

LABRANZA MINIMA COMO UNA ALTERNATIVA DE CONSERVACION DE SUELOS DE LADERA EN NARIÑO 1

Por: Marino Rodriguez R 2

1. INTRODUCCION

La heterogeneidad física de la Zona Andina del país, da lugar a diversidad de zonas agroecológicas, cuyo uso actual presenta un marcado conflicto con la aptitud y potencialidad de los suelos. De acuerdo con el IGAC(1986), solamente el 12.7 % del area del territorio colombiano tiene aptitud agrícola.

Debido a lo anterior, y al uso persistente de tecnologías no apropiadas en la explotación agrícola, el 100 % de los suelos de los agroecosistemas se encuentran en proceso acelerado de degradación por erosión y/o alteración de la propiedades físicas, químicas y biológicas.

Como consecuencia, los sistemas de producción locales presentan una tendencia a la insostenibilidad, teniendo en cuenta que se disminuye rápidamente la capacidad productiva de los suelos, y a su vez, se incrementa la dependencia de insumos, que hace perder la competitividad de los productos.

Una de las prácticas agrícolas que producen mayor degradación del sistema, es la disturbación del suelo en la preparación, la deshierba manual, y el aporque, debido al desplazamiento irreversible de grandes volúmenes de suelo, al efecto negativo sobre las propiedades físicas y a la incorporación total de la cobertura vegetal que facilitan el arrastre del suelo por el agua de escorrentía.

Teniendo en cuenta que la labranza mínima puede constuirse en una práctica de conservación del suelo, del agua, de la energía y además en una herramienta que facilite el manejo de los sistemas agroforestales, se pretende en el presente documento hacer algunas reflexiones sobre la práctica de

1 Resumen presentado al 1.Seminario Internacional sobre sistemas sostenibles de producción: la agroforestería como alternativa.

2 IA. M.sc. Grupo Regional Agrícola, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA. CI Obonuco, Pasto, Nariño, Colombia aa. 339.

la labranza en forma muy general y mostrar algunas experiencias sobre las implicaciones de la labranza mínima, específicamente sobre suelos y cultivos de la zona andina de Nariño.

2. PREPARACION DEL SUELO O LABRANZA

Existe en el mundo una cultura alrededor de la labranza que se ha desarrollado a través de la historia y ha establecido las bases para la ejecución de otras prácticas como la siembra, la fertilización, el manejo de plagas (malezas, insectos y enfermedades), y la cosecha, especialmente, cuando estas labores se realizan en forma mecanizada.

Sin embargo, también a través de los años, la preparación del suelo mediante la disturbación, ha sido cuestionada teniendo en cuenta dos premisas fundamentales, las cuales, cada día cobran mayor vigencia.

La primera, de acuerdo con Violic (1.994), se basa en el hecho de que tanto fabricantes como agricultores y profesionales de la agricultura han justificado la preparación del suelo en una serie de razones no del todo comprobadas científicamente; y la segunda, en que el uso indiscriminado de maquinaria para la labranza es uno de los mayores factores de degradación de los suelos en el mundo.

Uno de los objetivos de la labranza es lograr un balance de macro y microporos que permita una adecuada proporción de aire y agua para la planta según el tipo de suelo y el clima. Sin embargo, son muchos los trabajos que confirman que los suelos bajo pradera o bajo bosque o muchos cultivados que no han alcanzado ningún grado de degradación, presentan en forma natural el equilibrio físico químico y biológico (Gavande,1976).

3. LABRANZA MINIMA

La labranza mínima consiste en la integración de operaciones como la siembra, fertilización y el tapado en un solo pase ya sea del tractor o de la yunta. También se entiende como la reducción de operaciones de arado o de rastrillado o la eliminación de alguna o todas las anteriores.

La labranza cero es una práctica tan vieja como la agricultura y de la cual, se encuentran evidencias en muchas zonas de América Latina. Es una modalidad de la labranza mínima y consiste en la plantación directa de un cultivo sobre rastros de cultivos o sobre praderas, a las cuales, si es necesario se ha aplicado previamente un herbicida, (Camacho y otros 1981)

3.1 EFECTOS DE LA LABRANZA MINIMA

3.1.1 Sobre el suelo

El arado remueve un metro cúbico de suelo por cada centímetro de profundidad por hectarea , o sea hasta cuatro mil toneladas en una operación. Por acción del arado, el cespedón es invertido y desplazado lateralmente con mayor intensidad por el arado de vertedera en terrenos con pendiente.

