

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y
ENSEÑANZA**

PROGRAMA MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS NATURALES

AREA DE MANEJO DE CUENCAS

**BALANCE DE N, P, K, Ca y Mg, PARA TRES CICLOS DE ROTACION
FRIJOL-MAIZ CON PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS,
EN TIERRAS DE LADERA, TURRIALBA, COSTA RICA.**

**Donald Kass (1)
Jorge Faustino (2)
Alex Tineo (3)**

- (1) Jefe del Area de Agroforestería,
Especialista en Manejo de Suelos y Agroforestería.**
- (2) Jefe del Area de Manejo de Cuencas,
Líder Proyecto RENARM/Manejo de Cuencas,
Especialista en Conservación de Suelos y Aguas.**
- (3) M. Sc. en Manejo de Cuencas Hidrográficas.**

**CATIE, TURRIALBA
MARZO, 1994**

CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	1
2.	MATERIALES Y METODOS	2
2.1	Características del área de estudio	2
Ubicación		2
Suelo		2
Clima		2
Historia		3
2.2	Descripción del experimento	3
Parcelas de escorrentía		3
Diseño experimental y tratamientos		5
2.3	Variables y metodología para la toma de datos	5
Pérdida de suelos y nutrimentos por erosión		5
Pérdida de nutrimentos por escorrentía		5
Pérdida de nutrimentos por lixiviación		6
Extracción de nutrimentos por los cultivos		6
Aporte de nutrimentos por el componente arbóreo		6
Balance de nutrimentos		7
2.4	Procedimientos analíticos	7
2.5	Limitantes y condiciones del estudio	7
3.	RESULTADOS Y DISCUSION	10
3.1	Balance hídrico	10
Precipitación		10

3.2	Esorrentía y pérdida de nutrimentos por esorrentía	10
3.3	Pérdida de suelos y nutrimentos por erosión	12
3.4	Percolación y pérdida de nutrimentos por lixiviación	13
3.5	Rendimientos de los cultivos	14
3.5.1	Rendimiento de frijol	14
3.5.2	Rendimiento de maíz	16
3.6	Extracción de nutrimentos del suelo por los cultivos	18
3.7	Balance de nutrimentos	18
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
5.	GLOSARIO DE TERMINOS	24
6.	BIBLIOGRAFIA	25
7.	ANEXOS	

28 MAR 1995

RECIBIDO
Tecnología, Costa Rica

RESUMEN

Con el propósito de realizar un balance de los principales macronutrientes del suelo (N, P, K, Ca y Mg) a partir de las pérdidas (lixiviación, erosión hídrica, escorrentía superficial, extracción por los cultivos) y aportes (lluvia, aplicación de material vegetal), entre setiembre de 1990 y setiembre de 1993, se condujo un experimento en el Huerto Latinoamericano de Arboles Fijadores de Nitrógeno del CATIE, en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.

Se utilizaron parcelas de escorrentía, dispuestas en un diseño de bloques completos al azar, sobre las que se instalaron cinco tratamientos: dos arreglos de cultivo en callejones, dos coberturas (*Inga edulis*, *Erythrina fusca*), y el cultivo (rotación frijol-maíz) manejado tradicionalmente.

Cada parcela de escorrentía contó con un sistema colector constituido por una canoa para recolectar el suelo erosionado y una caja para medir la cantidad de agua escurrida. Al centro de cada parcela se instalaron cápsulas lisimétricas a 70 cm de profundidad, para obtener muestras de solución de suelo conteniendo los nutrientes lixiviados. En muestras de suelo, agua, y tejido vegetal, tomados oportunamente, se determinaron la composición de nutrientes con los cuales se calcularon las pérdidas y aportes, de éstos, en el sistema.

El balance anual para cada nutriente, en los tratamientos estudiados revela una tendencia a la disminución en las reservas a través del tiempo, siendo más críticos los casos de calcio y magnesio. En el cultivo manejado tradicionalmente el balance para todos los nutrientes siempre resultó negativo, lo que indica que de continuar con este sistema, el suelo podría perder con el tiempo su capacidad para sostener cultivos.

La variable que provoca el mayor desbalance, está relacionado a las pérdidas de nutrientes del suelo por el proceso de lixiviación. Este fenómeno es típico en regiones tropicales húmedas; debido a la percolación, el agua provoca un reemplazo paulatino de las bases cambiables por iones H y Al conduciendo a la acidificación progresiva de estos suelos.

Los rendimientos (promedio de tres años) obtenidos por el frijol y maíz en los tratamientos con coberturas resultaron ser mejores a los cultivos en callejones. Así mismo, los rendimientos obtenidos en el primer y segundo año fueron superiores a los obtenidos en el tercer año.

Con la finalidad de obtener resultados más confiables se recomienda para futuras investigaciones, tomar un mayor número de muestras de agua de escorrentía e infiltración, para determinar las variaciones en el contenido de nutrimentos según las fases de desarrollo del cultivo.

La presente publicación es otro esfuerzo que en forma conjunta realizan los Programas de Agricultura Sostenible y Manejo Integrado de Recursos Naturales, a través de sus Proyectos de Arboles Fijadores de Nitrógeno (AFN) y RENARM/Manejo de Cuencas, del CATIE. La fuente básica corresponde a una parte del trabajo de Tesis, del Ing. Alex Tineo Bermúdez, para optar el Grado de Magister Scientae.

1. INTRODUCCION

A lo largo de decenios, se han desarrollado y ampliado un conjunto de técnicas para combatir la erosión y mantener la productividad de los suelos. Entre éstas, las técnicas biológicas, por sencillo y económicas, son siempre las primeras que se toman en cuenta (FAO 1984). En estos últimos años, muchos investigadores han reconocido la capacidad potencial de los sistemas agroforestales para la conservación del suelo, incluyendo aspectos físicos -control de la erosión- y aspectos químico-biológicos -mantenimiento de la fertilidad.

La presente investigación contempla dos técnicas biológicas y el efecto de éstas en el control de la erosión, y el mantenimiento de la capacidad productiva del suelo. Una, se refiere al cultivo en callejones y la otra, al cultivo con cobertura de residuos vegetales, más conocido como mulch o mulching. Utilizando parcelas de escorrentía y lisímetros instalados dentro de las parcelas, se cuantificaron las pérdidas de nutrimentos del suelo por erosión hídrica, escorrentía y lixiviación; así mismo, se cuantificaron los aportes de los nutrimentos provenientes de la aplicación de materiales de poda y residuos de cultivo. A partir de estas consideraciones, para el estudio se establecieron los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

- (i) Cuantificar las pérdidas de N, P, K, Ca y Mg del suelo por erosión hídrica, escorrentía y lixiviación, en tierras de ladera bajo un sistema de rotación frijol-maíz con diferentes prácticas agronómicas (cultivo en callejones y cobertura vegetal muerta).
- (ii) Realizar el balance de N, P, K, Ca y Mg del suelo, para un período de tres años de rotación frijol-maíz con diferentes prácticas agronómicas.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Características del área de estudio

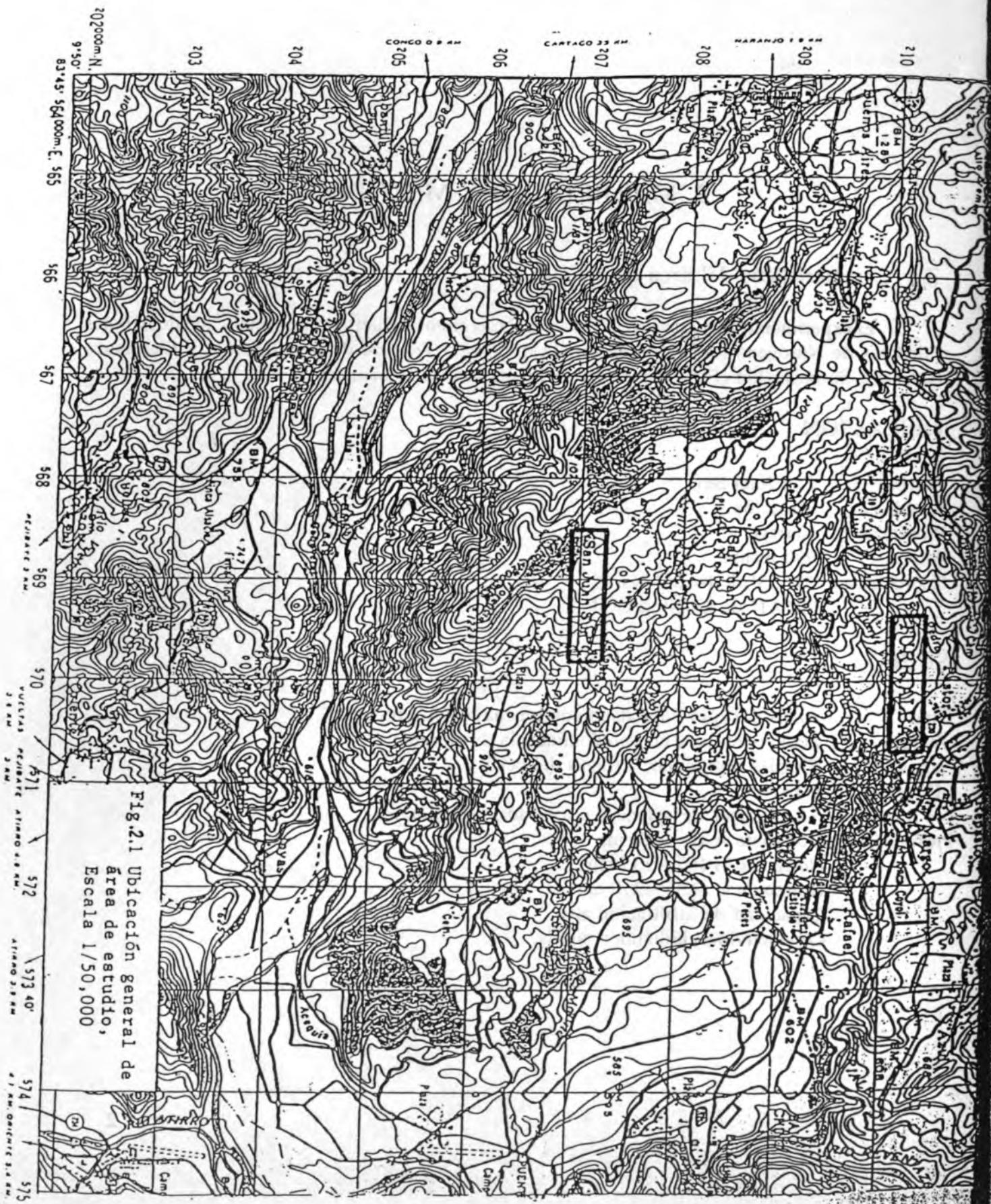
El experimento se realizó en la Estación Experimental Huerto Latinoamericano de Arboles Fijadores de Nitrógeno (AFN) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Su ubicación (Fig. 2.1) y características son las siguientes:

UBICACION

Distrito	San Juan Sur
Cantón	Turrialba
Provincia	Cartago
Altitud	950 msnm
Coordenadas	09° 53' de latitud Norte 83° 41' de longitud Oeste

SUELO

Tipo	Andisol Typic Fulvudand con mucha materia orgánica
Textura	Franco-arcillosa con predominancia de alófono
Estructura	Bloques a granular, a través del perfil
pH inicial	4.3 - 4.5
pH final	5.5 (después de aplicar 2.6 toneladas de cal/ha)
Profundidad	Horizonte A (0 - 65 cm) Horizonte B (65 - 135 cm) Horizonte C (135 - 210 cm) Capacidad de infiltración alta Conductividad hidráulica rápida.



Clima

Precipitación media^{*} 2623 mm*año⁻¹ (promedio de 44 años)

Temperatura media^{*} 19.5 °C (promedio de 25 años)

Humedad relativa^{*} 87.84 % (promedio de 25 años)

Zona de vida (Holdridge) bosque muy húmedo - Premontano (bmh-P)

^{*} Datos de la Estación Meteorológica del CATIE:
09°53' Latitud Norte; 83°38' longitud Oeste; 600 msnm.

Historia

Dos trabajos preliminares se realizaron en el lugar experimental; el primero con el objetivo de estudiar la pérdida de suelos por efecto de la erosión hídrica (Garzón 1991), y el otro con el objetivo de definir la tecnología más apropiada para el agricultor de tierras de ladera con escasos recursos económicos (Lebeuf 1993).

