento tradicional o testigo, el cual presenta un valor promedio de $105 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; significando una diferencia de $22 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Figura 2). Los resultados encontrados concuerdan con los reportados por CENTA (1985) y Solano (1986) quienes reportan pérdidas de suelo que oscilan entre las 20 y $300 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Cuadro 2. Determinaciones de las pérdidas totales de suelo en $t\ ha^{-1}a\tilde{no}^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico. Mayo- junio de 2,000.

Repetición	T1	T0
I	99	167
II	100	128
III	108	92
IV	135	133
V	70	109
VI	65	32
VII	52	10
VIII	135	146
IX	99	106
X	148	141
XI	30	86
XII	30	90
XIII	49	112
XIV	72	112
XV	80	92
XVI	91	101
XVII	89	106
XVIII	96	114
XIX	66	109
X	49	122
Total	1665	2107
Promedio	83	105
Desv	33	36

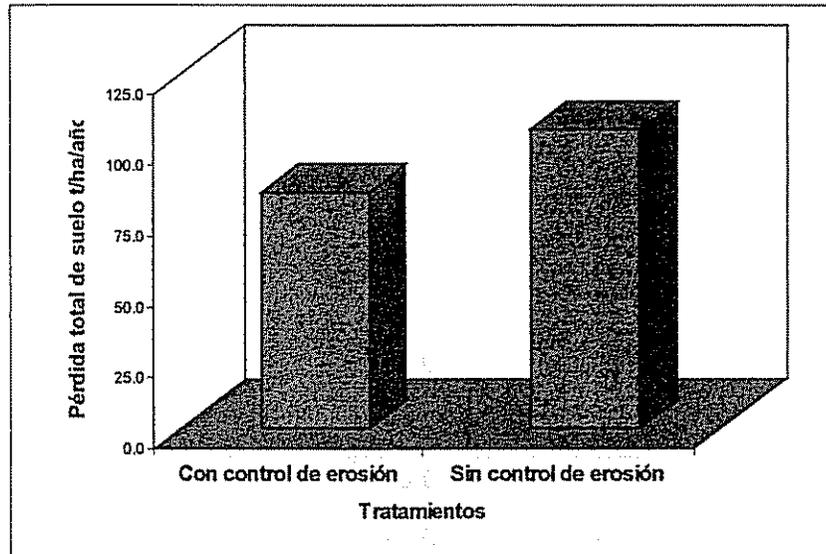


Figura 2. Pérdida total de suelo por tratamiento en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2000.

4.3.2. Tasa o velocidad de pérdida de suelo

La tasa de pérdida de suelo se presenta en el Cuadro 3. Esta variable representa la cantidad de suelo que se erosiona por unidad de área en función del tiempo transcurrido; el análisis de varianza (Anexo 26) señala una diferencia estadística significativa entre tratamientos a una probabilidad de error de 5% ($P < 0.05$); asimismo se observa que la menor tasa de pérdida de suelo ocurre en el sistema de control de la erosión con un valor promedio de $0.024\ mm\ día^{-1}$ comparado con el sistema tradicional con una tasa de pérdida de $0.041\ mm\ día^{-1}$; dichos resultados reflejan la importancia de la implementación del sistema de acequias para la protección y conservación del suelo debido a que el sistema reduce la pérdida del suelo en un 58% (Figura 3).

Cuadro 3. Determinación de las tasas de pérdida de suelo en mmdía^{-1} , Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico. Mayo- junio de 2,000.

Repetición	T1	T0
I	-0.04272	-0.0809
II	-0.04665	-0.05787
III	-0.03678	-0.04753
IV	-0.04173	-0.06109
V	-0.01289	-0.05473
VI	-0.03742	-0.04303
VII	-0.04926	-0.08816
VIII	-0.04939	-0.04481
IX	-0.05199	-0.04181
X	-0.04624	-0.04355
XI	0.01371	-0.02052
XII	-0.00272	-0.03283
XIII	0.00159	-0.02394
XIV	-0.01341	-0.02908
XV	-0.00246	-0.01753
XVI	-0.01877	-0.02454
XVII	-0.01411	-0.02763
XVIII	-0.02463	-0.02061
XIX	-0.01745	-0.0358
X	0.0057	-0.02915
Total	-0.48762	-0.82511
Promedio	-0.02438	-0.04125
Desv	0.021	0.019

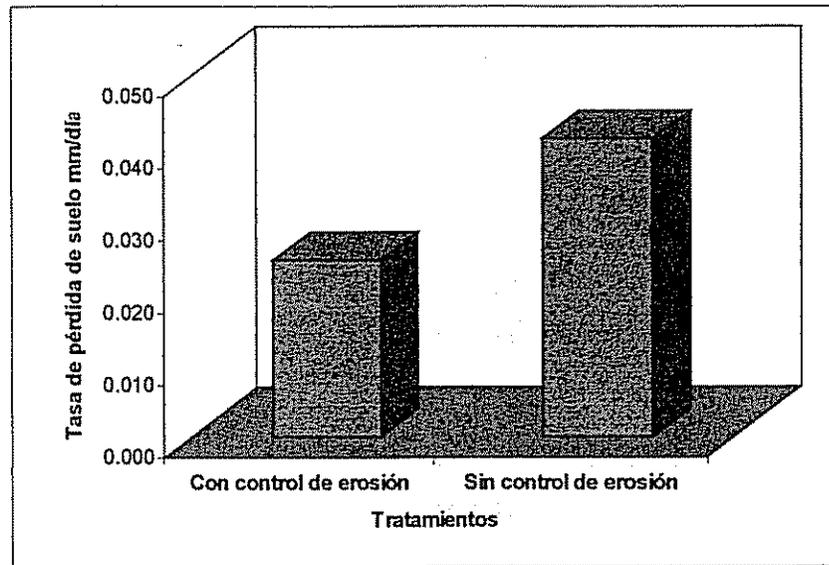


Figura 3. Tasa de pérdida de suelo por tratamiento en mm día^{-1} , Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2000.

4.3.3. Pérdida de nutrientes

La erosión del suelo conlleva a la pérdida de nutrientes como activos productivos del suelo; en términos globales la pérdida se traduce en la reducción de la capacidad de producción ya que cada vez hay que añadirle más cantidad de abonos para producir siempre cosechas muy inferiores a las que produciría en un suelo sin degradar. La determinación de la cantidad de elementos presentes en el suelo se registran en el Anexo 24, el cual sirvió de base para la estimación de las pérdidas totales de cada uno de los elementos en estudio.

4.3.3.1. Pérdida total de nitrógeno

Los datos obtenidos para la variable pérdida total de nitrógeno se muestra en el Cuadro 4; al someter estos datos al análisis de varianza (Anexo 27), se aprecia una diferencia estadística significativa entre tratamientos a una probabilidad de error del 5% ($P < 0.05$); apreciándose que el tratamiento con el sistema de conservación de suelo presenta el menor valor de pérdida total de nitrógeno con un valor de $143.78 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ contra $209.63 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Figura 4).

Cuadro 4. Determinación de la pérdida total de nitrógeno en $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico. Mayo- junio de 2,000.

Repetición	T1	T0
I	193.06	402.54
II	118.24	146.99
III	109.16	96.05
IV	131.19	165.8
V	141.78	258.75
VI	104.74	41.96
VII	113.22	11.98
VIII	234.66	202.64
IX	95.68	117.97
X	216.05	235.45
XI	44.35	273.03
XII	49.94	395.2
XIII	124.14	199.39
XIV	141.22	242.44
XV	121.73	134.22
XVI	189.88	196.48
XVII	237.01	213.3
XVIII	220.58	278.1
XIX	157.04	274.7
X	131.99	305.61
Total	2875.66	4192.6
Promedio	143.78	209.63
Desv	55.86	102.16

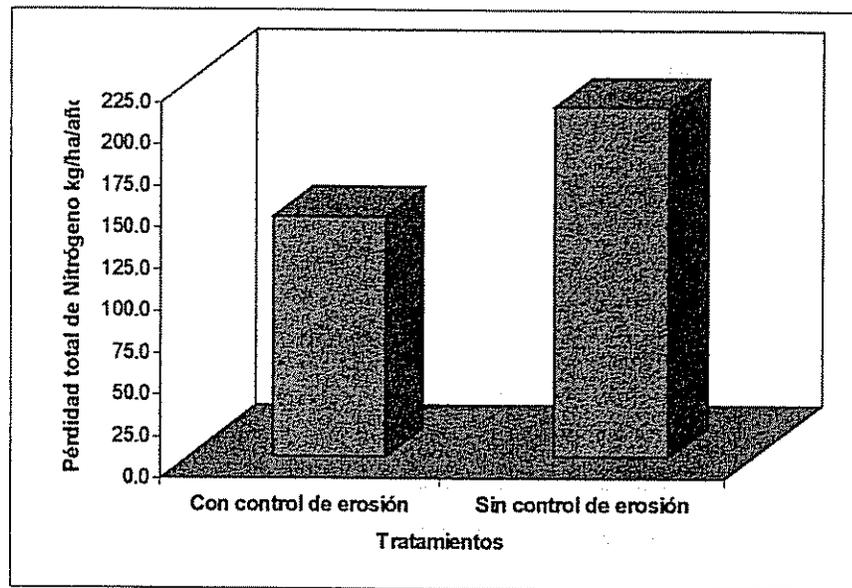


Figura 4. Pérdida total de nitrógeno por tratamiento en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2000.

4.3.3.2. Pérdida total de fósforo

Los datos de pérdida total de fósforo se presentan en el Cuadro 5, los cuales al ser sometidos al análisis de varianza presentan un comportamiento estadísticamente similar entre tratamientos (Anexo 28); sin embargo, el tratamiento tradicional o testigo presenta la menor pérdida de fósforo con un valor promedio de $0.44\ kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$, comparado con el tratamiento con el sistema de conservación de suelo con un valor de $0.60\ kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$ (Figura 5); estos resultados reflejan el hecho de que el fósforo es relativamente estable en los suelos y no manifiesta una elevada transferencia, debido principalmente a que se encuentra en las rocas del material originario de los suelos (Fassbender 1993).

Cuadro 5. Determinación de la pérdida total de fósforo en $\text{kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico. Mayo-junio de 2,000.