El fenómeno anterior, produce mezcla indiscriminada y pérdida de los horizontes superficiales, modificación del perfil alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas y como consecuencia reducción de la capacidad productiva del suelo.

En un terreno con 25% de pendiente se encontró el menor cambio en el perfil del suelo, en la medida en que se reduce el número de operaciones de labranza, así, el uso de un rastrillo de discos durante 5 años y la siembra directa con esquejo o chuzo desplazaron solamente el 50 y el 5% respectivamente, con relación a la cantidad de suelo desplazada por el arado en un sistema convencional, (tabla 1).

Con respecto a las pérdidas de suelo y agua por escorrentía, el mayor contraste se presentó entre los sistemas de labranza que disturbaron el suelo y entre el de siembra directa. Esto indica que la reducción de labranza garantiza menor escorrentía y arrastre del suelo si no se disturba la capa superficial y los residuos vegetales permanecen sobre la superficie.

Tabla 1. Suelo removido y suelo perdido por escorrentía bajo diferentes sistemas de labranza en un terreno con el 25% de pendiente. Obonuco, 1985.

Sistema de Labranza	Suelo removido Kg/ha	Suelo perdido Kg/ha	Agua Perdida L/ha
2A + 2R	14.500	174	11.199
1Ach+2R	12.000	181	12.732
1Av +2R	13.700	182	12.238
3R	10.500	187	12.976
Cero	1.000	51	4.100

* Valores promedio de 5 años de manejo.

Av = Arado de vertedera

Ach= Arado de chuzo

R = Rastra de discos

La tabla 2 muestra una tendencia a obtener el mayor grado, estado de agregación e índice de estabilidad estructural en un suelo Inceptisol bajo diferentes sistemas de labranza durante un periodo de 5 años, Rodriguez (1985)

Tabla 2. Indices de la estructura del suelo bajo diferentes sistemas de labranza. Obonuco, 1989

Sistema de Labranza	Estado de agregación %	Grado de agregación	Estabilidad estructural	% agregados > 2 mm
2A + 2R	44.08	66.55	0.99	75
1Ach+2R	33.00	68.16	0.67	
1Av +2R	35.88	62.51	0.71	
3R	45.31	69.09	1.24	90
Cero	55.82	71.48	2.47	97

* Valores promedio de 5 años de manejo.

Av = Arado de vertedera

Ach= Arado de chuzo

R = Rastra de discos

Igualmente, la reducción de labranza y la siembra sin labranza han mostrado ventajas en la mayor infiltración del agua, mayor humedad gravimétrica, mayor rango de humedad aprovechable y menores requerimientos de agua para riego en los cultivos de frijol , maiz, zanahoria y Remolacha. Betancourt y Rodriguez (1989).

Otras propiedades como la densidad aparente del suelo , la porosidad total y la porosidad de aireación no muestran mayores contrastes entre sistemas de labranza , sin embargo, se mantienen constantes durante el ciclo vegetativo del cultivo y dentro del rango óptimo para el desarrollo de las plantas.

Tabla 3. Propiedades hidrofísicas del suelo bajo diferentes sistemas de labranza. Obonuco, 1989.

Sistema de Labranza	Densidad Aparente g/cc	Porosidad Total %	Infiltración Básica cm/h	Humedad aprov. %	Temp suelo °C
2A + 2R	1.30	45.72	1.86	5.36	15
2R	1.31	45.00	2.63	10.01	11
Cero	1.30	45.72	4.10	10.96	9

Av = Arado de vertedera

R = Rastra de discos

De acuerdo con Rodríguez y Betancourt (1989), el sistema de labranza mínima reduce la temperatura del suelo, especialmente en los primeros estados de crecimiento del cultivo , debido a que la presencia de residuos sobre la superficie reduce la radiación solar . Lo anterior tiene como consecuencia menor evaporación , mayor humedad gravimétrica, humedad aprovechable y menor requerimiento de riego,(tabla 3).

Con relación a la fertilización no se ha encontrado interacción entre el sistema de labranza y ningun elemento específicamente, sin embargo , la variedad yuriyá de trigo , bajo labranza cero en un rastrojo de maiz, mostró deficiencia eventual de nitrógeno despues del macollamiento, que no se hizo ostensible en la producción del cultivo (Rodríguez, 1992).

Lo anterior no descarta la posibilidad de presentarse la necesidad de aplicar mayor cantidad de nitrógeno, dependiendo de las características de los residuos del cultivo anterior, del contenido de materia orgánica del suelo (Barreto,1989) ; y en este caso de la altura sobre el nivel del mar, especialmente en zonas agroecológicas Fa y Pa debido a la baja mineralización del nitrógeno.