El área presentaba suelos cuyas características (pH bajo y alta saturación de aluminio) lo calificaron como marginal. Ante esta situación surgió la idea de investigar el comportamiento de algunos sistemas agroforestales para la conservación de suelos. Se seleccionó el cultivo en callejones y se comparó con el cultivo bajo cobertura de material vegetal muerto, para probar el efecto de éstas en la producción de granos en una rotación frijol-maíz. Las características químicas del suelo, antes indicadas, sugirieron la aplicación de cal (2.6 t/ha) para corregir el problema de la acidez del suelo y mejorar la disponibilidad de nutrientes; luego se aplicó para el frijol una fertilización básica de 50-50-50 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. No se aplicó fertilizantes para el maíz, ya que en estos sistemas se hace posible el uso mínimo de insumos.

En el primer año, los tratamientos con cobertura foliar (MInga y MErythrina) recibieron 105.6 kg del material (16 t/ha), tanto en el cultivo de frijol como en el de maíz. En el segundo año se aplicó la misma cantidad para el frijol, mientras que para el maíz se redujo a la mitad. Esta disminución se realizó porque aproximadamente la mitad del material utilizado como cobertura todavía no estaba descompuesto, sobre todo en las parcelas con *Inga edulis* (Lebeuf 1993).

2.2 Descripción del experimento

Parcelas de escorrentía

Las parcelas de escorrentía (parcela útil) utilizadas en el presente experimento tienen las características siguientes: 2 m de ancho, 22 m de largo y 15 cm de altura. En la parte inferior de éstas se cuenta con un sistema colector compuesto por una canoa para captar el material

erosionado, y una caja más un estañón para recolectar el agua de escorrentía (Fig 2.2). La recolección de sedimentos y la medición de agua de escorrentía se realizaron todos los días a las ocho de la mañana.

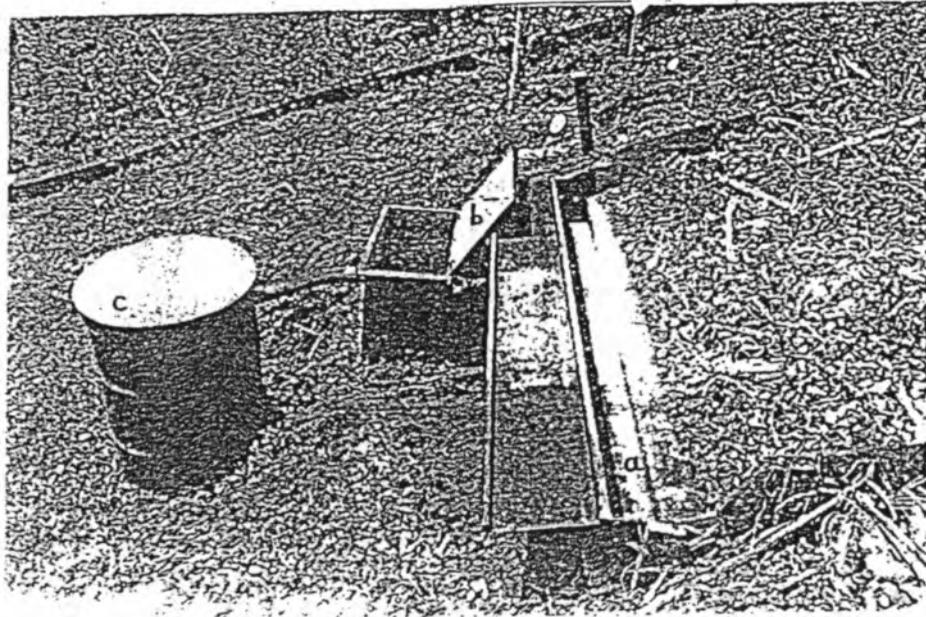


Fig 2.2. Detalle del sistema colector de una parcela de escorrentía

a. canoa	largo	200 cm
	ancho	16 cm
	altura	16 cm
b. caja	largo	60 cm
	ancho	40 cm
	altura	30 cm
c. estañón	diámetro	59 cm
	altura	120 cm

Diseño experimental y Tratamientos

Las parcelas de escorrentía fueron instaladas en junio de 1990 (Garzón 1991) utilizando como criterio para el bloqueo el valor promedio de la pendiente del terreno (15%, 25%, 35%). De este modo el ensayo se adaptó a un diseño de bloques completos al azar (DBA), constituido de seis tratamientos (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1 Lista de tratamientos y claves de identificación

cultivo* con manejo tradicional	(Tradicional)
cultivo en callejones de cuatro metros	(CCallejón-4m)
cultivo en callejones de seis metros	(CCallejón-6m)
cultivo con cobertura foliar de <i>Inga edulis</i>	(MInga)
cultivo con cobertura de <i>Erythrina fusca</i>	(MErythrina)
terreno desnudo	(Desnudo)

* el cultivo se refiere a una rotación frijol-maíz

Las semillas de frijol (var. Negro Huasteco) y maíz (var. Tuxpeño) fueron obtenidas del almacén de semillas, del Proyecto AFN; con buena conservación y alto porcentaje de germinación. El frijol se sembró a 40 cm entre surcos y 25 cm entre golpes; el maíz a 80 cm entre surcos y 50 cm entre golpes.

2.3 Variables y metodología para la toma de datos

Pérdida de nutrimentos por erosión

A partir del mes de octubre de 1992 hasta el último día de setiembre de 1993 se realizó la recolección diaria del material erosionado (sedimentos). Después de mezclar lo recolectado durante el año, se extrajo una muestra por parcela en las cuales se realizaron los análisis para determinar el contenido de los nutrimentos. Estos resultados multiplicados por el total de suelo perdido en cada parcela corresponden a la masa de nutrimentos de suelo, perdidos por erosión hídrica.

Pérdida de nutrimentos por escorrentía

Después de cada evento se determinó el volumen de agua de escorrentía recolectada en la caja de cada parcela. Después de dos eventos seleccionados al azar se recolectaron muestras del agua de escorrentía, las que se analizaron en el Laboratorio de Suelos del CATIE. La pérdida de nutrimentos del suelo, por escorrentía, se calculó relacionando la concentración de nutrimentos en el agua con la cantidad de agua escurrida en cada parcela.

Pérdida de nutrimentos por lixiviación

Para determinar la pérdida de nutrimentos del suelo, por lixiviación, se emplearon tubos lisimétricos colocados al centro de cada parcela hasta una profundidad de 70 centímetros. Las muestras de la solución de suelo con los nutrimentos lixiviados, se llevaron al Laboratorio, para determinar su composición.

El volumen de agua percolada se estimó utilizando la ecuación general de balance hídrico entre dos fechas, que para una zona húmeda donde no se practica riego, está descrita como:

$$P = E + D + ET \quad (2.1)$$

Con esta relación simplificada se calculó la cantidad de agua percolada o drenada internamente (D), ya que se conocían las otras variables: la precipitación (P) medida con el pluviógrafo, la escorrentía (E) medida en el sistema colector de las parcelas, y la evapotranspiración (ET) calculada con el método de Penman.

La pérdida de nutrimentos por lixiviación se obtuvo de multiplicar la cantidad de agua percolada por la concentración de nutrimentos en la solución, muestreada con los lisímetros.

Extracción de nutrimentos por los cultivos

Para determinar la extracción de nutrimentos por los cultivos se procedió a realizar un muestreo cuando los cultivos alcanzaron su estado de madurez fisiológica. La muestra obtenida se separó por partes; en el caso de frijol: raíz, hoja+tallo y vaina, y en el caso de maíz: raíz, tallo, hoja, mazorca y flor. En cada una de estas fracciones se determinaron el contenido en N, P, K, Ca y Mg.

Los nutrimentos extraídos por la vaina en el caso de frijol, y por la mazorca en el caso de maíz, representan salidas (exportación por el cultivo) del sistema, mientras que la extracción por las otras partes de la planta representan entradas, porque vuelven al terreno.

Aporte de nutrimentos por el componente arbóreo

Para determinar la cantidad de nutrimentos aportados al sistema por el componente arbóreo, se tomaron muestras del material podado, separando luego en hojas, ramas tiernas y ramas leñosas; en éstas se practicaron los análisis químicos respectivos para determinar su contenido de N, P, K, Ca y Mg.

En el caso del material foliar aportados como cobertura, en los tratamientos MInga y MErythrina, se determinó su composición química en muestras tomadas adecuadamente. El material foliar consistió de hojas y ramas tiernas de cada una de las dos especies.

Balance de nutrimentos

Con la finalidad de realizar un balance simple de los principales nutrimentos del suelo (Fig 2.3), se cuantificaron las fuentes de entrada (aporte por las lluvias, aplicación de coberturas, residuos del cultivo después de la cosecha), y salidas (lixiviación, escorrentía superficial, erosión hídrica, exportación por los cultivos). Para este análisis se procesaron datos obtenidos en el presente experimento y en los dos anteriores. El resultado indica la reserva potencial de cada uno de los nutrimentos en los sistemas estudiados, puesto que no se considera el contenido inicial en el suelo.

2.4 Procedimientos analíticos

El análisis de los datos para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las variables escorrentía (E) y material erosionado (S), se efectuó utilizando el modelo de análisis de varianza (ANDEVA) que corresponde al diseño planteado para este experimento (DBA); esto es:

$$Y_{ijk} = M + B_i + T_j + E_{ijk}$$

Se estudió el comportamiento de la producción de frijol y maíz, a través de los años; para el cual se realizaron los ANDEVA de rendimientos, obtenidos en tres ciclos de rotación frijol-maíz, con el diseño original (DBA) al que se le dió un arreglo en parcelas divididas en el tiempo. El modelo correspondiente a este diseño es:

$$Y_{ijk} = M + B_i + T_j + E_{ijk} + D_l + T * D_{jl} + E_{ijkl}$$

2.5 Limitantes y condiciones del estudio

- No se conoce con exactitud el uso anterior del terreno; se informa que antes de instalar las parcelas, se hallaba cubierto de pastos y malezas, donde al parecer no se había practicado actividad agrícola alguna en los últimos siete años (Garzón 1991).
- La especie arbórea utilizada (*Erythrina fusca*) resultó tener bajos rendimiento de biomasa (menos de 10 t/ha/a). El motivo de su inclusión en el trabajo fue por tratarse de una especie poco estudiada, de la cual se quería tener mayor información.
- Los rangos de pendiente utilizados (15% - 35%), probablemente no fueron suficientemente contrastantes para este tipo de estudio. Asimismo, dentro de un bloque, las pendientes no eran las mismas en los diferentes tratamientos. Para un estudio que incluye tratamientos con árboles, el tamaño de la parcela tal vez no sea el más adecuado.
- En el manejo de los cultivos faltó integrar el aspecto fitosanitario. Este aspecto es muy importante, y en investigaciones futuras se sugiere incorporar a un especialista en fitoprotección.

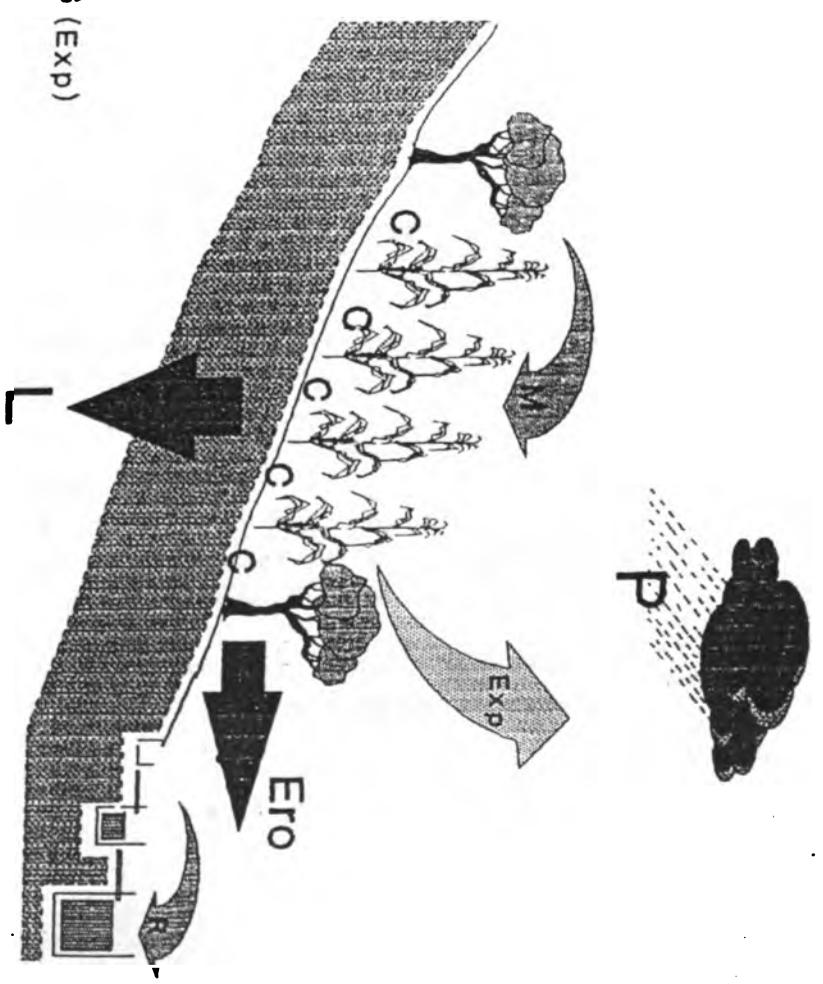
Fig 2.3 Esquema para el balance de nutrientes

ENTRADAS

- ✓ LLUVIA (P)
- ✓ APLICACION DE MULCH (M)
- ✓ RESIDUOS DE COSECHA (c)

SALIDAS

- ✓ EROSION (Ero)
- ✓ ESCORRENTIA (R)
- ✓ LIXIVIACION (L)
- ✓ EXPORTACION POR CULTIVOS (Exp)



- Para los tratamientos con coberturas (MInga, MErythrina), el material utilizado para aplicar en las parcelas fueron obtenido en lugares muy distantes del campo experimental. Sin embargo, se ha considerado estos tratamientos como puramente experimentales.