Repetición	T1	T0
I	0.1584	0.2004
II	0.1202	0.4474
III	0.5944	0.1662
IV	2.7049	0.3316
V	0.5475	0.2729
VI	1.9508	0.4736
VII	1.7245	0.1150
VIII	1.0115	0.4519
IX	0.1973	0.1700
X	0.3995	3.8490
XI	0.1549	0.1030
XII	0.0987	0.1078
XIII	0.4673	0.4369
XIV	0.3404	0.2469
XV	0.4245	0.1471
XVI	0.3362	0.4333
XVII	0.1610	0.1478
XVIII	0.2302	0.2507
XIX	0.2187	0.1751
X	0.1068	0.1948
Total	11.9477	8.7214
Promedio	0.5973	0.4361
Desv	0.71	0.81

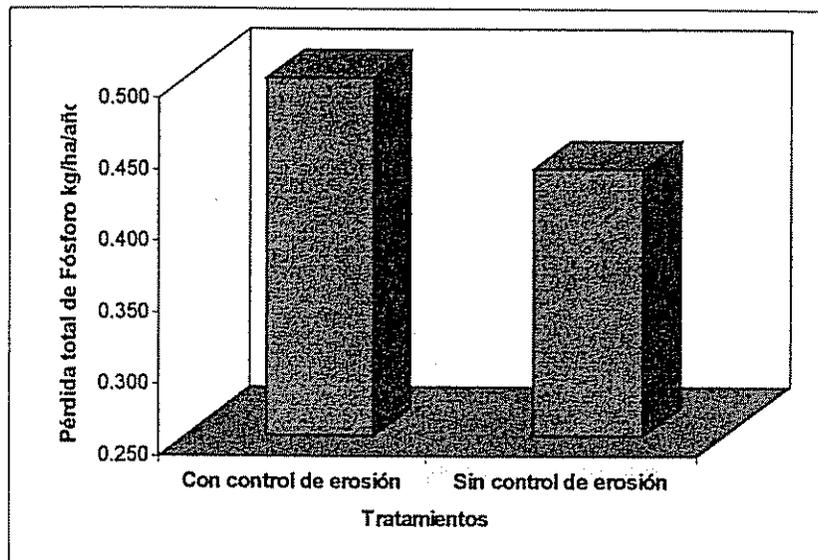


Figura 6. Pérdida total de fósforo por tratamiento en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2000.

4.3.3.3. Pérdida total de potasio

Los datos obtenidos para la variable pérdida total de potasio se muestran en el Cuadro 6; al someter estos datos al análisis de varianza (Anexo 29), se observa que no existe una diferencia estadística significativa entre tratamientos; además se nota para el tratamiento con el sistema de conservación de suelo la menor pérdida total de potasio con un valor de $26.51\ kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$ contra $34.37\ kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$ para el tratamiento sin control de la erosión (Figura 6).

Cuadro 6. Determinación de la pérdida total de potasio en $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico. Mayo-junio de 2,000.

Repetición	T1	T0
I	25.15	64.64
II	12.22	25.82
III	34.80	15.70
IV	24.07	13.53
V	26.04	36.68
VI	9.10	3.59
VII	8.02	0.57
VIII	28.46	23.33
IX	16.57	30.29
X	25.16	69.23
XI	12.42	11.93
XII	8.43	21.56
XIII	37.19	61.83
XIV	27.74	50.62
XV	38.12	31.16
XVI	30.71	41.61
XVII	63.32	40.76
XVIII	57.64	60.86
XIX	31.74	33.82
X	13.25	49.92
Total	530.15	687.45
Promedio	26.51	34.37
Desv	15.13	20.46

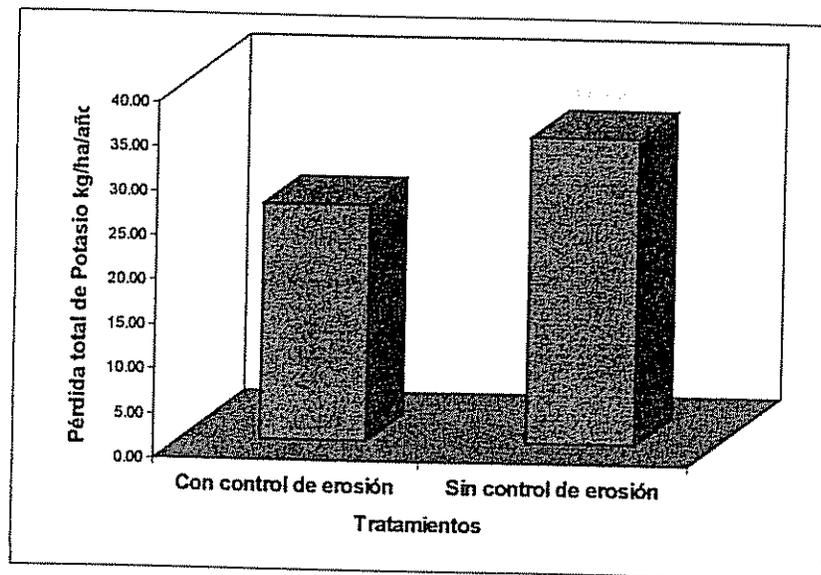


Figura 6. Pérdida total de potasio por tratamiento en $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$, Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2000.

4.3.4. Contribución del sistema de acequias al mantenimiento de la capacidad productiva del suelo

La contribución del sistema de acequias al mantenimiento del recurso suelo se presenta en el Cuadro 7, notándose claramente que la utilización de esta alternativa tecnológica reduce considerablemente el desgaste provocado por la erosión, ya que se observa una pérdida neta de $0.2\ kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$ en el tratamiento conservacionista contra $66\ kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$ en el sistema de producción tradicional. La implementación del sistema de acequias permite un manejo efectivo del suelo mejorando la capacidad productiva del suelo y evitando la degradación ambiental, ya que se observa que la implementación de las acequias produce un incremento de 8.6% en el contenido de fósforo y de un 35% en el contenido de potasio. En las Figura 7 y Figura 8 se observa de manera general el comportamiento de los estados de los nutrientes. El estado base se refiere a la cantidad de nutriente que esta presente en el suelo como "stock o reserva natural", el total se refiere a la cantidad de nutriente después de adicionar el fertilizante comercial y el final se refiere a la cantidad de nutriente que queda disponible en el suelo una vez que ha existido pérdida por efectos de la erosión; al existir una degradación del recurso (Figura 7) el estado final se ubicaría por abajo del estado base; mientras que de existir una

acumulación de nutrientes (Figura 8) el estado final se localizaría arriba del estado base lográndose una sostenibilidad en el recurso y asegurándose el soporte de la producción agrícola.

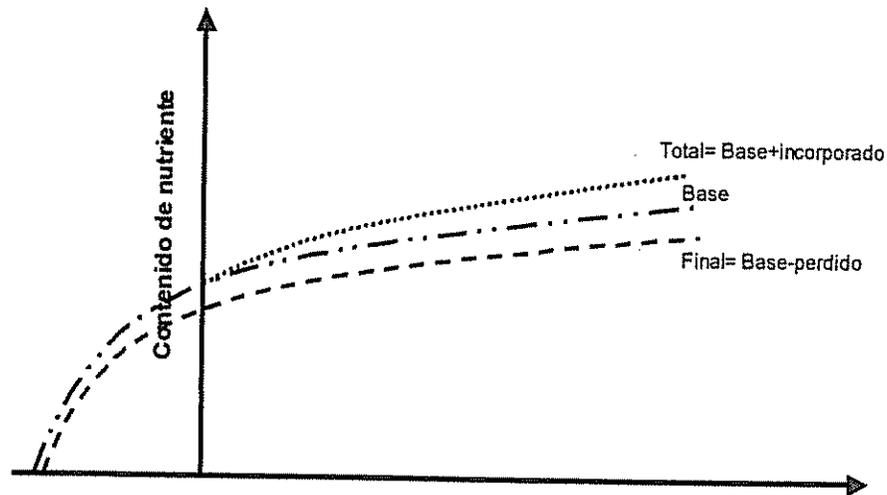


Figura 7. Degradación del recurso suelo como consecuencia de la pérdida de nutrientes por efecto de la erosión.

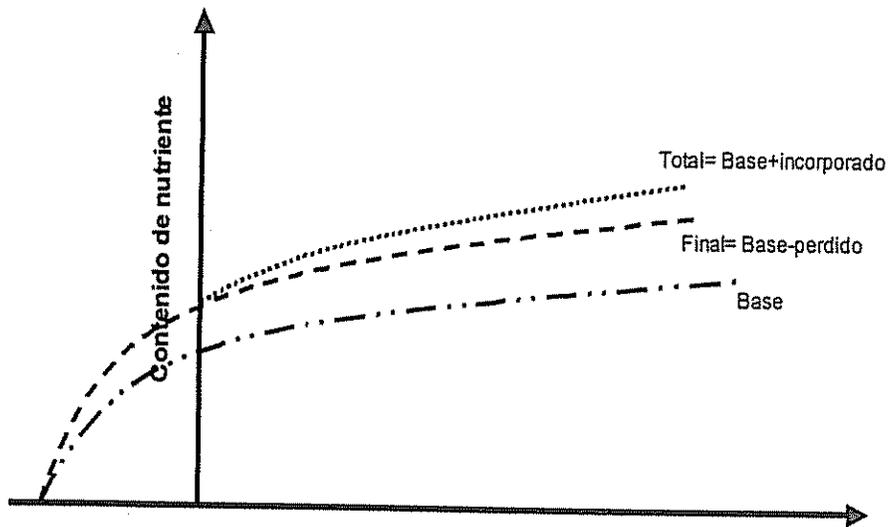


Figura 8. Recuperación del recurso suelo como producto de la acumulación de nutrientes.

Cuadro 7. Contribución del sistema de acequias de ladera al mantenimiento de la capacidad productiva del suelo.