La siembra a chuzo de un cultivo bajo labranza cero puede dificultar la aplicación del fertilizante cuando se hace en forma manual, debido a la presencia de residuos sobre la superficie. Al respecto Delgado y otros (1992), observaron una interacción negativa en ajo, relacionada con esta circunstancia

Lo anterior es contrario a lo indicado por Philips et al (1980) quien encontro mayor eficiencia en las aplicaciones superficiales de P y de K, probablemente debido a su distribución sobre la capa orgánica superficial del suelo bajo estas condiciones.

3.1.2 Sobre el cultivo

Cultivos como el de papa, maiz y ajo presentan una tendencia a incrementar los rendimientos en la medida en que se reducen operaciones de labranza, mientras que el de frijol, zanahoria, remolacha, haba, arveja, trigo y cebada mantienen los niveles de producción.

Tabla 4. Producción de algunos cultivos bajo diferentes sistemas de labranza. (ton/ha). Obonuco 1985-1992.

Sistema de Labranza	Papa Verde	Arveja Verde	Trigo	Zana horia	Ajo	Frijol	Maiz	Haba
2A + 2R	14.9	6.4	3.0	18.0	2.5	0.58	2.4	1.13
2R	16.9	7.9	3.3	18.3	2.5	0.59	2.6	1.18
Cero	17.9	-	3.0	21.4	3.4	0.80	3.6	1.17

A = Arado de vertedera

R = Rastra de discos

Con relación a algunos aspectos morfológicos y fisiológicos del cultivo de frijol arbustivo se ha encontrado que al reducir la labranza se incrementa el peso de hojas, de raíces, y de nódulos en frijol y en general la producción de materia seca, igualmente el índice de área foliar, de crecimiento del cultivo y la intensidad de asimilación neta.

Tabla 5. Efecto del sistema de labranza sobre algunos índices de crecimiento del cultivo de frijol arbustivo en la época de floración. Obonuco, 1988.

Sistema de labranza	IAF	IAN	ICR g/g/ sem	ICC g/m ² sem	P.seco total g	Producción Kg/ha
2A+2R	0.98	0.25	0.20	71	18.15	996
2R	2.37	0.33	0.28	150	29.11	1016
CERO	2.05	0.40	0.33	194	30.48	990

A = Arada

R = Rastrillada

IAF = Índice de área foliar

IAN = Índice de asimilación neta

ICR = Índice de crecimiento relativo

ICC = Índice de crecimiento del cultivo

3.1.3 Sobre plagas

La labranza presenta un efecto diferencial sobre la presencia de malezas, insectos y enfermedades. Con relación a las malezas su manejo puede resultar más complicado si no se ha

seleccionado el control adecuado con la disminución del número de operaciones , tipo de implemento o siembra directa.

Se ha observado reducción de la presencia y grado de ataque de plagas, como el *Delia* sp, en frijol y haba , gusano blanco (*Premnotripex borax*) , pulguitas en papa y menor presencia de la asociación minador del tallo y pudrición de raíz de haba cuando se siembra sin disturbación del suelo.

La menor presencia de enfermedades en los sistemas de labranza reducida , se relaciona con condiciones específicas como el microclima creado por una menor temperatura del suelo y evaporación. Al respecto Ortega (1994) anota que esta situación en los sistemas de labranza mínima , está asociada a la menor vulnerabilidad de la planta en el sistema tradicional, debido al estrés hídrico más elevado.

3.1.4 Sobre costos

La reducción y/o eliminación de operaciones de labranza y las implicaciones favorables como la disminución en el número de deshierbas y la reducción y omisión del aporque, debido al mejor anclaje de los cultivos en condiciones de siembra sin labranza, disminuye, los costos variables incrementando así la rentabilidad de la explotación.

Generalmente en rastrojos donde no es necesaria la sustitución de herbicidas por operaciones de labranza, la reducción de costos en preparación es del 30 % al 100%, si se siembra sin labranza . Si se utiliza un herbicida los costos son similares con labranza reducida y del 50% con labranza cero.

4. RECOMENDACIONES GENERALES

La labranza mínima pasará a ser un sistema moderno de conservación de suelos, si se complementa con un manejo integrado de malezas, plagas y enfermedades, que tenga menor dependencia de los productos químicos.