- Para el balance de nutrimentos no se han considerado las pérdidas de nutrimentos por volatilización. Pueden existir pérdidas importantes cuando no se entierra la cobertura aplicada al suelo.

- El método utilizado para determinar la pérdida de nutrimentos por lixiviación deja un rango de exactitud, que podría ser mejorado realizando un mayor número de observaciones o utilizando instrumentos de mayor precisión.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Balance hídrico

Precipitación

La distribución de la lluvia (Fig 3.1) correspondiente al período de estudio (octubre 1992, setiembre 1993), muestra que ésta es superior a los 200 mm mensuales con excepción de los meses de noviembre de 1992, febrero y abril de 1993, en los que las cantidades de agua precipitada fueron 95.6 mm, 71.2 mm y 71.0 mm, respectivamente.

El criterio básico para determinar el momento para la siembra de los cultivos fue la presentación regular de las lluvias. Este coincide, en el gráfico de distribución de lluvias, con el primer mes inmediato posterior a un mes seco (noviembre para el frijol y abril para el maíz). De esta forma, el frijol se sembró entre el 14 y 17 de diciembre, porque en estos días se presentaron lluvias más continuas; de igual modo, la siembra de maíz se realizó entre el 10 y 11 de mayo por la razón antes expuesta.

3.2 Escorrentía y pérdida de nutrimentos por escorrentía

Los valores del agua de escorrentía para cada tratamiento (Cuadro 3.1) indican que éstos son bajos en relación a la cantidad de agua llovida. Al expresarlos como coeficientes de escorrentía se observa que en promedio no superan al 1 %.

Los valores bajos de escorrentía posiblemente se deben a la alta permeabilidad de estos suelos, puesto que la tasa de infiltración (864 mm/h) y percolación (234 mm/h), determinados por Silvestre et al (1993), son muy altos. Esto permite que el agua se infiltre rápidamente en el perfil del suelo.

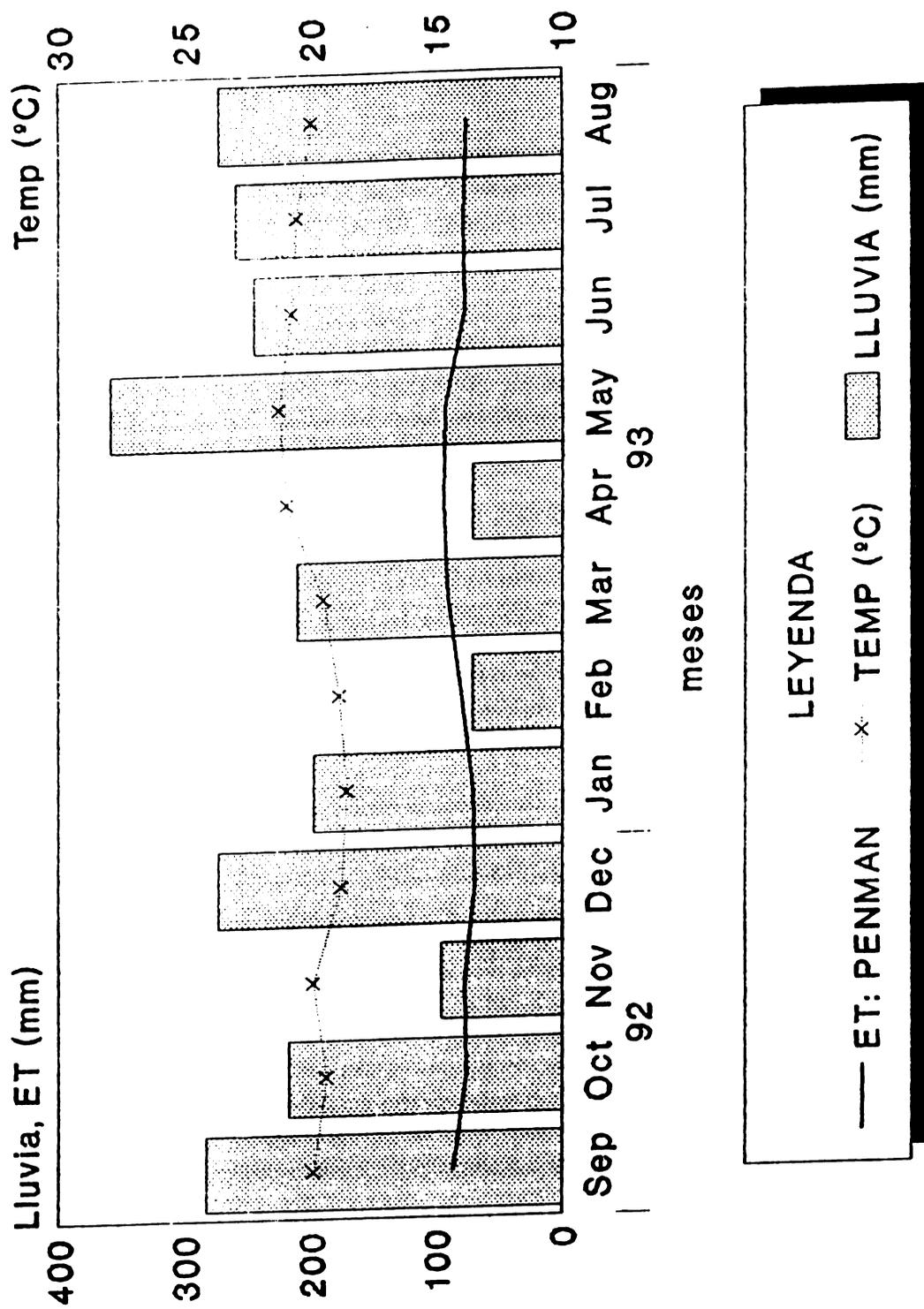


Fig 3.1 Diagrama climático de San Juan Sur, Turrialba (set 92 - ago 93)

Cuadro 3.1 Lámina de agua escurrida (mm) y coeficientes de escorrentía por tratamientos. San Juan Sur, Turrialba (setiembre 1992 - agosto 1993).

Tratamiento	Bloque A		Bloque B		Bloque C	
	Lámina	Coef.	Lámina	Coef.	Lámina	Coef.
Tradicional	11,07	0,0040	3,18	0,012	10,52	0,0039
CC-4m	5,33	0,0020	37,50	0,0136	7,62	0,0028
CC-6m	8,82	0,0032	23-42	0,0086	34,32	0,0126
MInga	3,44	0,0013	4,90	0,0018	2,83	0,0010
MErythrina	3,09	0,0011	5,36	0,0020	3,34	0,0012
Lluvia	2726,43 mm					

A pesar de no existir diferencia significativa para la escorrentía entre los tratamientos estudiados, los valores más bajos corresponden a las coberturas, de *I. edulis* (0.137 %) y *E. fusca* (0.143 %), y los valores más altos al cultivo en callejones de seis metros (0.813 %).

Trabajando en las mismas parcelas, Lebeuf (1993) encontró valores de escorrentía entre 0.04 % y 0.25 %; por su parte Garzón (1991) reporta un rango más amplio (0.14 % a 6.27 %) considerando sólo las lluvias erosivas. Romero (1991) reporta 12.06 % en terrenos de 69 % de pendiente con cultivo de frijol y 19.45 % en suelo desnudo con 58 % de pendiente.

Los valores bajos de escorrentía, parecen estar asociados a las características de estos suelos: alta porosidad, 82 % en la parte superficial, y 69 % en horizontes más profundos (Luzuriaga 1970 y Aguirre 1971 citados por Lebeuf 1993), y conductividad hidráulica rápida, 234 mm/h (Silvestre et al 1993).

3.3 Pérdida de suelos y nutrimentos por erosión

La cantidad de suelo perdido por erosión hídrica varía desde 11 kg/ha/a encontrados en el tratamiento con cobertura de *Inga edulis* ubicado en el bloque B, hasta 694 kg/ha/a en el cultivo en callejones de seis metros ubicado en el bloque C.

Estos valores se consideran bajos, comparados con los de las parcelas desnudas, que alcanzan hasta 19.5 t/ha/a. Significa que la erosión hídrica en estos suelos, mientras tengan algún tipo de cobertura vegetal, no es de mucha importancia; sin embargo, la exposición de éstos a la acción directa de la lluvia es de importancia porque supera los límites de tolerancia (10 t/ha/a).

Los valores bajos de pérdida de suelo por erosión, se traducen también en valores bajos de pérdida de nutrimentos del suelo (Cuadro 3.2), por este proceso. Estos, a excepción del N, son algo aproximados a los valores de pérdidas por escorrentía.

3.4 Percocolación y pérdida de nutrimentos por lixiviación

Utilizando la ecuación simplificada de balance hídrico (Ecuación 2.1) descrita en el capítulo de materiales y métodos, se realizaron los cálculos para estimar la cantidad de agua perdida por percolación según el Cuadro 3.2. La masa de nutrimentos perdidos por lixiviación se calculó en base a la concentración de nutrimentos en la solución, muestreada con los tubos lisimétricos, y la cantidad de agua perdida por percolación.

Las pérdidas por lixiviación así estimadas alcanzan en algunas parcelas hasta 108, 6, 65, 362, y 29 kg por hectárea, de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. Estos valores son muy altos si se comparan con las pérdidas por escorrentía. Para el caso del N, las pérdidas por lixiviación son aproximadamente 500 a 1000 veces mayores que las pérdidas por escorrentía, a excepción del cultivo en callejones de seis metros donde esta relación baja a unas 70 veces; El P, por lixiviación se pierde entre 50 a 200 veces más que por escorrentía; El K, de 50 a 1000 veces; El Ca, de 400 a 5000 veces; y el Mg, de 150 a 1500 veces.

Imbach (1987) trabajando en el campo experimental La Montaña del CATIE con sistemas agroforestales de laurel y poró combinados con café y cacao, reporta pérdidas de nitrógeno entre 5.18 a 5.79 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$, fósforo de 0.45 a 0.66 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$, potasio de 1.17 a 2.01 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$, calcio de 7 a 27 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$, y magnesio de 6 a 18 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$. Sólo las pérdidas de Mg se parecen a los obtenidos en San Juan Sur, que varían de 9 a 29 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$.

Espinoza y Dos Reis (1984) utilizando cápsulas porosas (lisímetros) en latosoles del Cerrado en Brasil, en condiciones de irrigación para un total de 1920 mm, determinaron que el agua drenada hasta 105 cm de profundidad varió entre 637 y 1555 mm. A esta profundidad registraron pérdidas de Ca entre 34.5 y 203 kg/ha con un promedio de 125.95 kg/ha, de Mg entre 16 y 73 kg/ha un promedio de 49.7 kg/ha, y de potasio entre 8.9 y 27.2 kg/ha.

Saragoni et al (1990) trabajando en suelos lateríticos reportaron pérdidas de potasio hasta 10 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$; para el caso de nitrógeno y calcio estas pérdidas alcanzaron hasta 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

Además de las características físicas del suelo, otro aspecto muy importante que permite explicar los valores altos de calcio perdidos por lixiviación, es que estos suelos han recibido un encalado de 2.6 t/ha en el primer año (1990), por lo que la concentración de Ca intercambiable es alto. Asimismo, una propiedad del alófono es la relativa fácil pérdida de bases intercambiables (Okajima 1980).

Cuadro 3.2 Pérdida de nutrientes del suelo (kg/ha) por erosión, escorrentía y lixiviación, San Juan Sur, Turrialba (octubre 1992 - setiembre 1993).