Estados	Cantidad de nutrientes kg ha ⁻¹					
	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	CCE	SCE	CCE	SCE	CCE	SCE
Base δ_F	577.3	652.3	2.42	1.53	61.5	101.1
Incorporado F	143.6	143.6	56.7	56.7	56.7	56.7
Total ($\delta_F + F$)	720.9	795.9	59.12	58.23	118.2	157.8
Perdido δF^-	143.8	209.6	0.6	0.4	26.5	34.4
Final Δ	-0.2	-66	58.52	57.83	30.2	22.3

CCE: con control de erosión

SA: Sin control de erosión

4.3.5. Relación de los tratamientos y el rendimiento de un cultivo indicador

Los resultados obtenidos para este análisis se presentan en la Figura 9, el análisis de varianza de los datos (Anexo 30) demuestra una marcada diferencia estadística entre tratamientos, presentando el tratamiento con el sistema de conservación de suelo un rendimiento de 3,266 kg ha⁻¹ comparado con el tratamiento tradicional o testigo con un valor de 2,226 kg ha⁻¹. Estos resultados difieren con los resultados reportados por González, et al (1997) ya que no encontraron una diferencia significativa entre tratamientos, debido a que el estudio fue realizado en el primer año de establecimiento del sistema y aún no se obtenían los beneficios de la retención de suelo.

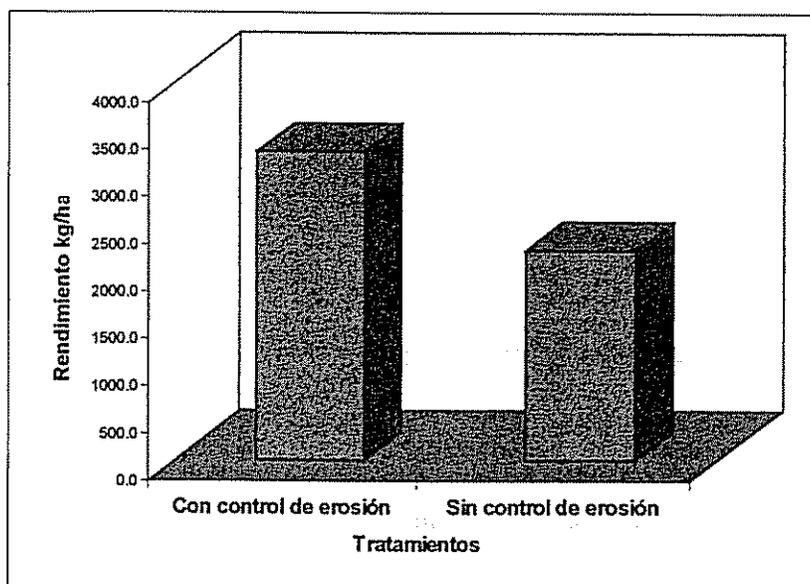


Figura 9. Rendimiento promedio del cultivo de maíz en kg ha^{-1} , Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico, mayo-junio de 2000.

4.4. APOORTE DEL SISTEMA DE ACEQUIAS A LA ECONOMÍA FAMILIAR DE LOS PRODUCTORES

4.4.1. Estimación de la cantidad de fertilizante requerido para reponer los elementos perdidos

Con los datos de pérdidas de elementos reportados en los Anexos 29, 31 y 33 se procedió a convertir las pérdidas de nutrimentos a su equivalente en fertilizante comercial con valor económico directo (Cuadro 8).

4.4.1.1. Estimación de fertilizante requerido para reponer el fósforo erosionado:

Fertilizante Utilizado: 15-15-15

Pérdida Total de fósforo en SCE: $0.4378 \text{ kg ha}^{-1}$

15 Kg ----- 100 kg

0.4361 Kg ----- X

$$X = \frac{0.4361 \times 100}{15} \quad X = 2.91 \text{ kg}$$

Pérdida Total de fósforo en CCE: 0.5973 kg ha⁻¹

15 Kg ----- 100 kg

0.5973 Kg ----- X

$$X = \frac{0.5973 \times 100}{15} \quad X = 3.98 \text{ kg}$$

4.4.1.2. Estimación de fertilizante requerido para reponer el potasio erosionado:

Fertilizante Utilizado: 0-0-60

Pérdida Total de potasio en SCE: 34.37 kg ha⁻¹

Cantidad de potasio a reponer = PTKSCE – aporte de fert 15-15-15 en SCE

$$= 34.37 - 0.4361$$

$$= 33.9339 \text{ Kg}$$

60 Kg ----- 100 Kg

33.9339 Kg ----- X

$$X = \frac{33.9339 \times 100}{60} \quad X = 56.56 \text{ kg}$$

Pérdida Total de potasio en CCE: 26.51 kg ha⁻¹

Cantidad de potasio a reponer = PTKCCE – aporte de fert 15-15-15 en CCE

$$= 26.51 - 0.5973$$

$$= 25.9127 \text{ Kg}$$

60 Kg ----- 100 Kg

25.9127 Kg ----- X

$$X = \frac{25.9127 \times 100}{60} \quad X = 43.19 \text{ Kg}$$

4.4.1.3. Estimación de fertilizante requerido para reponer el nitrógeno erosionado:

Fertilizante Utilizado: Urea

Pérdida Total de nitrógeno en SCE: 209.63 kg ha⁻¹

Cantidad de nitrógeno a reponer = PTNSCE – aporte de fert 15-15-15 en SCE

$$= 209.63 - 0.4361$$

$$= 209.19 \text{ Kg}$$

46 Kg ----- 100 Kg

209.19 Kg ----- X

$$X = \frac{209.19 \times 100}{46} \quad X = 348.65 \text{ Kg}$$

Pérdida Total de Nitrógeno en CCE: 143.78 Kg ha⁻¹

Cantidad de Nitrógeno a reponer = PTNCCE – aporte de fert 15-15-15 en CCE

$$= 143.78 - 0.5973$$

$$= 143.18 \text{ Kg}$$

60 Kg ----- 100 Kg

143.18 Kg ----- X

$$X = \frac{143.18 \times 100}{46} \quad X = 238.63 \text{ Kg}$$

Cuadro 8. Costos por tratamiento necesarios para reponer los nutrientes perdidos en el suelo en colones salvadoreños.

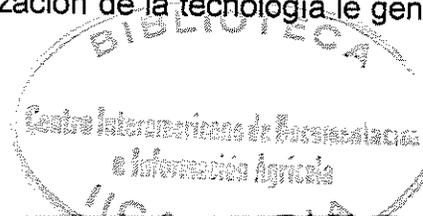
Fertilizante	Sin control de erosión kg			Con control de erosión kg		
	Cantidad	Costo	Total	Cantidad	Costo	Total
15-15-15	2.91	2.37	6.9	3.98	2.37	9.43
0-0-60	56.56	2.15	121.6	43.19	2.15	92.86
Urea	348.65	1.99	693.81	238.63	1.99	474.87
Total	822.31			577.16		

Como puede observarse en el Cuadro 8, la utilización del sistema de acequias de ladera le representan al productor un ahorro de 245.15 colones salvadoreños, este resultado debe ser un indicador que permita orientar los esfuerzos de las instituciones de generación y transferencia de tecnología a la ejecución de proyectos encaminados a la protección del recurso suelo mediante la implementación de obras físicas de conservación.

4.4.2. Valoración financiera

La valoración financiera estuvo dirigida a la evaluación de los resultados económicos que sirvan como criterios de decisión, proporcionando los elementos de juicio para determinar si la implementación de la tecnología contribuye a la optimización de los recursos, determinando además desde el punto de vista del productor si la inversión que se efectúa en el sistema de acequias le retribuye lo invertido. Los indicadores financieros trabajan bajo el supuesto que todo el beneficio obtenido es producto únicamente de la inversión hecha en el factor productivo analizado; sin embargo, los indicadores revierten importancia al ser utilizados como criterio de comparación entre dos alternativas de producción, resultando la mejor alternativa tecnológica aquella cuyos índices financieros sean mayores.

Los resultados del análisis financiero se presentan en el Cuadro 9. Estos resultados indican la rentabilidad del sistema de acequias ya que proporciona un ingreso neto de 841.84 colones por hectárea; mientras que la no utilización de la tecnología le genera al



productor una pérdida neta de 748.31 colones por hectárea; asimismo, se observa en la relación B/C la capacidad del sistema de multiplicar la inversión hecha en él, por cada colón que el productor invierte en la tecnología recupera el colón más un excedente de 0.19 colones, mientras que en sistema de producción sin acequias de ladera existe una pérdida de 0.17 colones.

Cuadro 9. Ingresos y costos generados en el cultivo de maíz bajo los sistemas de producción sin control de erosión y con control de erosión. Agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico. mayo-junio de 2000.

Concepto	Sin control de erosión	Con control de erosión
Rend kg ha ⁻¹	2226	3266
Precio kg ⁻¹	1.62	1.62
Ing Bruto	3602	5285
Costo Fijo	381	381
Costo M.O.	1823	2161
Costo Insumos	1324	1324
Costo de pérdida de nutrientes	822.31	577.16
Costo Total	4350.31	4443.16
Ingreso Neto	-748.31	841.84
Relación B/C	0.83	1.19
Retribución al capital de insumos	9.92	37.34
Retribución a mano de obra	18.53	51.77
Retorno a la tierra	2809	11113
Retorno a la tierra por m ²	0.28	6.86

La retribución neta al capital de insumos indica una pérdida de 9.92 colones, cuando se utilizan estos en terrenos desprotegidos; este valor obtenido contrasta con el del sistema de producción conservacionista ya que se nota que por cada colón que el

productor invierte en la conservación de su parcela obtiene un ingreso adicional de 37.34 colones por cada colón que invierte en insumos.

La utilización de mano de obra para la implementación de las acequias ha sido reportada como una de las principales desventajas del sistema; sin embargo se puede observar en el Cuadro 5, que cuando el productor implementa este tipo de obras de conservación en su terreno obtiene ingreso de 51.77 colones por cada jornal invertido; caso contrario ocurre con el productor que no implementa los sistemas ya que este tiene una de 18.53 colones por cada jornal.

La utilización del área útil de siembra para la implementación del sistema de acequias de ladera se transforma de una desventaja detectada por los productores a una fortaleza del sistema; ya que de acuerdo a los valores obtenidos de retorno a la tierra por cada m^2 que se invierte en la tecnología conservacionista se obtiene una retribución de 6.86 colones; mientras que en el sistema de producción tradicional únicamente se recuperan 0.28 colones por m^2 .