Igualmente, con la adaptación de herramientas y/o maquinaria apropiada y especializada como sembradoras y fertilizadoras manuales para ladera, sembradoras para cero labranza de tracción mecánica, la adaptación y el uso racional del arado de cinceles y de las rastras de discos y otros implementos que garanticen una mínima disturbación y la permanencia de los residuos vegetales sobre la superficie del suelo.

En la zona de ladera de la zona andina de Nariño no se han encontrado restricciones de tipo físico para la utilización de labranza mínima como alternativa de conservación de suelos.

No obstante lo anterior, es necesario establecer sistemas de labranza apropiados a condiciones específicas, teniendo en cuenta que la decisión de preparar un suelo y la selección del sistema de labranza(tipo de implemento y número de operaciones) depende principalmente de las condiciones del suelo y del clima específicas.

De acuerdo con Violic(1989), los residuos vegetales cumplen un mejor papel como una capa orgánica en la superficie del terreno en la protección de la energía cinética de las gotas de lluvia y en la reducción de la escorrentía, y en la medida en que se descomponen en la influencia sobre propiedades físicas como la estructura, aireación y retención de humedad en la capa superficial del suelo responsable del crecimiento del mayor porcentaje de raíces .

BIBLIOGRAFIA

- BARRETO, H. Cambios en las propiedades químicas, patrones de fertilización y enclavamiento en suelos bajo labranza cero. En: Labranza de conservación en maíz, Documento de trabajo, CIMMYT-PROCIANDINO. CIMMYT, México. 1989. 1-5 pp.
- BERNAL, S.; MENESES, G. Y RODRIGUEZ R., D. M. Estudio del índice de erosividad de los aguaceros del Altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr., Universidad de Nariño, Instituto Colombiano Agropecuario. 1989. 85p
- BETANCOURTH, R. y RODRIGUEZ R., D. M. Efecto de la reducción de labranza y siembra sin labranza sobre la necesidad de riego en el cultivo de frijol arbustivo en el Altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr., Universidad de Nariño, Instituto Colombiano Agropecuario. 1990. 110p.
- BOLAÑOS, J. Suelos en relación a la labranza de conservación: Aspectos físicos. En: Labranza de conservación en maíz, Documento de trabajo, CIMMYT-PROCIANDINO. CIMMYT, México. 1989. 1-5 pp.
- CAMACHO, H. y otros. Preparación de terrenos para siembra En: Maquinaria Agrícola. Manual de asistencia técnica N. 26. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. 1981. 83-87pp
- CUJAR, A.; OBANDO G., L. y RODRIGUEZ R., D. M. Efecto de la reducción de labranza sobre la población de malezas en diferentes estratos de la capa arable. Tesis Ing. Agr., Universidad de Nariño, Instituto Colombiano Agropecuario. 1991. 102p
- DELGADO, P. RODRIGUEZ, M. Efecto de la reducción de labranza sobre los índices de crecimiento del cultivo de frijol en Pasto. Resumen de tesis, U. Nariño, ICA. Recursos naturales. 1986. 25 p.
- GAVANDE, M. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Limusa. Mexico. 1976 351p.
- LOPEZ, L. Y RODRIGUEZ R., D. M. Efecto de la reducción de labranza sobre el cultivo de ajo en el Altiplano de Pasto, Tesis Ing. Agr., Universidad de Nariño, Instituto Colombiano Agropecuario. 1992. 86p
- ORTEGA, A. Importancia relativa de plagas en labranza tradicional y de conservación: una revisión de la literatura En: Labranza de conservación en maíz, Documento de trabajo, CIMMYT-PROCIANDINO. CIMMYT, México. 1989. 1-5p