Proceso		N	P	K	Ca	Mg
ESCORRENTIA *						
Tradic.	8,8	0,039	0,006	0,055	0,060	0,018
CC-4m	18,8	0,106	0,016	0,159	0,156	0,051
CC-6m	25,7	0,569	0,020	0,437	0,370	0,116
MInga	3,9	0,042	0,004	0,043	0,035	0,012
MErythrina	4,3	0,051	0,008	0,100	0,036	0,010
EROSION						
Tradic.		0,601	0,001	0,013	0,086	0,010
CC-4m		0,694	0,001	0,018	0,131	0,011
CC-6m		0,530	0,001	0,011	0,055	0,007
MInga		0,442	0,001	0,011	0,087	0,008
MErythrina		0,431	0,001	0,012	0,099	0,008
LIXIVIACION						
Tradic.	1574	60,802	0,997	39,663	218,855	22,187
CC-4m	1564	48,149	0,731	22,134	154,671	13,846
CC-6m	1557	38,449	2,392	27,283	142,735	16,219
MInga	1579	42,675	0,869	42,368	177,394	15,528
MErythrina	1579	40,814	0,869	32,891	162,931	16,057
Valor mínimo		18,604	0,630	10,432	100,308	9,432
Valor máximo		108,514	5,848	65,491	362,173	29,484

* lámina de agua escurrida.

** lámina de agua percolada.

3.5 Rendimiento de los cultivos

3.5.1 Rendimientos de frijol

Los rendimientos de frijol varían desde 586 kg/ha obtenido en el tercer año con el cultivo en callejones de seis metros en el bloque B (3^{er} a, CC-6m, bB), hasta 2586 kg/ha (2^{do} a, MInga,

bA). El análisis de varianza (Cuadro 3.3) muestra la existencia de diferencias altamente significativas para bloque, tratamiento, y año, y diferencia significativa para la interacción tratamiento por año; esta última podría estar asociada además de los años, al efecto de las dosis de cobertura que se redujo año tras año.

Cuadro 3.3 Análisis de varianza de los rendimientos de frijol en una rotación frijol-maíz. San Juan Sur (1991-1993).

Fuentes	GL	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Bloque	2	1053206,04	526603,02	65,48	0,0001**
Trat	2	8216608,67	2054152,17	255,41	0,0001**
Error (a)	8	64341,07	8042,63	0,18	0,9908
Año	2	1371852,31	685926,16	15,49	0,0001**
Trat*Año	8	1202295,47	150286,93	3,39	0,0126*
Error (b)	20	885396,89	44269,84		
Total	44	12793700,44			

C.V. = 14.17 % Rend. promedio = 1484.89 kg/ha

La reducción de rendimientos observados en estos tratamientos probablemente se deban a la disminución de la fertilidad natural del suelo, puesto que no recibieron ningún tipo de fertilización adicional después de cada cosecha, desde la implantación de la rotación en diciembre de 1990.

Cuando se analiza, mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), el rendimiento por años como promedio de tratamientos, se obtiene que los rendimientos del primer (1567 kg/ha) y segundo año (1646 kg/ha) son mayores a los obtenidos en el tercer año (1242 kg/ha). Por otro lado, el análisis del rendimiento por tratamientos (promedio de tres años), señala a las coberturas (MInga con 2007 kg/ha y MErythrina con 1963 kg/ha) como superiores a los demás tratamientos (Fig 3.2a).

Los rendimientos superiores obtenidos en las coberturas pueden explicarse por los múltiples efectos que ofrecen éstas en beneficio del cultivo, como son: contribución de nutrientes a través de la descomposición (Bartholomew 1975); regulación de la temperatura (Bartholomew 1975); control de malezas, sobre todo cuando la descomposición de la cobertura es lenta (Salazar 1990, citado por Contreras 1991); evitando cambios bruscos que podrían afectar al sistema radicular, aspecto muy importante en regiones tropicales, donde se ha probado que el suelo desnudo sometido a la acción directa del sol y del agua de lluvia sufre graves daños en su productividad (Alonso et al 1979).

3.5.2 Rendimientos de maíz

Los rendimientos obtenidos en el cultivo de maíz varían desde 180 kg/ha obtenido en el tercer año con el cultivo en callejones de cuatro metros ubicado en el bloque A (3^{er} a, CC-4m, bA), hasta 4184 kg/ha (2^{do} a, MErythrina, bC). El análisis de varianza (Cuadro 3.4) muestra diferencia altamente significativa para tratamientos y diferencia significativa para bloques y años; no se encontró diferencia en la interacción tratamiento por año. El análisis de efectos simples indica que no existe una tendencia definida para los rendimientos de maíz a través del tiempo; Sin embargo, se observó que estos disminuyen a medida que pasan los años.

Cuadro 3.4 Análisis de varianza de los rendimientos de maíz en una rotación frijol-maíz. San Juan Sur (1991-1993).

Fuentes	GL	S.C	C.M	Fc	Pr>F
Bloque	2	6320819,73	3160409,87	6,92	0,0180*
Trat	4	14886289,87	3721572,47	8,15	0,0064**
Error (a)	8	3653600,27	456700,03	1,20	0,3485
Año	2	4288960,93	2144480,47	5,63	0,0115*
Trat*Año	8	1481980,40	185247,55	0,49	0,8517ns
Error (b)	20	7620600,00	381030,00		
Total	44	38252251,20			

C.V. = 32.30 % Rend. promedio = 1911.20 kg/ha

El análisis del rendimiento, por tratamientos como promedio de años (Fig 3.2b), de acuerdo a la prueba de Tukey, indica que el obtenido con MInga (2787 kg/ha) es superior a los obtenidos con los cultivos en callejones (CC-6m con 1345 kg/ha y CC-4m con 1283 kg/ha). Así mismo, cuando se analiza por años (Fig 3.2b), como promedio de tratamientos, los rendimientos obtenidos en el primer (2130 kg/ha) y segundo año (2129 kg/ha) son superiores al obtenido en el tercer año (1475 kg/ha).

Para la comparación entre tratamientos, Lebeuf (1993) encontró resultados similares y atribuye el bajo rendimiento en cultivos en callejones a la escasa biomasa aportada por el componente arbóreo. Este problema persistió en el tercer año por lo que se decidió fertilizar con sulfato de magnesio, que ayudó a recuperarse a los árboles.

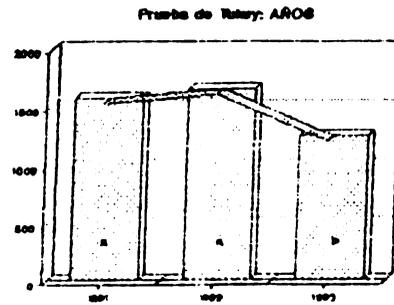
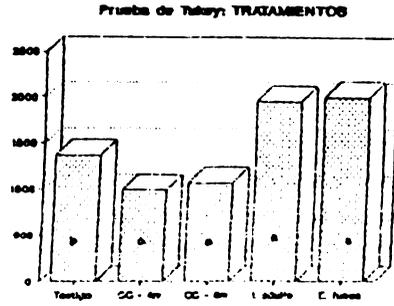
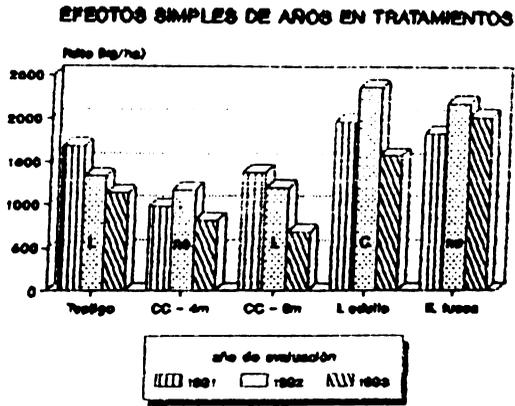


Fig 3.2a Rendimiento de frijol (kg/ha), San Juan Sur, Turrialba (1991-1993)

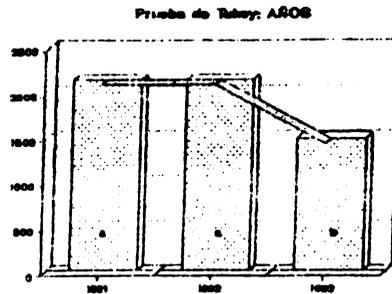
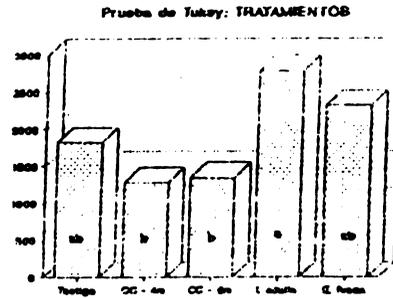
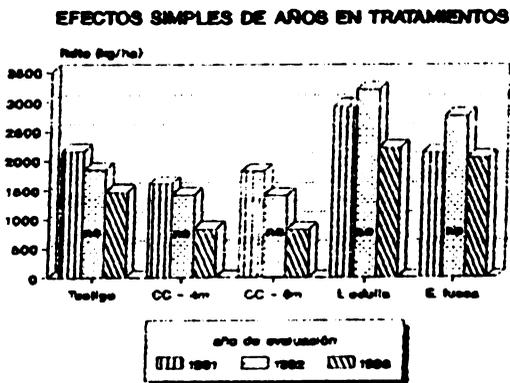


Fig 3.2b Rendimientos de maíz (kg/ha), San Juan Sur, Turrialba (1991-1993)

Los bajos rendimientos obtenidos en los cultivos en callejones pueden deberse a la menor densidad que éstos alcanzan, ya que parte del terreno es ocupado por los árboles; asimismo, Kass et al (1989) mencionan que hay una aparente competencia entre árbol y cultivo que puede resultar en una limitante del sistema.

Debe destacarse el hecho de que en el bloque C, durante el tercer año, el mayor rendimiento se obtuvo en el cultivo en callejones de cuatro metros (1889 kg/ha), a pesar de los problemas antes mencionados. Sin embargo, el promedio para este tratamiento se reduce drásticamente porque en el bloque A el rendimiento resultó ser apenas 180 kg/ha (el más bajo de todo el experimento, en los tres años). Esta variación en los rendimientos, para el mismo tratamiento, se atribuye a que en el bloque C los árboles de este tratamiento produjeron una biomasa superior a las 8 t/ha, cantidad que fue aplicada a los cultivos con cobertura. Por el contrario en el bloque A, la producción de biomasa fue escasa.

3.6 Extracción de nutrimentos del suelo, por los cultivos

Los tratamientos Tradicional y cultivos en callejones, mostraron una reducción bastante marcada en cuanto a la extracción de nutrimentos a través del tiempo, sobre todo de nitrógeno, fósforo y potasio; este resultado parece estar asociado con la reducción de los rendimientos, tanto de frijol como de maíz. La extracción de nutrimentos en el tratamiento MInga es superior a la extracción de éstos en los cultivos en callejones.

3.7 Balance de Nutrimentos

El balance anual de nitrógeno, en todos los casos, arroja valores cada vez menores a medida que pasan los años (Cuadro 3.5, Fig 3.3). Esta disminución parece estar relacionada con la disminución de los rendimientos, ya que de la extracción de este nutrimento por el cultivo una parte se pierde por exportación en los granos (salidas), mientras que el resto vuelve al terreno por incorporación de los residuos de cosecha (entradas). La diferencia (Cuadros 1a, 2a, 3a, 4a, 5a) en el primer año favorece a los aportes; es decir, a los nutrimentos que vuelven por incorporación de los residuos de cosecha. Esta diferencia en el tercer año resulta ser negativa para los casos de N y P; mientras que para el K, Ca y Mg a pesar de dar diferencias positivas, los valores obtenidos son mucho menores que los obtenidos en el primer año.

Un aspecto que debe tomarse en cuenta es el hecho de que las pérdidas de nutrimentos por lixiviación y escorrentía se han considerado como iguales para los tres años. Por lo tanto la variable que determina el valor del balance es la extracción de nutrimentos, dividida en aportes (aplicación de residuos de cosecha) y salidas (exportación por el grano). En el caso de los cultivos en callejones la disminución en las reservas puede deberse al decremento de rendimientos en los cultivos, y a la producción, cada vez menor, de biomasa por el componente arbóreo. En el caso de las coberturas, además del rendimiento de los cultivos, se debe a la reducción de la cantidad de material para cobertura; ésta se redujo a la mitad (8 t/ha) en el cultivo de maíz durante el segundo año, y a la mitad (8 t/ha) en los dos cultivos durante el tercer año.

Cuadro 3.5 Balance anual de nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg) del suelo para una rotación frijol - maíz.
San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica (período octubre 1990 - setiembre 1993).