En el Cuadro 10 se presenta el presupuesto parcial para el sistema de producción con control de la erosión y el sistema sin control de erosión. Claramente se nota que los beneficios netos logrados con la utilización del sistema de producción tradicional son menores ya que el productor obtiene un ingreso de 2779.69 colones por hectárea; comparado con los beneficios generados con la alternativa tecnológica donde se obtiene un beneficio neto de 4,370.07 colones por hectárea; representando un beneficio adicional del 57%.

Cuadro 10. Presupuesto parcial para el sistema de producción con control de erosión y el sistema tradicional de producción.

Concepto	Sin control	Con control
Rend kg ha ⁻¹	2226	3266
Precio kg ⁻¹	1.62	1.62
Beneficios brutos de campo	3602	5285
Costo de acequias	0	337.77
Costo de pérdida de nutrientes	822.31	577.16
Costo Total	822.31	914.93
Beneficios netos	2779.69	4370.07

De acuerdo a los beneficios netos, obtenidos el agricultor debería adoptar la alternativa tecnológica; sin embargo, el agricultor debe tomar en cuenta el aumento en los costos, ya que aunque al calcular los beneficios netos se incluyan los costos que varían, es necesario comparar los costos adicionales o marginales con los beneficios netos o marginales. En el Cuadro 11 se observa que si el productor decide cambiar su sistema de producción habitual por el sistema con conservación de suelo debe hacer una inversión adicional de 92.62 colones por hectárea para obtener beneficios adicionales de 1,590.38 colones por hectárea. Al dividir los beneficios adicionales entre los costos adicionales se aprecia que por cada colón en promedio que se invierte en la alternativa tecnológica, el productor recupera su colón más 17.17 colones por hectárea, lo cual equivale a una tasa de retorno marginal de 1,717%.

Cuadro 11. Análisis marginal para el sistema de producción con control de erosión comparado con el sistema tradicional de producción

Concepto	Sin control de erosión	Con control de erosión
Costo de acequias	0	337.77
Costo de pérdida de nutrientes	822.31	577.16
Costo Total	822.31	914.93
Inversión adicional para la tecnología		92.62
Beneficios netos	2779.69	4369.95
Beneficio adicional para la tecnología		1590.38
Ingreso marginal		17.17
Tasa de retorno marginal (%)		1717

El Anexo 31, presenta el análisis de retorno para la conservación de suelos utilizando las acequias de ladera. La inversión hecha en el sistema de control de erosión se recupera en el octavo año de establecimiento de la alternativa tecnológica. El valor presente neto de los retornos de la conservación, descontados a 20%, es de 1004 colones por hectárea para el año 10, a partir del cual la alternativa tecnológica se vuelve sostenible.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos de la caracterización de las 40 parcelas establecidas y de los 64 productores entrevistados en la investigación, permiten formular las siguientes conclusiones y recomendaciones:

5.1. CONCLUSIONES

El principal efecto de la erosión del suelo es la pérdida de profundidad y nutrientes como activos productivos, provocando condiciones desfavorables para el desarrollo de los cultivos.

La implementación del sistema de acequias permite un manejo racional del suelo manteniendo o mejorando la base del recurso y protegiéndolo contra el empobrecimiento generado por la erosión.

La menor tasa de pérdida de suelo se registra en aquellos terrenos donde se ha implementado el sistema de acequias de ladera.

La implementación del sistema de acequias de ladera favorece la acumulación de nutrientes y reduce el desgaste del suelo.

En las parcelas con sistema de acequias de ladera, el rendimiento de maíz aumentó en un 46%, debido a la menor pérdida de nutrientes.

La implementación del sistema de acequias de ladera, se ve afectada principalmente por la disponibilidad de mano de obra.

Con base en los criterios de evaluación financiera se observa la rentabilidad de las acequias de ladera en la producción y protección del recurso suelo; el productor obtiene un ingreso neto de 841.84 colones por hectárea, una relación B/C de 1.19 y una retribución neta al capital de insumos de 37.34 colones.

La implementación del sistema de acequias de ladera adquiere una gran importancia al generar un ingreso de 6.86 colones por cada m² que se invierte; asimismo el productor obtiene una retribución a su mano de obra de 51.77 colones por cada jornal invertido.

La implementación del sistema de producción con control de erosión genera un beneficio adicional de 57%, comparado con el beneficio obtenido con el sistema de producción tradicional.

Por cada colón en promedio que el productor invierte en la alternativa tecnológica, obtiene un ingreso adicional de 17.17 colones por hectárea, equivalente a una tasa de retorno marginal de 1,717%.

De acuerdo a los datos de retorno obtenidos, se observa que el productor recupera la inversión realizada en el sistema de acequias en un período de 8 años, a partir de los cuales la alternativa tecnológica se vuelve sostenible.

5.2. RECOMENDACIONES

Continuar las evaluaciones por un periodo mínimo de cinco años a fin de determinar la dinámica de la degradación o recuperación del recurso suelo, aumentando el número de localidades para contar con una mejor caracterización del sistema.

Dado el carácter experimental del estudio se recomienda someter los resultados obtenidos a una validación con los productores de las zonas de ladera de El Salvador, a fin de detectar que factores estudiados requieren una mayor investigación, con el propósito de brindar al productor una tecnología apropiada al entorno edafoclimático y de acuerdo a sus condiciones socioeconómicas.

Diseñar e implementar un programa masivo de capacitación orientado a la divulgación de los beneficios generados con la aplicación de las obras de conservación de suelo.

Diseñar una estrategia de coordinación interinstitucional con el fin de canalizar recursos y experiencias y reducir duplicidades de esfuerzos, garantizando el éxito de las actividades de conservación de suelos.

Debido a la diversidad de obras de conservación de suelo existentes y características agro ecológicas de las diferentes zonas de El Salvador, se recomienda realizar estudios similares considerando otras alternativas tecnológicas (abonos verdes, rastrojos, barreras, etc).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Almendares, R.D.; Estrada, J.V.; Leonard, D. 1995. Análisis beneficio/costo de sistemas de producción mejorados. Tegucigalpa, Honduras. Proyecto LUPE. p. 39-55.
- Azqueta, D. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. Universidad de ALCALA de Henares. McGraw-Hill, Madrid, España. p 3-18.
- Banco Mundial. 1992. Informe sobre el desarrollo mundial, 1992: Desarrollo y medio ambiente. Banco Mundial, Washington, D.C. U.S.A.
- Barrier, E. 1990. The farm level economics of soil conservation: The Uplands of Java. Lands Economics, Vol 66 NE 2, p.199-211.
- Bertoni, L.; Lombardi, J. 1985. Conservación de suelo. Piracicaba, Livrecerrs. 392 p.
- Bragnolo, N. 1995. Manual integrado de Prácticas conservacionistas. Documento de Campo 10. Proyecto Regional FAO GCP/RLA/107/JPN. Santiago de Chile. p. 2-15.
- Carls, J.; Reiche, C.; Jauregui, M. 1997. Experiencias internacionales en conservación de suelos. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura/ Proyecto IICA/GTZ. San José, Costa Rica. Serie de Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales. 41 p.
- Castro, E.; Barrantes, G. 1998. Formulación de políticas y política agraria. Unidad Ambiental Sectorial, División de Políticas Agrarias (UAS), Oficina de Análisis de Políticas Agropecuarias (OAPA), Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. 35 p.
- CCT y WRI. 1992. La depreciación de los recursos naturales en Costa Rica con el sistema de cuentas nacionales. Primera edición, San José, Costa Rica.

CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 1996. Guía técnica, programa de recursos naturales: Conservación de suelos. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Andrés, La Libertad, El Salvador. 29 p.

CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT.

Colegio de Postgraduados (CPG), 1991. Manual de conservación de suelo y agua. Chapingo, México. spr.

de Camino, R.; Müller, S. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura/ Proyecto IICA/GTZ. San José, Costa Rica. Serie de Documentos de Programas No. 380. 134 p.

Dirección General de Economía Agropecuaria (DGEA) 1999. Costos de Producción. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Nueva San Salvador. p. 7.

_____ 1999. Manual de precios de insumos agrícolas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Nueva San Salvador. p. 2-3.

Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR), 1977. Manual de conservación de suelos de tierras inclinadas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Soyapango, El Salvador. p. 6-20.

Dorronsoro, C. 1998. Degradación del suelo. [en línea]. [consultado el 22 de enero de 2000]. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/Conta/Tema10/1Degra.html>.

- Ervin, C. and Ervin D., 1982. Factors affecting the use of soil conservation practices: Hypotheses, evidence and policy implications. *Lands Economics*, Vol 58, NE p. 277-292.
- Fassbender, H.W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 Ed. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. p. 313-322.
- _____ 1999. Impactos Ambientales: Conceptos básicos e implicaciones edafológicas en ecosistemas y sistemas de producción tropicales. Apuntes de seminario "Modelos Edafológicos". 15 p.
- González, M.V.; García, C.M.; Solano, S. 1998. Validación del efecto de acequias de ladera tipo trinchera en los sistemas maíz-frijol y maíz-sorgo. Ministerio de Agricultura y Ganadería. sp.
- Gumero, P.L.; Meldrano, H.G. 1995. Estudio de características físicas y químicas con el contenido de humedad en suelos que poseen acequias de absorción. Tesis. Lic. Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. p. 24-27.
- Guzmán, E. 1996. Interpretación del análisis de suelos. Programa de Recursos Naturales. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Andrés, La Libertad, El Salvador. Spr.
- Herrera, F. et al. 1994. Fundamentos de análisis económico. Guía para investigación y extensión rural. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 61 p.

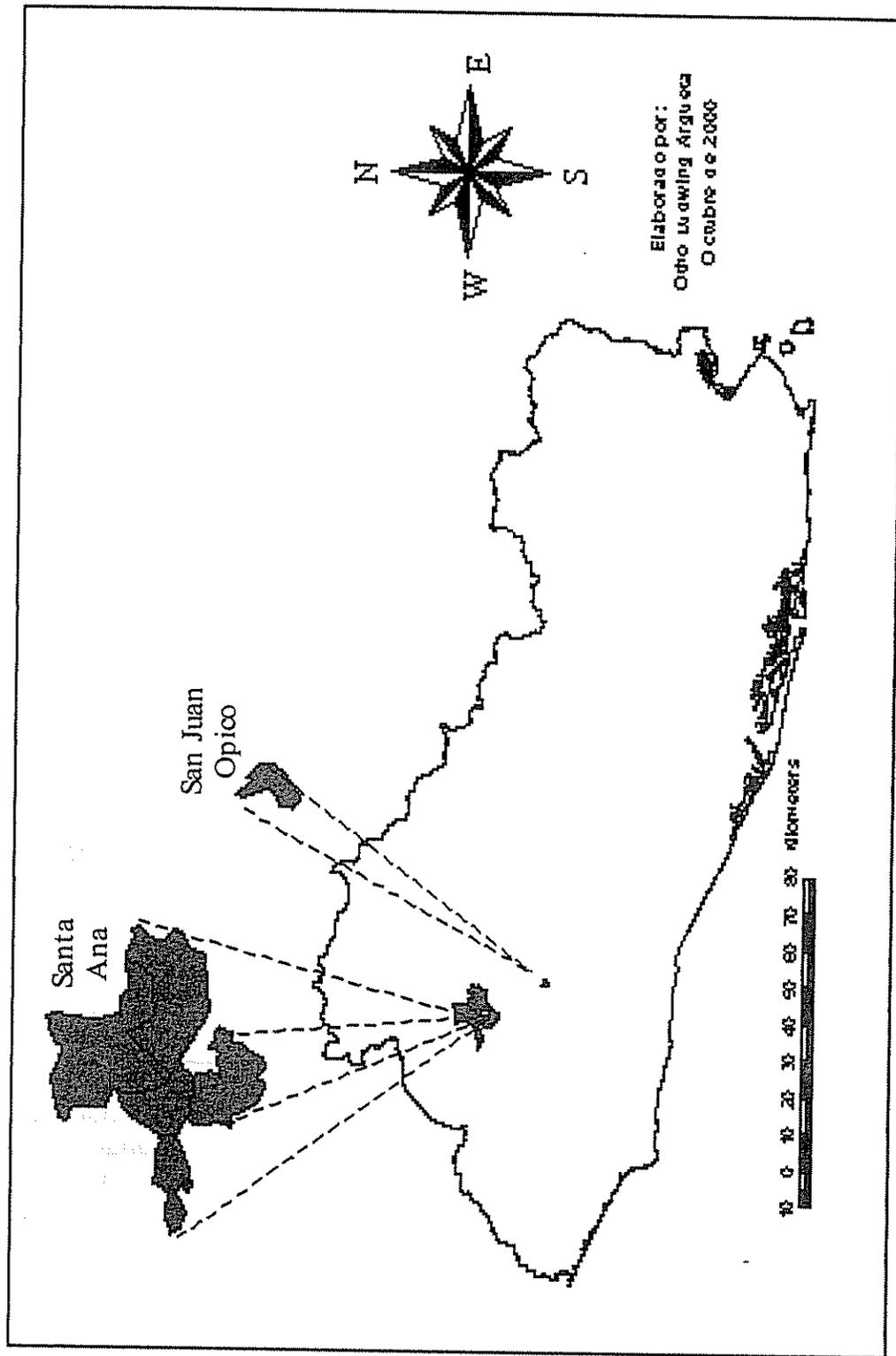
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura).1997. El Salvador: diagnóstico del sector agropecuario. Agencia de Cooperación Técnica del IICA en El Salvador y Dirección de Planeamientos, Programación, Proyectos y Auditoría Técnica. San José Costa Rica. 278 p.
- Leonard, H. 1986. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central: Un perfil ambiental regional. Washington, D.C., U.S.A.: Instituto Internacional para el Desarrollo y el Ambiente.
- Maino, M. 1998. La erosión como un problema particular de la degradación del ambiente. [en línea]. [consultado el 22 de agosto de 1999]. Disponible en <http://www.rimisp.cl/r7maino.htm>.
- Mcconnell, K., 1983. An economic model of soil conservation. American Journal of Agricultural Economics, Vol. NE p. 83-89.
- Mielniczcuc, I. Schneider, P. 1984. Aspectos socioeconómicos de manejo de suelo. In simposium de manejo de suelo. p. 3-9.
- Oliva, S.C. 1998. Evaluación del efecto de acequias de ladera tipo trinchera en la pérdida del suelo y la infiltración del agua en los sistemas maíz+frijol y maíz+sorgo en San Juan Opico, La Libertad y Guaymango, Ahuachapán. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Recursos Naturales y Medio ambiente. Tesis para optar al grado de ingeniero agrónomo. 93 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1989. Land evaluation and farming systems; analisis for land use planning. L. Fresco; H. Huising; H. Van Keuler; H. Lunnig; R. Schipper (Eds). Documento de trabajo.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1976. A framework for land evaluation. Roma, Italia. Boletín de suelos N° 32.
- Panayotou, T. 1994. Economía, medio ambiente y desarrollo; Debate crecimiento vrs conservación. México, D.F. 218 p.
- Paulet, M. 1966. Bases para la sustentación de una política de conservación de suelos en el Perú. Programa de conservación de suelos. Facultad de Ingeniería Agrícola.. Univesidad Agraria. Lima , Perú.45 p.
- Páez, G. 2000. Manual para la preparación de tesis de estudiantes posgraduados. 2. Ed. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Educación para el Desarrollo. Turrialba, Costa Rica. 13 p.
- Prins, K. 1996. Proceso y producto. Escuela para el Desarrollo. Lima Perú. 144 p.
- Prisma, 1995. Dinámica de la degradación ambiental en El Salvador. Snt. San Salvador, El Salvador. 42 p.
- Ramírez, O. 1994. El uso de presupuestos parciales en el manejo integrado de plagas. In Conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. Boletín informativo MIP N° 34.
- Razurri, L. 1986. Estructuras de conservación de suelo y agua. Editorial CIDINT. 3 ed. Serie riegos y drenaje RN-32.
- Reiche, C.; Carls, J. 1996. Modelos para el desarrollo sostenible como alternativa. IICA-GTZ. San José, Costa Rica. Serie de documentos de discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales No. 2. 42 p.

- Rivas, J.A. 1995. Experiencia de CEL en el control de torrentes e inundaciones a nivel de cuenca hidrográfica. Jornada ambiental proyecto "Rehabilitación de la subcuenca del río Las Cañas, San Salvador, El Salvador.
- Saín, G.; Miranda, B.; Rivera, J.; Choto, C. 1995. Memoria taller de productividad y conservación de los recursos en la agricultura de laderas. IICA. p 47-72.
- SCS (Soil Conservation Service). sf. Manual de conservación de suelos. Oficina Central de Traducciones. Secretaría de Estado de los Estados Unidos. Washington, D.C. p. 28-30
- Solano, S. 1986. Evaluación de erosión bruta y pérdida de suelo en acequias de ladera tipo trinchera. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. sp.
- Soto, M.; Pelaez, J. 1999. Suelos. WWF. [en línea]. [consultado el 25 de enero de 2000]. Disponible en <http://www.geocities.com/Athens/Crete/9082>.
- Suárez de Castro, F. 1979. Conservación de suelos agrícolas. Editorial DIANA, México D.F., México. 3 ed. p. 9,85,141.
- Veloz, A.; Southgate D.; Hitzhuzen F. and Macgregor., 1985. The economics of erosion control in a subtropical watershed: A Dominican case. Land Economics, Vol. 61, NE 2, p. 45-155.

7. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica de las parcelas de investigación, agencias de extensión de Santa Ana y San Juan Opico.



Anexo 2. Instrumento de recolección de la información

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSTGRADO

OBJETIVO

Determinar el impacto de las acequias de ladera recomendadas y transferidas por CENTA y establecer el grado de aceptación y los principales factores que influyen en la implementación del sistema de acequias.

INFORMACIÓN GENERAL

Zona: _____ Agencia de Extensión: _____

Extensionista: _____

Caserío: _____

Cantón: _____

Municipio: _____

Nombre del productor:

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Pedregosidad: _____

Pendiente del terreno: _____

Uso actual del suelo _____

CARACTERIZACIÓN DE LA FINCA

Tipo de cultivo:

Anuales: _____

Semi anuales: _____

Perennes: _____

Pastos: _____

Limpieza del terreno:

Roza y quema: _____

Producto químico: _____

Carrileo: _____

Método de siembra:

Siembra manual: _____

Tracción animal: _____

Mecanizada: _____

Otro: _____

Sistema de producción:

Maíz+frijol: _____

Maíz+sorgo: _____

Otro: _____

Cuál? _____

INFORMACIÓN SOBRE EL SISTEMA DE ACEQUIAS DE LADERA:

Tiempo de instalación de las acequias: _____
Por qué decidió usar acequias de ladera en su terreno?

Aumenta el almacenamiento de agua: _____
Incrementa la capacidad de infiltración de agua: _____
Disminuye los efectos de la erosión: _____
Recupera la capacidad productiva de los suelos: _____
Otras (Explique cuáles): _____
Cuál institución le promocionó la tecnología: _____

CENTA: _____
ONG: _____
Universidades: _____
Otras: _____

Recibió capacitación y/o ayuda para establecer la acequia?

Sí: _____
No: _____

Cuántas acequias de ladera tiene en la propiedad: _____

Cuántos metros de acequias ha construido: _____

Le da mantenimiento a la acequia de ladera?

Sí: _____
No: _____

Si no da mantenimiento a la obra explique la razón?

Se ha aumentado la producción a partir de la implementación de las acequias de ladera?

Sí: _____
No: _____
Cuánto producía antes? _____
Cuánto produjo después? _____

EXPERIENCIAS TÉCNICAS:

Ha tenido problemas para el establecimiento de la obra de conservación:

Sí: _____
No: _____

Cuáles problemas ha tenido:

Cuál es la principal ventaja de las acequias de ladera:

Retiene el suelo: _____

Reduce la escorrentía: _____

Aumenta la humedad del terreno: _____

Son de bajo costo: _____

Fáciles de construir: _____

Otras: _____

Cuáles son las desventajas de las acequias de ladera?

Cuál es su satisfacción con las acequias de ladera?