TRAT	AÑO	N		P		K		Ca		Mg						
		ENTRAD	SALID													
Teetigo	1	78.8	122.8	-44.0	9.4	12.6	-3.2	99.1	91.9	7.2	58.4	229.4	-171.0	17.4	30.5	-13.1
	2	41.7	103.0	-61.2	5.9	9.5	-3.6	53.0	70.0	-17.0	30.5	222.5	-191.9	9.3	26.8	-17.5
	3	44.2	101.3	-57.1	6.1	7.6	-1.5	41.1	63.0	-21.9	36.4	223.7	-187.3	9.8	26.2	-16.5
CC-4m	1	216.2	97.7	118.6	16.1	10.3	5.7	138.8	56.5	82.4	72.4	165.2	-92.8	22.1	18.8	3.4
	2	130.6	78.3	52.2	11.8	6.6	5.3	89.1	43.9	45.2	56.5	158.3	-101.9	15.0	17.3	-2.3
	3	116.5	72.7	43.9	10.0	4.5	5.5	88.6	37.4	51.3	58.1	157.6	-99.5	13.9	16.0	-2.1
CC-6m	1	197.8	94.1	103.7	16.4	11.7	4.7	146.2	68.8	77.4	79.3	150.9	-71.7	23.8	22.6	1.0
	2	110.8	72.9	37.9	10.4	8.9	1.5	78.5	49.3	29.1	54.0	146.9	-92.9	13.9	19.8	-5.9
	3	96.0	68.1	27.9	8.5	6.8	1.7	64.8	44.8	19.8	52.7	146.4	-93.6	12.7	18.9	-6.2
I. edulis	1	335.2	135.0	200.3	26.9	15.8	11.1	225.5	118.6	107.0	141.9	190.6	-48.6	39.7	26.7	13.1
	2	263.4	87.7	175.7	19.2	7.5	11.7	136.7	76.5	60.2	71.0	182.2	-111.2	21.6	19.6	2.0
	3	280.2	106.9	173.3	20.3	10.9	9.4	138.5	81.1	57.3	115.3	184.3	-69.0	23.7	21.6	2.1
E. fusca	1	527.2	103.8	423.4	39.5	11.8	27.7	323.9	94.4	229.5	205.1	178.6	26.6	58.7	24.2	34.5
	2	304.0	77.2	226.8	22.7	7.4	15.3	165.9	61.3	104.6	98.5	168.9	-68.4	29.6	19.7	10.0
	3	251.5	105.9	145.5	19.7	11.7	8.1	142.4	76.9	65.5	150.4	170.4	-20.0	30.5	22.1	8.4

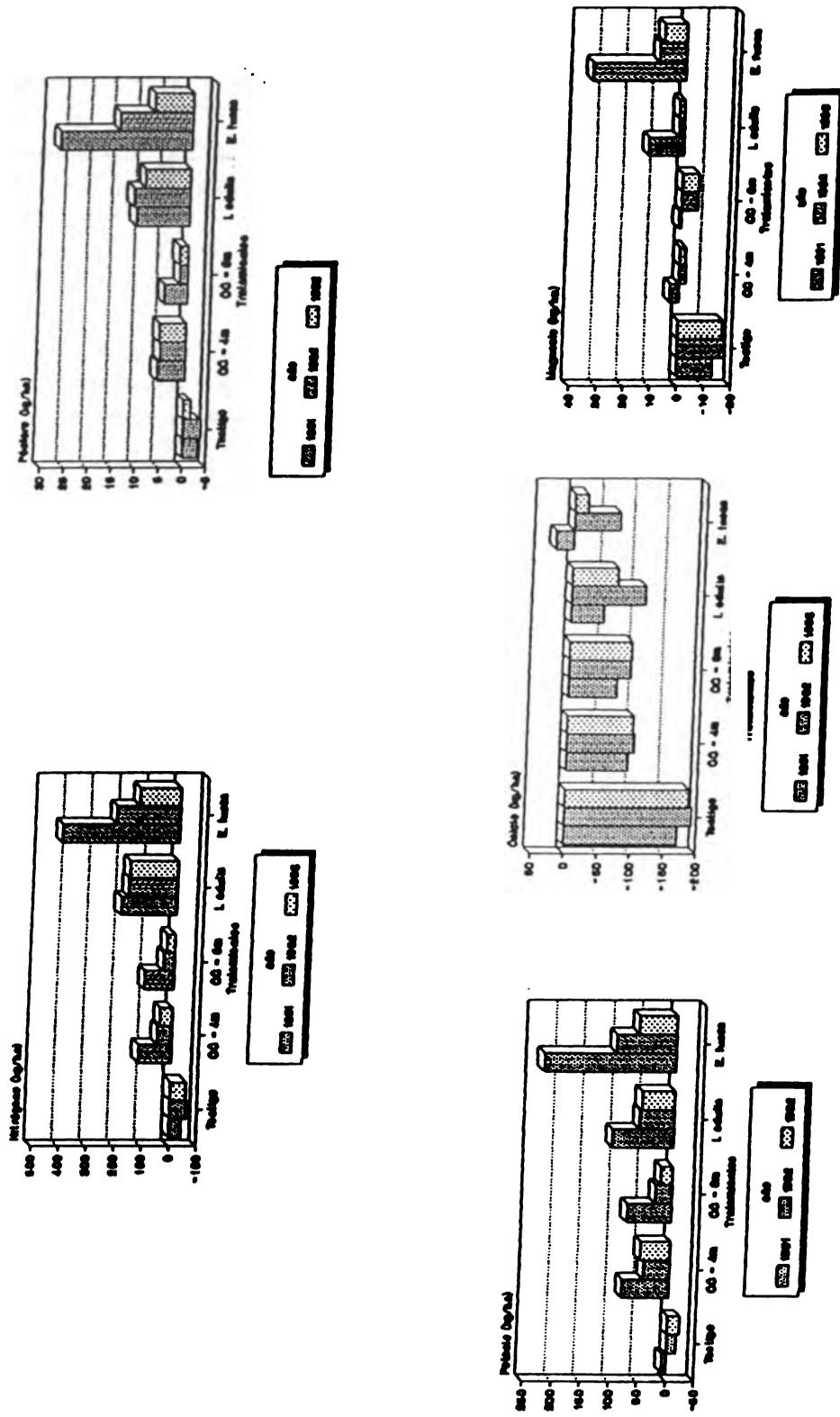


Fig 3.3 Balance de N, P, K, Ca y Mg del suelo, San Juan Sur, Turrialba, 1991-1993

Los valores negativos del balance de nutrimentos para el testigo, se explican porque la única fuente de entrada de nutrimentos es a través de la incorporación al suelo de los residuos de cosecha tanto para el frijol como para el maíz. No hubo otra fuente adicional de entrada de nutrimentos.

Los valores más altos de balance de nutrimentos corresponden a los tratamientos MInga y MErythrina, ya que en estos siempre hubo una fuente de entrada de nutrimentos (aplicación de coberturas) superior a los aportados por el componente arbóreo en los cultivos en callejones. Sin embargo estos valores fueron disminuyendo a través del tiempo por la misma reducción del material aplicado. En el primer año se aplicaron 32 t/ha, en el segundo año 24 t/ha, y en el tercer año 16 t/ha.

Los suelos tropicales ácidos no pueden sostener la producción de cultivos durante más de unos pocos años sin un aporte continuo de fertilizantes. Para mantener la productividad en estos suelos, las cantidades de nutrimentos suministrados debe superar la remoción de nutrimentos en los cultivos sucesivos (Von Uexküll 1990). Este requisito parcialmente se logra con las coberturas.



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

1. El balance anual para cada nutrimento, en los tratamientos estudiados revela una tendencia a la disminución en las reservas año tras año, siendo más crítico el caso del calcio, dado que el balance resultó ser negativo en todos los casos (entre -50 kg/ha/a a -190kg/ha/a).
2. En la rotación manejada tradicionalmente el balance para todos los nutrimentos siempre resultó negativo. Para el caso de N varió entre -44 y -62 kg/ha/a; para el fósforo entre -1.5 y -3.6 kg/ha/a; para el potasio entre 7.2 y -22 kg/ha; para el calcio entre -171 y -192 kg/ha; para el magnesio entre -13 y -18 kg/ha.
3. El balance del calcio resultó ser negativo en todos los tratamientos debido a que éste es uno de los elementos que más se pierde por el proceso de lixiviación. Las pérdidas de este nutrimento por esta vía representan hasta 2000 veces de las pérdidas por erosión.
4. En el período estudiado el uso de coberturas ha mostrado una mejor estabilidad en los rendimientos obtenidos a través de los tres años de rotación. Sus efectos ya discutidos anteriormente lo sitúan como una buena alternativa para el manejo de estos suelos u otros con características similares.
5. La variable que determina los valores bajos en el balance de nutrimentos es principalmente la pérdida de nutrimentos por el proceso de lixiviación. Esta es más importante en los casos de N, K, Ca y Mg. Las pérdidas de calcio por lixiviación representan entre el 75 % a 95 % de las salidas, en el balance de este elemento.

Recomendaciones.

1. Los resultados encontrados muestran la importancia que tiene la pérdida de nutrimentos del suelo en tierras de ladera por el fenómeno de lixiviación, por lo que se recomienda poner especial atención en investigaciones futuras, ya que es la que provoca el mayor desbalance.

2. Con el fin de obtener resultados más consistentes se recomienda para futuras investigaciones, realizar muestreos más frecuentes del agua de escorrentía y de infiltración, para determinar la variación de las pérdidas de nutrientes a través del tiempo, y no tomarlo como un simple promedio de dos muestras, como se hizo para el presente estudio.

3. La pérdida de nutrientes causado por el fenómeno de lixiviación es de gran importancia para el agricultor porque se pueden traducir en menores rendimientos o costos elevados para conseguir un determinado nivel de producción. Además de estas consideraciones puramente económicas existe una preocupación con el efecto deteriorante del medio ambiente derivados del manejo ineficiente de los fertilizantes (Espinoza y Dos Reis 1984). A nivel de cuenca este problema puede tomar gran importancia dado que los nutrientes lixiviados al incorporarse al nivel freático por el proceso de drenaje interno, son transportados a grandes distancias, contaminando la capa freática y finalmente las fuentes de agua potable.

5. GLOSARIO DE TERMINOS

<i>Erodabilidad</i>	Vulnerabilidad o susceptibilidad del suelo a la erosión. Es función de las características físicas del suelo como del tratamiento de éste.
<i>Erosividad</i>	Capacidad potencial de la lluvia para provocar la erosión. Es función de las características físicas de la lluvia.
<i>Infiltración</i>	Entrada y movimiento descendente del agua en el suelo.
<i>Lixiviación</i>	Remoción de materiales en la solución del suelo desde el perfil del suelo.
<i>Mulch</i>	Una cobertura natural o artificial de residuos de plantas u otros materiales tales como residuos de cosecha, hojas, arena, plásticos o papel, sobre la superficie del suelo.
<i>Percolación</i>	Movimiento del agua a través del perfil del suelo; especialmente el flujo de agua hacia abajo en suelos saturados o casi saturados con pendientes hidráulicas en el orden de 1.0 o menor.
<i>Permeabilidad</i>	Como se usa en suelo se refiere a la facilidad con que el agua, aire y raíces pueden penetrar la masa del suelo o una capa del suelo.
<i>Solución del suelo</i>	Fase líquida acuosa del suelo y de sus sustancias disueltas que consisten de iones disociados de las superficies de las partículas del suelo y otros materiales solubles.

5. BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, C.; DURAN, J.; FROMETA, E.; MARTIN, N.; GUTIERREZ, C. 1979. Compendio de suelos, tomo II. Editorial Pueblo y educación, La Habana, Cuba. 486 p.
- BARTHOLOMEW, W.V. 1975. El nitrógeno y la materia orgánica de los suelos. In M. Drosdoff, G. Aubert, J.K. Coulter. Suelos de las regiones tropicales húmedas. Centro regional de Ayuda Técnica (AID), Argentina. Ed Marymar. p 85-107.
- CONTRERAS, M. 1991. Efecto de la cobertura muerta de Inga Densiflora Benht e Inga Edulis Mart. en el crecimiento inicial de plántulas de cafeto (*Coffea Arabica* CV Catuai) y maíz (*Zea Mays* L. Híbrido Salvadoreño H-5). Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 142 p.
- ESPINOZA, W.; REIS, A.E. DOS. 1984. Lixiviacao em latosolo vermelho-escuro de cerrado. II. Magnitude e variabilidade do fenomeno sob irrigacao. Pesquisa agropecuaria brasileira, Brasilia, 19(1): 85-94.
- FAO (ITALIA). 1984. Proteger y producir: conservación del suelo para el desarrollo. FAO, Roma. 40 p.
- GARZON, H. 1991. Evaluación de la erosión hídrica y la escorrentía superficial bajo sistemas agroforestales, en tierras de ladera, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 121 p.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Ed. IICA, San José. 216 p.
- IMBACH, A C. 1987. Lixiviación de nutrimentos principales en cuatro sistemas agroforestales con cultivos perennes de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 167 p.