Está satisfecho: _____

No está satisfecho: _____

Parcialmente satisfecho: _____

Aún no sabe: _____

Planea construir más acequias de ladera en su terreno?

Sí: _____

Cuántos metros? _____

No: _____

Por qué? _____

Qué debe hacerse para que la mayoría de productores utilicen acequias de ladera y protejan sus terrenos contra la erosión:

Anexo 3. Caracterización de la parcela de acuerdo al grado de pendiente del terreno.

Pendiente	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
0-10	3	4.69	3
11-20	11	17.19	14
21-30	30	46.88	44
31-40	11	17.19	55
41-50	7	10.94	62
51-60	2	3.13	64
Total	64	100.00	64

Anexo 4. Caracterización de la parcela de acuerdo al tipo de cultivo.

Tipo de cultivos	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
Anuales	64	79.01	64
Semi permanentes	5	6.17	69
Permanentes	12	14.81	81
Total	81	100.00	81

Anexo 5. Razones que motivaron a los productores a implementar el sistema de acequias de ladera en sus terrenos.

Razones				Frecuencia	Porcentaje
Aumento agua	Incremento infiltración	Disminuye erosión	Recupera los suelos		
0	0	0	0	2	3.1
1	0	0	0	1	1.6
0	1	0	0	1	1.6
0	0	1	0	5	7.8
0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1.6
1	0	1	0	24	37.5
1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0
1	1	1	0	9	14.1
1	1	0	1	0	0
1	0	1	1	8	12.5
0	1	1	1	12	18.8
1	1	1	1	1	1.6
Total				64	100

Anexo 6. Instituciones involucradas en la promoción del sistema de acequias de ladera.

Concepto	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
CENTA	34	53.13	34
ONG	3	4.69	37
Universidades	22	34.38	59
Otras	5	7.81	64
Total	64	100.00	64

Anexo 7. Mantenimiento realizado por los productores al sistema de acequias de ladera.

Mantenimiento a las acequias	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
Sí	60	93.75	60
No	4	6.25	64
Total	64	100.00	64

Anexo 8. Principales razones de la falta de mantenimiento por parte de los productores al sistema de acequias de ladera.

Razones	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
Falta de tiempo para desasolver	3	75.00	3
Falta de mano de obra	1	25.00	4
Total	4	100.00	4

Anexo 9. Manifestación de problemas para el establecimiento del sistema de acequias de ladera.

Manifestación de problemas	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
Sí ha tenido problemas para el establecimiento	13	20.31	13
No ha tenido problemas para el establecimiento	51	79.69	64
Total	64	100.00	64

Anexo 10. Principales problemas encontrados para el establecimiento del sistema de acequias de ladera.

Problemas encontrados	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
Presencia de Obstáculos (rocas) en el suelo	9	64.23	9
Falta de mano de obra para la construcción	4	35.77	13
Total	13	100.00	13

Anexo 11. Principales ventajas identificadas por los productores en el sistema de acequias de ladera.

Retiene suelo	Reduce erosión	Aumenta humedad	Bajo Costo	Fácil construir	Frecuencia	Porcentaje
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	3	4.7
0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1	1.6
0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	13	20.3
1	0	1	0	0	18	28.1
1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1.6
0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	21	32.8
1	1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	2	3.1
1	1	0	1	1	0	0
1	0	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	5	7.8
Total					64	100

Anexo 11-A. Combinación de ventajas identificadas por los productores para la implementación del sistema de acequias de ladera.

Combinaciones	Prob esperada	Prob observada
Ninguna	$1/32 = 0.03125$	0.000
Una	$5/32=0.15625$	0.063
Dos	$10/32=0.3125$	0.500
Tres	$10/32=0.3125$	0.328
Cuatro	$5/32=0.15625$	0.031
Cinco	$1/32=0.03125$	0.078
Total	1.00	1.00

Anexo 12. Principales desventajas identificadas por los productores en el sistema de acequias de ladera.

Desventajas	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
No opinó	3	10.34	3
Pierde tierra para la siembra	14	48.28	17
Requiere mucha mano de obra	8	27.59	25
Pocos tipos de suelo	3	10.34	28
Otra	1	3.45	29
Total	29	100.00	29

Anexo 13. Nivel de satisfacción de los productores que han implementado el sistema de acequias de ladera.

Satisfacción	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
Está satisfecho	63	98.44	63
No está satisfecho	1	1.56	64
Total	64	100.00	64

Anexo 14. Perspectiva de los productores de seguir implementando sistemas de acequias de ladera en sus terrenos.

Concepto	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
Sí implementará acequias de ladera	45	70.31	45
No implementará acequias de ladera	19	29.69	64
Total	64	100.00	64

Anexo 15. Principales razones por las cuales los productores no seguirán implementando sistemas de acequias de ladera en sus terrenos.

Razones	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
Suficiente para la pendiente	3	15.79	3
No hay espacio	3	15.79	6
Falta de mano de obra	10	52.63	16
Requieren mucho tiempo	2	10.53	18
Venderá terreno	1	5.26	19
Total	19	100.00	19

Anexo 16. Opinión de los productores sobre estrategias necesarias para lograr una mayor implementación de los sistemas de acequias de ladera.

Concepto	Frecuencia	Porcentaje	Frec Acum
No opinó	2	3.13	2
Se necesita capacitar a los productores	11	17.19	13
Realizar giras de campo y días de demostración	25	39.06	38
Otorgar incentivos	14	21.88	52
Concientizar sobre las consecuencias de la pérdida del suelo	11	17.19	63
Desplegar más extensionistas	1	1.55	64
Total	64	100.00	64

Anexo 17. Primera lectura de pines metálicos

Repetición	T1	T0
I	20.13	21.51
II	20.30	20.63
III	20.08	20.33
IV	20.23	20.83
V	20.10	20.50
VI	19.80	19.86
VII	20.14	19.77
VIII	20.18	20.12
IX	20.09	20.07
X	20.17	20.37
XI	19.48	20.32
XII	19.74	20.48
XIII	19.53	20.27
XIV	19.84	20.33
XV	19.94	20.18
XVI	20.07	20.60
XVII	20.09	20.28
XVIII	20.02	20.41
XIX	20.17	20.37
X	19.96	20.46

Anexo 18. Segunda lectura de pines metálicos

Repetición	T1	T0
I	20.01	20.34
II	20.20	20.78
III	20.18	20.21
IV	20.56	20.56
V	19.93	20.61
VI	19.93	19.78
VII	19.60	20.17
VIII	20.32	20.89
IX	20.60	20.56
X	20.68	20.59
XI	19.28	19.51
XII	19.62	19.82
XIII	19.96	20.01
XIV	20.08	20.13
XV	20.14	20.14
XVI	20.22	20.31
XVII	20.44	20.59
XVIII	20.60	20.62
XIX	19.96	20.37
X	19.61	20.42

Anexo 19. Tercera lectura de pines metálicos

Repetición	T1	T0
I	21.45	22.84
II	21.57	21.99
III	21.40	21.67
IV	21.56	22.13
V	21.09	21.85
VI	21.10	21.23
VII	21.33	20.99
VIII	21.44	21.64
IX	21.40	21.58
X	21.33	21.65
XI	20.76	21.66
XII	21.04	21.82
XIII	20.82	21.63
XIV	21.19	21.67
XV	21.25	21.42
XVI	21.38	21.80
XVII	21.31	21.61
XVIII	21.34	21.75
XIX	21.40	21.70
X	21.16	21.80

Anexo 20. Cuarta lectura de pines metálicos

Repetición	T1	T0
I	21.35	21.68
II	21.46	22.14
III	21.50	21.54
IV	21.90	21.81
V	21.24	21.96
VI	21.08	21.24
VII	20.89	21.49
VIII	21.80	22.26
IX	21.93	21.99
X	21.77	21.97
XI	20.91	21.45
XII	20.54	21.12
XIII	20.79	21.68
XIV	21.31	21.95
XV	21.56	21.78
XVI	21.45	21.40
XVII	21.23	21.40
XVIII	21.44	21.54
XIX	20.83	21.58
X	20.80	21.76

Anexo 21. Quinta lectura de pines metálicos

Repetición	T1	T0
I	21.35	20.36
II	21.46	20.74
III	21.50	20.21
IV	21.90	20.52
V	21.24	20.54
VI	21.08	19.54
VII	20.89	18.12
VIII	21.80	20.89
IX	21.93	20.63
X	21.77	20.77
XI	20.91	21.06
XII	20.54	20.47
XIII	20.79	21.11
XIV	21.31	21.26
XV	21.56	21.39
XVI	21.45	21.16
XVII	21.23	20.71
XVIII	21.44	21.20
XIX	20.83	20.76
X	20.80	21.20

Anexo 22. Lectura promedio de pines y lámina de suelo desplazada

Repetición	T1		T0	
	Promedio	Lámina	Promedio	Lámina
I	20.86	8.59	21.35	13.46
II	21.00	9.99	21.26	12.57
III	20.93	9.31	20.79	7.92
IV	21.23	12.32	21.17	11.69
V	20.72	7.22	21.09	10.93
VI	20.60	5.97	20.33	3.29
VII	20.57	5.69	20.11	1.08
VIII	21.11	11.10	21.16	11.61
IX	21.19	11.88	20.97	9.65
X	21.14	11.44	21.07	10.70
XI	20.27	2.66	20.80	8.02
XII	20.30	2.98	20.74	7.44
XIII	20.38	3.77	20.94	9.40
XIV	20.75	7.48	21.07	10.69
XV	20.89	8.94	20.98	9.83
XVI	20.91	9.15	21.06	10.55
XVII	20.86	8.58	20.92	9.17
XVIII	20.97	9.69	21.11	11.05
XIX	20.64	6.37	20.95	9.55
X	20.46	4.64	21.13	11.27

Anexo 23. Densidades aparentes de las muestras de suelo

Repetición	T1		T0	
	Peso seco	Densidad	Peso seco	Densidad
I	79.22	1.153	85.26	1.241
II	68.91	1.003	69.87	1.017
III	79.77	1.161	80.11	1.166
IV	75.44	1.098	77.98	1.135
V	66.78	0.972	68.64	0.999
VI	75.37	1.097	66.37	0.966
VII	63.28	0.921	61.22	0.891
VIII	83.48	1.215	86.30	1.256
IX	57.03	0.830	75.65	1.101
X	88.84	1.293	90.56	1.318
XI	78.39	1.141	73.58	1.071
XII	68.84	1.002	83.00	1.208
XIII	88.63	1.290	81.90	1.192
XIV	66.51	0.968	72.14	1.050
XV	61.56	0.896	64.24	0.935
XVI	68.23	0.993	65.61	0.955
XVII	71.59	1.042	79.15	1.152
XVIII	68.02	0.990	70.84	1.031
XIX	71.52	1.041	78.74	1.146
X	71.80	1.045	74.20	1.080

Volumen del cilindro = 68.70663132



Anexo 24. Resultados de laboratorio de análisis de suelo.