- KASS, D.; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, W.; CAMPOS, W.; JIMENEZ, M.; SANCHEZ, J. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (alley cropping) en la Montaña Turrialba, Costa Rica. *El Chasqui* 19: 5-24.
- LEBEUF, T.I. 1993. Sistemas agroforestales con *Erythina fusca* Lour. y sus efectos sobre la pérdida de suelo, la escorrentía superficial y la producción de los cultivos anuales en tierras de ladera, San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica (Parte I). Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 112p.
- OKAJIMA, H. 1980. Propiedades de los suelos derivados de cenizas volcánicas. In suelos derivados de cenizas volcánicas en Japón. Ed por Y. Ishizuka, C. Black. CIMMYT, México. 2: 14-67.
- ROMERO, E.G. 1991. Evaluación de las medidas demostrativas de conservación de suelos en la finca "La selva" Cuenca del Río Tuis, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 106 p.
- SARAGONI, H.; POSS, R.; OLIVER, R. 1990. Dynamique et lixiviation des éléments minéraux dans les terres de barre du sud du Togo. *L'agronomie tropicale* 45(4): 259-273.
- SILVESTRE, G.; COLLINET, J.; TINEO, A. 1993. Pruebas de Infiltración y percolación del agua en suelos de San Juan Sur, Turrialba. CATIE. s. n.
- VON UEXKULL, H.R. 1990. El uso eficaz de los fertilizantes en los suelos de las tierras altas de los trópicos húmedos. Boletín FAO: fertilizantes y nutrición vegetal n° 10. FAO, Roma. 64 p.

ANEXO

Cuadro:1a Balance anual de nitrógeno en una rotación frijol - maíz. San Juan Sur, Turrialba (1990 - 1993).

BALANCE DE NITROGENO (AÑO 1)

TRAT	MULCH-F		CULTIVO DE FRIJOL		MULCH-M		CULTIVO DE MAIZ		ENTRADA POR LLUVIA = 0.000		
	ENTRADA	ENTRADA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	ENTRADA	ENTRADA	SALIDA	EROSION	ESCORRE*	LDVMA*
A1	0.000	36.631	24.060	0.000	40.234	29.091	4.600	0.028	33.212		
A2	0.000	12.768	16.120	123.319	24.099	26.030	2.800	0.114	38.174		
A3	0.000	34.264	32.040	144.148	49.806	23.637	0.700	0.036	43.104		
A4	107.146	60.488	42.123	107.146	67.776	37.464	0.600	0.046	66.342		
A5	226.182	33.782	26.520	226.182	46.017	32.944	0.600	0.046	76.494		
B1	0.000	36.247	32.339	0.000	56.633	38.064	2.000	0.031	108.614		
B2	0.000	24.787	17.160	152.371	26.209	10.973	30.400	0.108	50.216		
B3	0.000	27.108	15.424	96.930	27.823	29.348	5.300	0.374	18.604		
B4	107.146	49.413	51.683	107.146	56.727	43.531	1.800	0.047	21.748		
B6	226.182	28.368	27.238	226.182	34.246	22.490	0.400	0.078	28.734		
C1	0.000	32.136	26.792	0.000	36.567	31.701	0.300	0.069	40.681		
C2	0.000	32.126	28.781	21.101	42.076	17.711	0.300	0.098	56.067		
C3	0.000	27.418	23.364	161.524	34.306	34.928	0.600	1.299	53.639		
C4	107.146	62.279	53.316	107.146	77.099	46.394	0.000	0.033	39.936		
C5	226.182	33.812	37.433	226.182	56.040	41.286	0.100	0.027	19.213		

*: TOMADO DE AÑO 3

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SALIDAS	GENERAL
76.766	90.948	-14.184
160.154	81.239	78.915
228.207	99.515	128.692
342.662	149.486	193.176
529.162	136.504	392.658
92.079	178.937	-86.858
203.367	108.867	94.510
151.869	69.048	82.811
319.430	113.809	205.620
512.975	76.943	436.032
67.692	98.534	-30.842
286.200	102.946	183.254
213.246	113.719	99.527
343.666	139.609	204.059
539.515	98.060	441.455

BALANCE DE NITROGENO (AÑO 2)

TRATAM	MULCH-F		CULTIVO DE FRIJOL		MULCH-M		CULTIVO DE MAIZ		ENTRADA POR LLUVIA = 0.000		
	ENTRADA	ENTRADA	ENTRADA	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADA	ENTRADA	SALIDAS	EROSION	ESCORRE*	LDVMA*
A1	0.000	9.892	4.628	0.000	20.293	28.919	0.697	0.000	33.212		
A2	43.970	16.723	12.064	21.220	13.994	12.682	0.490	0.240	38.174		
A3	50.831	18.315	8.362	27.829	20.964	26.288	0.308	0.080	43.104		
A4	101.708	27.689	14.683	92.639	29.620	33.389	0.428	0.091	66.342		
A5	168.694	19.420	13.961	86.696	32.431	36.301	0.240	0.133	76.494		
B1	0.000	9.892	8.337	0.000	17.166	19.229	0.564	0.111	108.614		
B2	47.087	8.999	5.889	20.779	13.941	13.913	1.097	0.128	50.216		
B3	40.631	13.172	6.892	18.449	15.282	20.306	1.158	0.397	18.604		
B4	101.708	26.111	22.786	92.639	36.470	18.094	0.699	0.248	21.748		
B6	168.694	26.639	12.642	86.696	15.796	16.019	0.890	0.283	28.734		
C1	0.000	23.608	11.663	0.000	44.630	51.801	0.583	0.100	40.681		
C2	97.046	16.748	10.802	69.580	21.643	32.432	0.496	0.331	56.067		
C3	53.806	13.330	11.403	36.315	23.479	27.704	0.126	0.328	53.639		
C4	101.708	42.469	22.301	92.639	40.898	21.996	0.200	0.183	39.936		
C5	168.694	24.460	10.600	86.696	34.229	19.872	0.163	0.080	19.213		

*: TOMADO DE AÑO 3

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SALIDAS	GENERAL
30.156	67.466	-37.302
96.877	63.620	32.257
117.039	78.132	38.907
261.666	114.834	146.832
306.141	126.120	179.021
26.757	136.744	-109.987
90.808	71.243	19.565
87.534	47.294	40.239
290.928	63.583	197.345
294.924	56.549	238.376
68.336	104.728	-36.390
204.997	100.119	104.878
126.928	93.200	33.728
277.713	84.613	193.100
311.970	49.828	262.142

BALANCE DE NITROGENO (AÑO 3)

TRATAM	MULCH-F		CULTIVO DE FRIJOL		MULCH-M		CULTIVO DE MAIZ		ENTRADA POR LLUVIA = 0.000		
	ENTRADA	ENTRADA	ENTRADA	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADA	ENTRADA	SALIDAS	EROSION	ESCORRE*	LDVMA*
A1	0.000	13.086	20.406	0.000	31.803	12.309	0.492	0.028	33.212		
A2	18.676	16.043	17.999	20.836	19.567	10.078	1.273	0.114	38.174		
A3	23.392	22.663	23.392	23.071	24.166	9.471	0.629	0.036	43.104		
A4	100.662	39.679	39.218	104.166	49.628	26.672	0.129	0.046	66.342		
A5	82.200	46.478	41.694	83.912	36.801	26.677	0.102	0.046	76.494		
B1	0.000	20.668	27.698	0.000	13.917	4.747	0.722	0.031	108.614		
B2	22.261	12.382	14.764	26.691	8.103	4.417	1.396	0.108	50.216		
B3	16.346	18.086	16.038	22.446	18.468	4.667	1.676	0.374	18.604		
B4	100.662	27.468	37.607	104.166	32.718	14.732	0.078	0.047	21.748		
B6	82.200	64.642	46.667	83.912	37.361	16.420	0.720	0.078	28.734		
C1	0.000	20.032	32.608	0.000	33.419	21.671	1.640	0.099	40.681		
C2	59.978	60.146	13.709	56.801	32.982	10.287	0.678	0.086	56.067		
C3	46.784	17.617	18.172	36.646	20.674	13.968	2.667	1.299	53.639		
C4	100.662	47.831	62.638	104.166	29.247	20.406	0.312	0.033	39.936		
C6	82.200	30.712	43.896	83.912	40.049	17.641	0.614	0.027	19.213		

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SALIDAS	GENERAL
44.697	66.439	-21.742
72.314	67.536	4.778
93.181	76.630	16.551
293.626	132.307	161.319
249.391	146.182	103.209
34.483	141.709	-107.226
66.427	70.889	-4.462
76.336	41.246	34.092
294.907	74.112	190.795
268.106	91.610	176.496
53.461	96.860	-43.399
208.906	80.827	128.079
119.619	86.637	29.983
281.799	113.324	168.475
296.673	81.290	165.683

Cuadro 2a Balance anual de fósforo en una rotación frijol - maíz. San Juan Sur, Turrialba (1990 - 1993).

BALANCE DE FOSFORO (AÑO 1)

TRATAM	MULCH-F		CULTIVO DE FRIJOL		MULCH-M		CULTIVO DE MAIZ		ENTRADA POR LLUVIA - 1.500			RESUMEN		BALANCE GENERAL
	ENTRADA	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	EROSION	ESCORRE*	LDVMA*	ENTRADA	SALIDAS	
A1	0.000	2.653	2.708	0.000	4.438	6.143	0.900	0.007	1.179			8.589	10.935	-2.346
A2	0.000	1.088	1.717	7.195	2.807	5.428	0.600	0.008	0.789			12.588	8.539	4.049
A3	0.000	2.625	3.801	8.288	5.083	4.132	0.200	0.007	0.630			17.478	8.770	8.708
A4	8.594	5.522	6.240	6.594	7.934	9.281	0.100	0.004	0.889			28.142	18.494	11.648
A5	14.343	2.242	3.113	14.343	4.314	4.920	0.100	0.013	1.106			38.742	9.253	27.490
B1	0.000	2.792	4.150	0.000	5.738	8.012	0.600	0.003	0.790			10.000	13.555	-3.555
B2	0.000	1.933	2.155	8.427	2.078	2.460	7.600	0.030	0.695			13.938	12.940	0.998
B3	0.000	2.554	1.952	5.772	3.433	6.578	1.400	0.025	5.848			13.258	15.803	-2.545
B4	8.594	4.102	6.517	6.594	5.730	8.763	0.400	0.005	0.710			24.519	16.394	8.125
B5	14.343	2.485	3.632	14.343	6.204	4.937	0.100	0.008	0.710			38.875	9.385	29.490
C1	0.000	2.609	3.578	0.000	5.479	8.702	0.100	0.007	1.022			9.588	13.410	-3.822
C2	0.000	2.468	3.366	12.231	5.417	5.355	0.100	0.011	0.709			21.446	9.560	12.086
C3	0.000	2.223	2.685	9.308	5.409	6.985	0.100	0.027	0.697			18.441	10.475	7.966
C4	8.594	4.294	2.891	8.594	9.084	10.482	0.000	0.003	1.027			28.035	14.373	13.662
C5	14.343	2.321	4.844	14.343	10.253	11.077	0.000	0.003	0.790			42.761	16.714	26.047

* TOMADOS DE AÑO 3

BALANCE DE FOSFORO (AÑO 2)

TRATAM	MULCH-F		CULTIVO DE FRIJOL		MULCH-M		CULTIVO DE MAIZ		ENTRADA POR LLUVIA - 1.500			RESUMEN		BALANCE GENERAL
	ENTRADA	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	EROSION	ESCORRE*	LDVMA*	ENTRADA	SALIDA	
A1	0.000	0.984	0.590	0.000	2.371	6.482	0.001	0.009	1.179			4.835	8.271	-3.436
A2	3.497	1.245	1.390	1.358	1.457	3.540	0.001	0.037	0.789			9.057	5.727	3.330
A3	3.852	1.318	0.910	1.712	2.017	6.516	0.000	0.009	0.630			10.397	8.085	2.312
A4	5.789	2.137	1.792	4.945	3.019	5.882	0.001	0.007	0.889			17.371	8.531	8.840
A5	10.187	1.477	1.844	5.878	3.418	7.473	0.001	0.010	1.106			22.460	10.433	12.027
B1	0.000	0.693	0.945	0.000	1.855	5.183	0.001	0.005	0.790			4.047	6.004	-2.857
B2	3.710	0.730	0.597	1.288	1.357	3.516	0.002	0.011	0.695			8.583	4.822	3.761
B3	2.901	0.857	0.679	1.461	1.871	5.031	0.002	0.009	5.848			6.589	11.570	-2.981
B4	5.789	2.641	2.525	4.945	4.622	3.193	0.001	0.023	0.710			19.377	6.482	12.895
B5	10.187	1.978	1.640	5.878	2.158	3.270	0.002	0.009	0.710			21.701	5.531	16.070
C1	0.000	1.692	1.288	0.000	5.661	11.131	0.002	0.009	1.022			8.643	13.429	-4.686
C2	7.684	1.058	0.904	5.008	2.584	7.484	0.001	0.012	0.709			17.834	9.110	8.725
C3	4.271	1.006	1.049	2.888	2.549	5.387	0.001	0.005	0.697			12.214	7.138	5.076
C4	5.789	3.074	2.470	4.945	5.813	3.958	0.001	0.009	1.027			20.901	7.483	13.418
C5	10.187	1.981	1.384	5.878	4.270	3.974	0.001	0.005	0.790			23.817	6.154	17.663