14/06/2000
08:27:30

FUNDACION PROCAFE
S.I.I.T.T.
MODULO DE SERVICIOS ANALITICOS
RESULTADOS DE ANALISIS ESPECIALES

Pag. # 1

Nombre	Análisis	Valor	Clasificac.
Código Informe :	1402		
Código Finca :	10217 SIN NOMBRE		
Propietario :	ARGUETA OTHO		
	Muestra # : 6595		
Código Tablón :	1 L1R1T0		
Profundidad :	0-20 Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.195	
	Muestra # : 6596		
Código Tablón :	2 L1R1T1		
Profundidad :	0-20 Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.241	
	Muestra # : 6597		
Código Tablón :	3 L1R2T0		
Profundidad :	0-20 Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.118	
	Muestra # : 6598		
Código Tablón :	4 L1R2T1		
Profundidad :	0-20 Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.115	
	Muestra # : 6599		
Código Tablón :	5 L1R3T0		
Profundidad :	0-20 Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.101	



14/06/2000
08:27:30

FUNDACION PROCAFE
S.I.I.T.T.
MODULO DE SERVICIOS ANALITICOS
RESULTADOS DE ANALISIS ESPECIALES

Pag. # 2

Nombre	Análisis	Valor	Clasificac.
Muestra #	:	6600	
Código Tablón	: 6 L1R3T1		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.104	
Muestra #	:	6601	
Código Tablón	: 7 L1R4T0		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.097	
Muestra #	:	6602	
Código Tablón	: 8 L1R4T1		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.125	
Muestra #	:	6603	
Código Tablón	: 9 L1R5T0		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.202	
Muestra #	:	6604	
Código Tablón	: 10 L1R5T1		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.237	



14/06/2000
08:27:30

FUNDACION PROCAFE
S.I.I.T.T.
MODULO DE SERVICIOS ANALITICOS
RESULTADOS DE ANALISIS ESPECIALES

Pag. # 3

Nombre		Análisis	Valor	Clasificac.
Código Tablón : 11		Muestra # : 6605 L1R6T0		
Profundidad : 0-20		Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)			0.160	
Código Tablón : 12		Muestra # : 6606 L1R6T1		
Profundidad : 0-20		Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)			0.132	
Código Tablón : 13		Muestra # : 6607 L1R7T0		
Profundidad : 0-20		Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)			0.216	
Código Tablón : 14		Muestra # : 6608 L1R7T1		
Profundidad : 0-20		Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)			0.125	
Código Tablón : 15		Muestra # : 6609 L1R8T0		
Profundidad : 0-20		Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)			0.174	



14/06/2000
08:27:30

FUNDACION PROCAFE
S.I.I.T.T.
MODULO DE SERVICIOS ANALITICOS
RESULTADOS DE ANALISIS ESPECIALES

Pag. # 4

Nombre	Análisis	Valor	Clasificac.
Código Tablón : 16	Muestra # : 6610 L1R8T1		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.139	
Código Tablón : 17	Muestra # : 6611 L1R9T0		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.097	
Código Tablón : 18	Muestra # : 6612 L1R9T1		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.111	
Código Tablón : 19	Muestra # : 6613 L1R10T0		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.146	
Código Tablón : 20	Muestra # : 6614 L1R10T1		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.167	



14/06/2000
08:27:30

FUNDACION PROCAFE
S.I.I.T.T.
MODULO DE SERVICIOS ANALITICOS
RESULTADOS DE ANALISIS ESPECIALES

Pag. # 5

Nombre	Análisis	Valor	Clasificac.
Código Tablón : 21	Muestra # : 6615 L2R1T0		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.146	
Código Tablón : 22	Muestra # : 6616 L2R1T1		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.318	
Código Tablón : 23	Muestra # : 6617 L2R2T0		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.167	
Código Tablón : 24	Muestra # : 6618 L2R2T1		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.440	
Código Tablón : 25	Muestra # : 6619 L2R3T0		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.255	



14/06/2000
08:27:30

FUNDACION PROCAFE
S.I.I.T.T.
MODULO DE SERVICIOS ANALITICOS
RESULTADOS DE ANALISIS ESPECIALES

Pag. # 6

Nombre	Análisis	Valor	Clasificac.
Muestra #	: 6620		
Código Tablón	: 26 L2R3T1		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.178	
Muestra #	: 6621		
Código Tablón	: 27 L2R4T0		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.195	
Muestra #	: 6622		
Código Tablón	: 28 L2R4T1		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.216	
Muestra #	: 6623		
Código Tablón	: 29 L2R5T0		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.152	
Muestra #	: 6624		
Código Tablón	: 30 L2R5T1		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.146	



14/06/2000
08:27:30

Pag. # 7

FUNDACION PROCAFE
S.I.I.T.F.
MODULO DE SERVICIOS ANALITICOS
RESULTADOS DE ANALISIS ESPECIALES

Nombre	Análisis	Valor	Clasificac.
Código Tablón : 31	Muestra # : 6625 L2R6T0		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.209	
Código Tablón : 32	Muestra # : 6626 L2R6T1		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.195	
Código Tablón : 33	Muestra # : 6627 L2R7T0		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.265	
Código Tablón : 34	Muestra # : 6628 L2R7T1		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.202	
Código Tablón : 35	Muestra # : 6629 L2R8T0		
Profundidad : 0-20	Sitio Muestreo : Calle		
NITROGENO TOTAL (%)		0.230	



14/06/2000
08:27:30

FUNDACION PROCAFE
S.I.I.T.T.
MODULO DE SERVICIOS ANALITICOS
RESULTADOS DE ANALISIS ESPECIALES

Pag. # 8

Nombre	Análisis	Valor	Clasificac.
Muestra # : 6630			
Código Tablón	: 36 L2R8T1		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.244	
Muestra # : 6631			
Código Tablón	: 37 L2R9T0		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.237	
Muestra # : 6632			
Código Tablón	: 38 L2R9T1		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.251	
Muestra # : 6633			
Código Tablón	: 39 L2R10T0		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.272	
Muestra # : 6634			
Código Tablón	: 40 L2R10T1		
Profundidad	: 0-20	Sitio Muestreo : Calle	
NITROGENO TOTAL (%)		0.251	

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nº Informe : 1402
Finca : 10217 SIN NOMBRE
Cantón : SUBURBIO
Municipio : SANTA ANA
Departamento: SANTA ANA
Propietario : OTHO ARGUETA
Dirección : COL. SANTA ISABEL, SANTA ANA, TEL. 447-6969

Pág. 1 / 2

FECHAS:
Recepción : 31/05/2000
Análisis : 13/06/2000
Emisión : 14/06/2000

Nombre del Tablón	Prof. (cm.)	Sitio Muest.	Nº Correl	Text. Tacto	pH	(ppm)		(meq / 100 cc)				%
						P	K	Ca	Mg	Al	Act	
L1R1T0	0-20	Calle	6595	C.A.	5.2	1.6	254	12.7	2.11	0.0	3.2	6.39
L1R1T1	0-20	Calle	6596	C.A.	5.5	1.2	387	11.9	1.63	0.0	2.6	5.95
L1R2T0	0-20	Calle	6597	C.A.	4.5	1.2	122	5.9	1.06	0.4	4.4	3.83
L1R2T1	0-20	Calle	6598	C.A.	4.4	3.5	202	4.0	0.52	0.6	4.9	3.72
L1R3T0	0-20	Calle	6599	C.A.	5.5	5.5	322	10.7	1.60	0.0	1.9	1.34
L1R3T1	0-20	Calle	6600	C.A.	4.0	1.8	170	3.7	0.73	2.4	8.3	2.19
L1R4T0	0-20	Calle	6601	C.A.	4.3	20.0	178	3.1	0.55	1.2	3.6	1.85
L1R4T1	0-20	Calle	6602	C.A.	4.2	2.5	102	8.3	1.92	1.2	6.0	2.83
L1R5T0	0-20	Calle	6603	C.A.	5.3	7.8	371	14.7	2.72	0.0	2.9	4.26
L1R5T1	0-20	Calle	6604	C.A.	5.3	2.5	336	16.1	2.91	0.0	3.2	5.45
L1R6T0	0-20	Calle	6605	C.A.	5.8	29.8	139	30.5	5.80	0.0	1.7	2.27
L1R6T1	0-20	Calle	6606	C.L.	5.5	14.9	113	29.3	7.26	0.0	2.1	1.94
L1R7T0	0-20	Calle	6607	C.L.	5.7	32.9	153	27.0	5.31	0.0	2.1	2.88
L1R7T1	0-20	Calle	6608	C.L.	5.5	12.0	60	28.7	5.20	0.0	2.1	1.98
L1R8T0	0-20	Calle	6609	C.L.	5.0	7.5	211	16.7	4.74	0.3	3.9	2.86
L1R8T1	0-20	Calle	6610	C.A.	4.8	3.1	160	5.4	0.53	0.1	3.6	3.81
L1R9T0	0-20	Calle	6611	C.A.	4.2	2.0	168	5.6	0.92	1.6	5.4	0.77
L1R9T1	0-20	Calle	6612	C.A.	5.5	1.6	285	10.1	2.66	0.0	1.7	3.87
L1R10T0	0-20	Calle	6613	C.A.	4.0	2.7	170	3.3	0.41	1.7	6.0	2.58
L1R10T1	0-20	Calle	6614	C.A.	6.1	27.3	491	8.1	1.92	0.0	0.8	1.83
L2R1T0	0-20	Calle	6615	C.A.	5.4	5.1	409	11.2	2.67	0.0	2.3	4.20
L2R1T1	0-20	Calle	6616	C.A.	5.4	1.2	139	13.2	1.52	0.0	2.9	5.93
L2R2T0	0-20	Calle	6617	C.A.	4.6	3.3	282	8.4	1.30	0.5	4.9	4.91
L2R2T1	0-20	Calle	6618	C.A.	5.4	1.2	240	11.7	1.13	0.0	3.2	+7
L2R3T0	0-20	Calle	6619	C.A.	4.7	9.6	764	7.5	1.13	0.6	4.9	4.42
L2R3T1	0-20	Calle	6620	C.A.	5.1	3.9	552	7.7	1.30	0.0	3.6	5.27
L2R4T0	0-20	Calle	6621	C.A.	5.2	4.7	383	12.6	2.38	0.0	3.2	4.54
L2R4T1	0-20	Calle	6622	C.A.	5.1	2.2	451	13.8	2.40	0.0	3.6	4.85

VER METODOLOGÍA DE ANÁLISIS AL REVERSO

METODOLOGIA DE ANALISIS DE SUELOS

ANÁLISIS	EXTRACCIÓN	DETERMINACIÓN
pH	Solución de CaCl ₂ 0.01M	Potenciométrica
Fósforo (P)	Carolina del Norte (Mehlich I)	Colorimétrica Azul de Molibdeno
Potasio (K)	Carolina del Norte (Mehlich I)	Fotométrica
Calcio (Ca)	Solución KCl IN	Espectrofotométrica de Absorción Atómica
Magnesio (Mg)	Solución KCl IN	Espectrofotométrica de Absorción Atómica
Aluminio (Al)	Solución KCl IN	Titrimétrica
Acidez Total (AcT)	SMP Método indirecto	Potenciométrica
Materia Orgánica Humificada (M.O.)	Solución NaOH, EDTA, Metanol	Espectrofotométrica

CLASIFICACION TEXTURAL DEL SUELO

TEXTURA AL TACTO		
F. : Franco	FA. : Franco Arenoso	C.A. : Arcillo Arenoso
A. : Arena	FC. : Franco Arcilloso	C.L. : Arcillo Limoso
L. : Limo	AF. : Arena Francoso	F.L. : Franco Limoso
C. : Arcilla	F.C.A. : Franco Arcillo Arenoso	F.C.L. : Franco Arcillo Limoso

Nº I
Fin
Can
Hun
Dep
Proj
Dire

Nombr
L2R5
L2R5
L2R6
L2R6
L2R7
L2R7
L2R8
L2R8
L2R9
L2R9
L2R10
L2R10

ANALIS

NOTA A

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS

Pág. 2 / 2

Nº Informe : 1402
Finca : 10217 SIN NOMBRE
Cantón : SUBURBIO
Municipio : SANTA ANA
Departamento: SANTA ANA
Propietario : OTHO ARGUETA
Dirección : COL. SANTA ISABEL, SANTA ANA, TEL. 447-6969

FECHAS:
Recepción : 31/05/2000
Análisis : 13/06/2000
Emisión : 14/06/2000

Nombre del Tablón	Prof (cm.)	Sitio Muest.	Nº Correl	Text. Tacto	pH	(ppm)		(meq/100cc)				H.O.
						P	K	Ca	Mg	Al	AcT	
L2R5T0	0-20	Calle	6623	C.A.	5.3	5.3	476	9.5	1.47	0.0	2.9	4.44
L2R5T1	0-20	Calle	6624	C.L.	5.5	1.6	339	12.2	2.28	0.0	2.6	3.69
L2R6T0	0-20	Calle	6625	C.A.	5.5	3.7	338	10.8	2.49	0.0	2.1	6.02
L2R6T1	0-20	Calle	6626	C.A.	5.1	4.3	413	9.6	1.66	0.0	3.6	5.48
L2R7T0	0-20	Calle	6627	C.A.	5.8	1.8	708	13.2	1.96	0.0	1.9	6.17
L2R7T1	0-20	Calle	6628	C.A.	5.6	1.4	386	13.9	2.14	0.0	2.6	5.84
L2R8T0	0-20	Calle	6629	F.C.L.	5.4	2.4	601	13.0	1.92	0.0	2.9	6.35
L2R8T1	0-20	Calle	6630	F.C.L.	5.6	2.2	534	11.3	1.72	0.0	2.3	6.46
L2R9T0	0-20	Calle	6631	F.C.L.	5.2	3.3	479	10.5	1.40	0.0	3.2	6.02
L2R9T1	0-20	Calle	6632	F.C.L.	5.3	1.6	309	11.5	1.62	0.0	2.6	6.50
L2R10T0	0-20	Calle	6633	F.C.L.	5.3	2.2	273	13.6	1.66	0.0	2.3	6.31
L2R10T1	0-20	Calle	6634	F.C.L.	5.4	1.6	410	14.3	1.70	0.0	2.6	6.24

ANALISIS ACREDITADOS POR CONACYT: pH, P, K, Ca, Mg, Acidez Intercambiable, Acidez Total y Materia Organica Humificada.


Jefe Laboratorio Servicios Analíticos



NOTA ACLARATORIA: El resultado del análisis corresponde a la muestra enviada por usted(es) a este Laboratorio. El muestreo es responsabilidad del usuario. La metodología utilizada es exclusiva para fines agrícolas. El Laboratorio no autoriza la reproducción parcial sin la debida autorización por escrito.

VER METODOLOGÍA DE ANÁLISIS AL REVERSO

METODOLOGIA DE ANALISIS DE SUELOS

ANÁLISIS	EXTRACCIÓN	DETERMINACIÓN
pH	Solución de CaCl ₂ 0.01M	Potenciométrica
Fósforo (P)	Carolina del Norte (Mehlich I)	Colorimétrica Azul de Molibdeno
Potasio (K)	Carolina del Norte (Mehlich I)	Fotométrica
Calcio (Ca)	Solución KCl IN	Espectrofotométrica de Absorción Atómica
Magnesio (Mg)	Solución KCl IN	Espectrofotométrica de Absorción Atómica
Aluminio (Al)	Solución KCl IN	Titrimétrica
Acidez Total (AcT)	SMP Método indirecto	Potenciométrica
Materia Orgánica Humificada (M.O.)	Solución NaOH, EDTA, Metanol	Espectrofotométrica

CLASIFICACION TEXTURAL DEL SUELO

TEXTURA AL TACTO		
F. : Franco	FA. : Franco Arenoso	C.A. : Arcillo Arenoso
A. : Arena	FC. : Franco Arcilloso	C.L. : Arcillo Limoso
L. : Limo	AF. : Arena Francoso	F.L. : Franco Limoso
C. : Arcilla	F.C.A. : Franco Arcillo Arenoso	F.C.L. : Franco Arcillo Limoso

Anexo 25. Análisis de varianza para la variable pérdida total de suelo

FV	GL	SC	CM	F calc	Prob
Tratamiento	1	4890.6659	4890.6659	4.120796	0.0494
Error Exp	38	45099.37	1186.8255		
Total	39	49990.036			

Anexo 26. Análisis de varianza para la variable tasa de pérdida de suelo

FV	GL	SC	CM	F calc	Prob
Tratamiento	1	0.0028475	0.0028475	6.9264566	0.0122
Error Exp	38	0.0156219	0.0004111		
Total	39	0.0184694			

Anexo 27. Análisis de varianza para la variable pérdida total de Nitrógeno

FV	GL	SC	CM	F calc	Prob
Tratamiento	1	43357.484	43357.484	6.3955517	0.0157
Error Exp	38	257614.12	6779.3188		
Total	39	300971.6			

Anexo 28. Análisis de varianza para la variable pérdida total de Fósforo

FV	GL	SC	CM	F calc	Prob
Tratamiento	1	0.2601866	0.2601866	0.4444799	0.509
Error Exp	38	22.24418	0.5853732		
Total	39	22.504367			

Anexo 29. Análisis de varianza para la variable pérdida total de Potasio

FV	GL	SC	CM	F calc	Prob
Tratamiento	1	618.58225	618.58225	1.9102364	0.175
Error Exp	38	12305.349	323.82497		
Total	39	12923.931			

Anexo 30. Análisis de varianza para la variable rendimiento del cultivo

FV	GL	SC	CM	F calc	Prob
Tratamiento	1	10816690	10816690	13.957517	0.0006
Error Exp	38	29448951	774972.4		
Total	39	40265642			

Anexo 31. Análisis económico del retorno para la conservación de suelos utilizando acequias de ladera tipo trinchera, para un horizonte de 15 años.

Indicador	Horizonte (años)														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15			
Sin control de erosión															
Rendimiento	2226	1781	1425	1140	912	729	583	467	373	299	239	191			
Precio	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62			
Ingreso Bruto	3606	2885	2308	1846	1477	1182	945	756	605	484	387	310			
Costo de producción	3528	2822	2258	1806	1445	1156	925	740	592	474	379	303			
Retorno	78	62	50	40	32	26	20	16	13	10	8	7			
Valor presente	78	52	35	23	15	10	7	5	3	2	1	0			
Con control de erosión															
Rendimiento	2226	2226	2449	2693	2963	3259	3585	3943	4338	4772	5249	5774			
Precio	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62	1.62			
Ingreso Bruto	3606	3606	3967	4363	4800	5280	5808	6388	7027	7730	8503	9353			
Costo de producción	3528	3881	4075	4279	4493	4717	4953	5201	5461	5734	6020	6321			
Costo de las acequias	338	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94			
Costo total	3866	3975	4169	4373	4587	4811	5047	5295	5555	5828	6114	6415			
Retorno	-260	-369	-202	-9	213	469	761	1094	1473	1902	2389	2938			
Valor Presente	-260	-307	-140	-5	103	188	255	305	342	369	386	191			
Retorno de las acequias															
Beneficios netos	-338	-431	-252	-49	181	443	740	1077	1460	1892	2380	2931			
VPN Beneficio	-338	-359	-175	-28	87	178	248	301	339	367	384	190			
VPN Acumulativo	-338	-697	-872	-901	-813	-635	-387	-86	253	620	1004	1194			