* TOMADO DE AÑO 3

BALANCE DE FOSFORO (AÑO 3)

TRATAM	MULCH-F		CULTIVO DE FRIJOL		MULCH-M		CULTIVO DE MAIZ		ENTRADA POR LLUVIA - 1.500			RESUMEN		BALANCE GENERAL
	ENTRADA	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	EROSION	ESCORRE*	LDVMA*	ENTRADAS	SALIDAS	
A1	0.000	0.917	1.922	0.000	3.333	3.254	0.000	0.007	1.179			5.781	6.382	-0.602
A2	0.979	1.031	1.772	1.344	2.111	2.922	0.002	0.008	0.789			6.985	5.493	1.472
A3	1.300	1.604	2.191	1.582	2.593	2.798	0.001	0.007	0.630			8.579	5.624	2.955
A4	5.605	2.695	3.340	6.095	5.344	7.163	0.000	0.004	0.889			21.242	11.376	9.866
A5	4.084	2.788	3.981	5.517	5.798	6.782	0.000	0.013	1.108			19.685	11.883	7.802
B1	0.000	1.383	2.633	0.000	1.469	1.077	0.001	0.003	0.790			4.382	4.803	-0.121
B2	1.278	0.759	1.431	1.803	0.870	1.104	0.002	0.030	0.695			6.205	3.292	2.913
B3	0.983	1.245	1.594	1.240	1.892	1.225	0.003	0.025	5.848			6.940	6.695	-0.245
B4	5.605	1.983	3.987	6.095	3.794	3.623	0.000	0.005	0.710			18.980	6.325	10.655
B5	4.084	4.074	4.833	5.517	4.884	4.525	0.001	0.008	0.710			20.080	10.176	9.904
C1	0.000	1.500	3.235	0.000	5.277	7.696	0.004	0.007	1.022			8.277	11.984	-3.687
C2	3.133	4.188	1.619	3.549	4.341	2.320	0.001	0.011	0.709			18.708	4.689	12.019
C3	2.458	1.218	1.908	2.278	2.730	3.490	0.004	0.027	0.697			10.184	6.124	4.060
C4	5.605	3.788	5.479	6.095	3.546	6.455	0.001	0.003	1.027			20.545	12.985	7.560
C5	4.084	2.651	5.687	5.517	5.742	6.472	0.002	0.003	0.790			19.495	12.054	6.542

Cuadro 3a Balance anual de potasio en una rotación frijol - maíz. San Juan Sur, Turrialba (1990 - 1993).

BALANCE DE POTASIO (AÑO 1)

TRAT	MULCH-F			CULTIVO DE FRIJOL			MULCH+M			CULTIVO DE MAIZ			ENTRADA POR LLUVIA - 4.771		
	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	EROSION	ESCORRE*	LIXIVA*
A1	0.000	38.269	21.544	0.000	44.966	21.264	0.070	0.044	22.793						
A2	0.000	9.806	10.894	42.763	23.292	17.864	0.070	0.104	29.976						
A3	0.000	36.810	27.152	69.733	60.419	17.688	0.010	0.042	50.787						
A4	29.671	78.982	46.803	29.671	86.986	36.468	0.009	0.067	38.304						
A5	111.764	31.557	21.332	111.764	50.184	27.382	0.020	0.047	27.253						
B1	0.000	31.917	31.963	0.000	54.417	24.036	0.040	0.043	59.243						
B2	0.000	25.773	15.399	56.345	23.811	10.973	0.500	0.225	10.432						
B3	0.000	22.936	12.040	42.353	26.957	21.251	0.070	0.334	15.586						
B4	29.671	73.763	60.671	29.671	64.837	29.115	0.020	0.039	65.491						
B5	111.764	31.154	34.047	111.764	57.775	21.781	0.010	0.196	47.724						
C1	0.000	36.254	31.308	0.000	76.134	26.416	0.008	0.079	36.953						
C2	0.000	37.108	31.551	122.819	60.716	16.240	0.008	0.147	25.994						
C3	0.000	24.040	22.212	77.571	64.381	22.702	0.008	0.935	15.487						
C4	29.671	70.942	26.608	29.671	110.782	27.727	0.001	0.024	23.307						
C5	111.764	33.597	46.241	111.764	82.576	33.568	0.002	0.057	23.695						

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SALIDAS	GENERAL
88.036	65.716	22.320
80.520	58.688	21.833
170.732	95.658	75.074
228.081	120.549	107.432
310.041	76.034	234.007
93.068	115.355	-22.287
110.700	37.520	73.179
97.020	49.290	47.730
202.713	155.337	47.376
317.228	103.737	213.491
116.158	94.764	21.394
225.214	72.938	152.276
170.764	61.344	109.420
245.837	79.667	166.169
344.473	103.581	240.891

* TOMADOS DE AÑO 3

BALANCE DE POTASIO (AÑO 2)

TRATAM	MULCH-F			CULTIVO DE FRIJOL			MULCH+M			CULTIVO DE MAIZ			ENTRADA POR LLUVIA - 4.771		
	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	EROSION	ESCORRE*	LIXIVA*
A1	0.000	11.130	3.902	0.000	23.078	20.853	0.010	0.296	22.703						
A2	16.915	12.280	7.973	7.724	15.788	10.484	0.013	0.219	29.976						
A3	22.852	16.737	7.283	15.283	23.810	16.177	0.004	0.158	50.787						
A4	28.351	28.372	12.542	24.581	30.121	19.628	0.007	0.096	38.304						
A5	61.500	31.120	14.258	41.565	30.056	20.099	0.007	0.108	27.253						
B1	0.000	6.795	5.063	0.000	10.932	12.463	0.012	0.140	59.243						
B2	20.716	8.384	4.618	10.298	16.686	11.925	0.018	0.088	10.432						
B3	15.935	9.602	4.262	7.703	17.575	12.758	0.018	0.102	15.586						
B4	28.351	43.511	18.900	24.581	43.052	17.333	0.012	0.208	65.491						
B5	61.500	32.805	12.168	41.565	16.758	10.659	0.019	0.132	47.724						
C1	0.000	28.101	12.311	0.000	64.677	35.961	0.019	0.090	36.953						
C2	52.639	18.220	8.132	45.587	27.767	21.822	0.024	0.232	25.994						
C3	28.538	11.680	7.936	22.814	28.529	17.187	0.011	0.201	15.487						
C4	28.351	42.325	18.772	24.581	51.752	14.716	0.015	0.279	23.307						
C5	61.500	25.902	11.168	41.565	36.667	16.465	0.011	0.278	23.695						

RESUMEN		BALANCE
ENTRADAS	SALIDAS	GENERAL
38.979	47.854	-8.875
57.479	48.685	8.814
83.434	74.369	9.065
114.176	70.574	43.602
169.012	61.724	108.188
22.469	76.021	-54.423
60.653	27.081	33.771
55.587	32.736	22.851
144.245	101.944	42.301
157.400	70.702	86.698
97.549	65.334	12.215
148.985	56.004	92.981
98.343	40.822	57.521
151.760	57.088	94.671
170.405	51.616	118.789

* TOMADO DE AÑO 3

BALANCE DE POTASIO (AÑO 3)

TRATAM	MULCH-F			CULTIVO DE FRIJOL			MULCH+M			CULTIVO DE MAIZ			ENTRADA POR LLUVIA - 4.771		
	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	EROSION	ESCORRE*	LIXIVA*
A1	0.000	12.836	10.573	0.000	22.372	7.931	0.004	0.044	22.793						
A2	0.308	13.479	8.920	10.113	17.588	9.169	0.018	0.104	29.976						
A3	9.882	20.598	11.802	13.680	21.982	7.576	0.004	0.042	50.787						
A4	37.584	26.741	16.310	27.190	46.548	19.409	0.002	0.067	38.304						
A5	15.572	35.432	21.993	30.353	39.808	23.109	0.002	0.047	27.253						
B1	0.000	14.580	13.848	0.000	10.196	3.391	0.010	0.043	59.243						
B2	9.490	9.038	6.908	13.450	6.165	3.541	0.018	0.225	10.432						
B3	8.351	14.895	7.535	10.209	16.148	3.678	0.021	0.334	15.586						
B4	37.584	25.200	21.183	27.190	23.428	10.608	0.001	0.039	65.491						
B5	15.572	64.974	29.751	30.353	57.982	12.738	0.013	0.196	47.724						
C1	0.000	16.347	19.638	0.000	32.580	14.380	0.037	0.079	36.953						
C2	29.141	49.646	8.347	38.744	46.372	8.270	0.022	0.147	25.994						
C3	18.215	10.559	9.937	19.838	18.738	10.608	0.060	0.935	15.487						
C4	37.584	51.614	31.504	27.190	31.212	15.200	0.007	0.024	23.307						
C5	15.572	36.033	28.323	30.353	58.821	14.646	0.025	0.057	23.695						

RESUMEN		BALANCE
ENTRADAS	SALIDAS	GENERAL
39.991	41.345	-1.353
52.256	48.188	4.070
70.671	70.192	0.579
144.833	76.093	68.740
125.935	72.405	53.530
29.547	75.535	-46.988
42.942	21.124	21.818
51.372	27.182	24.210
116.173	97.221	20.952
153.052	90.422	63.531
53.096	71.088	-17.990
170.673	42.779	127.895
71.918	37.027	34.891
182.370	70.043	82.327
147.550	67.746	79.804

Cuadro 4a Balance anual de calcio en una rotación frijol - maíz. San Juan Sur, Turrialba (1990 - 1993).

BALANCE DE CALCIO (AÑO 1)

TRAT	MULCH-F			CULTIVO DE FRIJOL			MULCH-M			CULTIVO DE MAIZ			ENTRADA POR LLUVIA = 10.908		
	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	EROSION	ESCORRE	LLOVIA*
A1	0.000	20.353	5.511	0.000	18.713	0.945	0.960	0.066	157.193						
A2	0.000	13.330	4.622	23.360	11.277	1.050	0.730	0.073	177.093						
A3	0.000	24.589	8.010	24.028	20.391	1.322	0.070	0.046	111.767						
A4	29.506	61.390	11.506	29.506	26.130	1.989	0.140	0.047	186.204						
A5	75.062	18.438	5.996	75.062	12.275	2.139	0.120	0.029	208.189						
B1	0.000	35.610	10.376	0.000	21.234	1.145	0.590	0.049	362.173						
B2	0.000	22.370	4.540	26.479	10.472	0.757	9.400	0.337	152.618						
B3	0.000	26.739	4.100	18.718	14.429	1.518	0.030	0.334	127.895						
B4	29.506	36.458	13.493	29.506	22.227	1.606	0.440	0.032	202.391						
B5	75.062	31.671	10.139	75.062	15.438	1.463	0.130	0.050	120.296						
C1	0.000	30.001	10.734	0.000	15.051	1.243	0.080	0.066	137.199						
C2	0.000	22.993	8.927	38.187	16.021	1.008	0.110	0.057	134.301						
C3	0.000	26.044	6.981	34.701	15.410	0.748	0.050	0.729	188.552						
C4	29.506	46.586	8.843	29.506	25.299	1.353	0.007	0.027	144.586						
C5	75.062	31.957	25.763	75.062	22.540	1.007	0.000	0.026	100.308						

* TOMADOS DE AÑO 3

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SALIDAS	GENERAL
49.973	164.676	-114.703
56.662	183.566	-124.706
79.014	121.216	-41.301
168.407	198.666	-42.478
191.743	276.474	-64.731
67.749	374.303	-306.554
70.227	167.653	-97.425
70.792	134.467	-63.675
127.603	218.042	-90.439
208.138	132.076	76.062
57.469	149.323	-91.854
88.107	144.493	-56.387
87.062	197.060	-109.998
141.795	154.814	-13.020
215.526	127.137	88.389

BALANCE DE CALCIO (AÑO 2)

TRATAM	MULCH-F			CULTIVO DE FRIJOL			MULCH-M			CULTIVO DE MAIZ			ENTRADA POR LLUVIA = 10.908		
	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADAS	ENTRADAS	SALIDAS	EROSION	ESCORRE	LLOVIA*
A1	0.000	5.409	1.134	0.000	4.844	0.787	0.073	0.311	157.193						
A2	13.315	16.280	3.471	5.952	4.746	0.545	0.094	0.152	177.093						
A3	11.776	18.107	2.850	6.520	7.277	1.123	0.012	0.230	111.767						
A4	22.913	17.039	2.986	1.319	10.172	1.784	0.059	0.136	186.204						
A5	47.568	18.227	3.196	11.767	12.075	1.288	0.046	0.101	268.189						
B1	0.000	9.299	2.025	0.000	6.073	1.088	0.086	0.166	352.173						
B2	13.363	7.490	1.869	6.043	5.351	0.489	0.202	0.309	152.618						
B3	10.227	13.540	1.967	6.544	7.787	1.258	0.126	0.262	127.895						
B4	22.913	24.692	3.318	1.319	10.006	1.064	0.125	0.299	202.391						
B5	47.568	19.864	3.107	11.767	4.744	0.242	0.226	0.163	120.296						
C1	0.000	20.360	3.682	0.000	12.943	1.284	0.009	0.158	137.199						
C2	24.686	12.499	2.464	20.049	7.000	1.109	0.126	0.261	134.301						
C3	14.444	13.290	2.564	13.459	6.293	2.052	0.028	0.132	188.552						
C4	22.913	33.759	3.670	1.319	11.043	0.791	0.076	0.178	144.586						
C5	47.568	18.479	2.694	11.767	11.430	0.598	0.022	0.136	100.308						

* TOMADO DE AÑO 3

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SALIDAS	GENERAL
21.159	169.466	-138.339
51.200	181.325	-130.125
54.586	115.981	-61.395
62.349	190.170	-127.821
100.543	272.623	-172.280
26.278	365.518	-339.239
43.156	156.466	-112.299
49.003	131.468	-82.465
70.727	207.198	-136.471
94.639	124.053	-29.214
44.209	142.421	-98.212
75.120	138.282	-63.142
58.392	193.318	-134.926
79.940	149.300	-69.360
100.150	103.699	-3.749

BALANCE DE CALCIO (AÑO 3)

TRATAM	MULCH-F			CULTIVO DE FRIJOL			MULCH-M			CULTIVO DE MAIZ			ENTRADA POR LLUVIA = 10.908		
	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SALIDAS	EROSION	ESCORRE	LLOVIA
A1	0.000	6.854	1.996	0.000	12.846	0.508	0.037	0.066	157.193						
A2	6.521	13.034	2.304	4.966	7.411	0.504	0.103	0.073	177.093						
A3	7.097	16.051	2.473	4.703	7.904	0.541	0.020	0.046	111.767						
A4	19.451	26.307	5.691	37.934	21.346	1.368	0.015	0.047	186.204						
A5	44.674	42.442	5.054	35.057	19.938	1.507	0.014	0.029	208.189						
B1	0.000	20.532	3.608	0.000	4.708	0.319	0.082	0.049	362.173						
B2	7.985	6.549	1.876	5.789	3.891	0.305	0.162	0.337	152.618						
B3	6.736	12.847	2.077	4.797	7.288	0.245	0.116	0.334	127.895						
B4	19.451	19.657	4.486	37.934	9.789	0.392	0.008	0.032	202.391						
B5	44.674	55.746	6.380	35.057	13.908	0.335	0.091	0.060	120.296						
C1	0.000	15.127	4.987	0.000	16.320	2.633	0.179	0.066	137.199						
C2	15.053	42.584	2.580	11.609	13.335	0.403	0.134	0.057	134.301						
C3	17.635	16.777	2.965	13.178	8.793	1.259	0.294	0.729	188.552						
C4	19.451	50.058	7.632	37.934	12.003	0.833	0.024	0.027	144.586						
C5	44.674	33.042	8.175	35.057	14.219	0.511	0.072	0.026	100.308						

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SALIDA	GENERAL
30.608	199.801	-129.195
42.537	180.077	-137.239
47.281	114.848	-67.567
117.944	192.344	-74.400
163.017	274.794	-121.776
36.146	366.231	-330.085
36.021	165.297	-117.276
42.573	130.657	-88.084
97.737	207.260	-109.543
100.291	127.091	33.200
42.354	145.044	-102.690
93.468	137.476	-43.999
68.269	193.816	-125.526
130.349	163.100	-22.751
137.899	109.094	28.805

Cuadro 5a Balance anual de magnesio en una rotación frijol - maíz. San Juan Sur, Turrialba (1990 - 1993).

BALANCE DE MAGNESIO (AÑO 1)

TRATAM	MULCH-F		CULTIVO DE FRIJOL		MULCH-M		CULTIVO DE MAIZ		ENTRADA POR LLUVIA = 4.080		
	ENTRADA	ENTRADAS	SAIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SAIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	EROSION	ESCORRE	LLOVIA*
A1	0.000	5.408	3.307	0.000	8.813	3.071	0.050	0.017	0.017	0.017	9.432
A2	0.000	1.085	1.321	7.779	2.778	2.275	0.030	0.020	0.020	0.020	10.649
A3	0.000	5.669	4.480	8.708	8.034	2.314	0.008	0.015	0.015	0.015	11.019
A4	7.911	10.274	5.850	7.911	8.959	4.972	0.008	0.017	0.017	0.017	13.428
A5	21.360	3.968	3.459	21.360	5.949	3.209	0.009	0.009	0.009	0.009	22.809
B1	0.000	5.631	5.361	0.000	8.677	4.006	0.020	0.016	0.016	0.016	27.647
B2	0.000	2.234	1.770	8.821	2.108	1.230	0.400	0.112	0.112	0.112	11.591
B3	0.000	2.102	1.237	4.978	2.919	3.542	0.040	0.004	0.004	0.004	11.097
B4	7.911	7.673	8.090	7.911	7.088	4.240	0.010	0.011	0.011	0.011	19.728
B5	21.360	2.857	3.632	21.360	5.152	2.510	0.008	0.011	0.011	0.011	9.890
C1	0.000	5.530	4.771	0.000	7.853	4.351	0.004	0.021	0.021	0.021	29.484
C2	0.000	6.540	4.925	15.837	5.858	2.609	0.003	0.021	0.021	0.021	19.298
C3	0.000	7.014	3.808	13.482	7.440	3.243	0.003	0.240	0.240	0.240	25.940
C4	7.911	10.765	4.181	7.911	14.732	6.086	0.000	0.009	0.009	0.009	13.431
C5	21.360	0.228	0.608	21.360	11.078	5.035	0.001	0.010	0.010	0.010	15.402

* TOMADOS DE AÑO 3

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SAIDAS	GENERAL
16.311	15.878	0.434
15.731	14.295	1.436
24.531	17.835	6.696
39.145	24.274	14.871
58.727	29.585	27.132
18.398	37.050	-18.652
18.250	15.103	3.147
14.088	16.809	-2.520
34.674	32.077	2.597
54.800	16.071	38.729
17.472	38.631	-21.159
32.324	26.856	5.468
32.036	33.235	-1.198
45.410	23.888	21.722
64.665	27.053	37.611

BALANCE DE MAGNESIO (AÑO 2)

TRATAM	MULCH-F		CULTIVO DE FRIJOL		MULCH-M		CULTIVO DE MAIZ		ENTRADA POR LLUVIA = 4.080		
	ENTRADA	ENTRADAS	SAIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SAIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	EROSION	ESCORRE	LLOVIA*
A1	0.000	1.794	0.544	0.000	1.990	2.754	0.008	0.044	0.044	0.044	9.432
A2	2.577	0.777	0.750	1.691	1.041	1.534	0.008	0.024	0.024	0.024	10.649
A3	2.792	1.928	0.950	1.743	2.321	3.146	0.012	0.029	0.029	0.029	11.019
A4	4.780	2.273	1.394	3.626	3.883	2.804	0.004	0.018	0.018	0.018	13.428
A5	12.802	2.018	1.352	7.447	4.478	3.885	0.005	0.011	0.011	0.011	22.009
B1	0.000	1.232	0.743	0.000	1.989	2.671	0.007	0.017	0.017	0.017	27.647
B2	2.781	0.698	0.467	1.527	1.627	1.682	0.011	0.022	0.022	0.022	11.591
B3	2.035	0.673	0.422	1.299	1.354	2.158	0.013	0.023	0.023	0.023	11.097
B4	4.780	2.968	1.587	3.626	5.187	1.977	0.007	0.039	0.039	0.039	19.728
B5	12.802	1.529	1.036	7.447	1.871	1.575	0.014	0.020	0.020	0.020	9.890
C1	0.000	2.230	1.381	0.000	6.369	5.585	0.016	0.011	0.011	0.011	29.484
C2	8.146	1.880	1.150	6.790	3.334	4.712	0.015	0.029	0.029	0.029	19.298
C3	5.222	2.421	1.085	4.008	3.571	2.822	0.008	0.017	0.017	0.017	25.940
C4	4.780	7.441	2.399	3.626	5.551	2.057	0.013	0.023	0.023	0.023	13.431
C5	12.802	2.128	1.241	7.447	3.888	1.703	0.004	0.017	0.017	0.017	15.402

* TOMADO DE AÑO 3

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SAIDA	GENERAL
7.845	12.781	-4.936
10.178	13.086	-2.908
12.874	15.145	-2.271
18.652	17.646	1.006
30.835	28.141	2.694
7.292	31.084	-23.792
10.701	13.773	-3.072
9.450	14.311	-4.861
20.651	23.336	-2.684
27.740	12.505	15.234
12.679	36.458	-23.779
24.241	25.205	-0.964
19.313	29.880	-10.567
25.488	17.924	7.564
30.354	18.387	11.967

BALANCE DE MAGNESIO (AÑO 3)

TRATAM	MULCH-F		CULTIVO DE FRIJOL		MULCH-M		CULTIVO DE MAIZ		ENTRADA POR LLUVIA = 4.000		
	ENTRADA	ENTRADAS	SAIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	SAIDAS	ENTRADA	ENTRADAS	EROSION	ESCORRE	LLOVIA
A1	0.000	2.508	1.406	0.000	3.423	1.627	0.002	0.017	0.017	0.017	9.432
A2	1.155	0.981	0.948	1.164	1.477	1.411	0.009	0.020	0.020	0.020	10.649
A3	1.313	2.057	1.343	1.119	2.367	1.443	0.001	0.015	0.015	0.015	11.019
A4	4.945	4.104	2.474	6.088	5.356	3.697	0.001	0.017	0.017	0.017	13.428
A5	9.190	4.280	2.595	7.408	8.883	3.788	0.002	0.009	0.009	0.009	22.909
B1	0.000	2.295	1.755	0.000	1.335	0.519	0.004	0.016	0.016	0.016	27.647
B2	1.094	1.333	0.888	1.282	0.782	0.571	0.007	0.112	0.112	0.112	11.591
B3	0.919	0.845	0.821	1.088	1.515	0.572	0.007	0.094	0.094	0.094	11.097
B4	4.945	2.088	2.482	6.088	2.783	1.811	0.000	0.011	0.011	0.011	19.728
B5	9.190	4.145	3.083	7.408	4.242	2.179	0.007	0.011	0.011	0.011	9.890
C1	0.000	1.345	2.310	0.000	6.088	4.455	0.023	0.021	0.021	0.021	29.484
C2	4.080	5.659	1.184	3.799	5.933	1.311	0.017	0.021	0.021	0.021	19.298
C3	4.607	2.673	1.497	3.519	3.830	1.954	0.027	0.240	0.240	0.240	25.940
C4	4.945	7.673	4.305	6.088	3.593	3.331	0.004	0.000	0.000	0.000	13.431
C5	9.190	4.184	3.732	7.408	5.804	2.725	0.013	0.010	0.010	0.010	15.402

RESUMEN		BALANCE
ENTRADA	SAIDA	GENERAL
10.022	12.482	-2.460
8.837	13.034	-4.197
10.947	13.822	-2.875
24.594	19.016	4.978
31.851	29.283	2.568
7.720	29.941	-22.221
8.882	13.170	-4.605
8.425	13.100	-4.785
19.985	24.041	-4.056
29.076	15.140	13.936
11.535	35.294	-24.760
24.350	21.811	2.539
18.720	29.680	-10.960
28.399	21.081	6.318
30.578	21.881	8.705