- PHILLIPS, R. E. Y PHILLIPS, S. H. Agricultura sin laboreo; principios y aplicaciones. Barcelona España. Bella terra S.A. 1986. 316 p.
- POLO, H. y RODRIGUEZ R., D. M. Estudio del índice de crecimiento de tres variedades de frijol arbustivo en el Altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr., Universidad de Nariño, Instituto Colombiano Agropecuario. 1988.75p.
- RODRIGUEZ R., D. M. Efecto de la reducción de la labranza en el cultivo de papa. En IICA, ICA, PROCIANDINO Curso sobre sistemas de producción en papa. Pasto, Colombia. 1987.
- RODRIGUEZ R., D. M. Efecto de la reducción de la labranza en los cultivos de haba, lenteja, arveja y garbanzo en la subregión andina. En IICA, ICA, PROCIANDINO Curso sobre sistemas de producción en papa. Quito, Ecuador. 1988.
- RODRIGUEZ R., D. M. Efecto de la reducción de labranza y siembra sin labranza sobre propiedades físicas del suelo, erosión y escorrentía. Tesis M. Sc., Universidad Nacional, Instituto Colombiano Agropecuario. 1984.
- RODRIGUEZ R., D. M. y GARCIA R., B. Efecto de la reducción de labranza y la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo. En Reunión Programa de Cereales, 1990 Pasto, Instituto Colombiano Agropecuario. 1990.
- RODRIGUEZ, R. M. 1.986. Efecto de la reducción de labranza en el cultivo de frijol arbustivo. ICA. Maquinaria Agrícola, Documento mecanografiado.20 p.
- RODRIGUEZ, R. M. 1.987. Efecto de la reducción de labranza sobre la asociación maíz por frijol. ICA. Maquinaria Agrícola. Informe Anual. 40p.
- SOLARTE, L. y RODRIGUEZ R., D. M. Efecto de la reducción de labranza y la fertilización nitrofosforada sobre el cultivo de frijol en Nariño. Tesis Ing. Agr., Universidad de Nariño, Instituto Colombiano Agropecuario. 1988.
- VIOLIC, A.D. Breve historia de la labranza de conservación En: Labranza de conservación en maíz. Documento de trabajo, CIMMYT-PROCIANDINO. CIMMYT, México. 1989. 1-5 pp.

EVALUACION DE LA EROSION HIDRICA Y LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL
BAJO SISTEMAS AGROFORESTALES, EN TIERRAS DE LADERA, TURRIALBA
COSTA RICA

Palabras clave: Erosión hídrica, escorrentía superficial, índice de erosividad, "mulch", cultivo en callejones, parcela de escorrentía

Por: Henry Garzón Sánchez, Donal Kass,
Pedro Ferrerira, Jorge Faustino

RESUMEN

En el presente estudio se investiga el comportamiento de algunas prácticas agroforestales y de cultivo, y su incidencia en la fertilidad y conservación de suelos. En un experimento ubicado en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica, se cuantifica directamente la escorrentía superficial y el material erosionado mediante "Parcelas de Escorrentía". Los tratamientos incluyen monocultivo (en un sistema de rotación frijol-maíz); cultivo en callejones de Maíz (*Zea mays* var. Tuxpeño) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* var. Negro Huasteco) asociados con *E. fusca*; estos mismos cultivos con aplicaciones de mulch de *E. fusca* e *I. edulis*. Durante el ciclo del maíz los tratamientos con mulch fueron los mejores en controlar la erosión. Los cultivos en callejones se comportaron de manera similar al monocultivo. En el caso de la escorrentía, el tratamiento con mulch de *I. edulis* fué el mejor, lo cual se atribuye a que permanece más en el suelo por su lenta descomposición. En el ciclo del frijol no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Las mayores producciones de grano correspondieron al tratamiento del cultivo con mulch de *I. edulis* (1.969,1 y 2.931,1 Kg*ha⁻¹) para frijol y maíz respectivamente.

1 INTRODUCCION

En Centroamérica, el maíz se cultiva solo o asociado con otras especies agrícolas. En otras regiones, la técnica de asociarlo con árboles (cultivo en callejones) es relativamente nueva. Esencialmente consiste en la utilización de árboles o arbustos con potencial para restaurar la fertilidad del suelo y mantener una producción estable del cultivo (Yamoah, Agboola, Wilson y Mulongoy, 1986).

Usualmente se ha cuantificado la pérdida de suelo para sistemas de producción tradicionales como cultivos, pastos, bosques y bajo suelo desnudo, pero existen muy pocas evaluaciones específicas que indiquen la pérdida de suelo y sus consecuencias en sistemas agroforestales y más específicamente en cultivo en callejones.

El cultivo en callejones, típico sistema agroforestal, en donde los árboles se pueden considerar como un servicio para el cultivo asociado por el aporte o sustitución de fuentes nitrogenadas, se ha venido constituyendo en un enorme potencial para muchas zonas de ladera y de cierta marginalidad dentro del ámbito agroforestal (Hawkins et al, 1990).

En los sistemas agroforestales las especies leñosas perennes pueden incrementar los niveles o contenidos de materia orgánica a través de la adición de litter o 'mulch' y de otras partes de la planta. Asimismo, éstas pueden participar activamente en la utilización y el reciclaje de nutrimentos o en la aplicación directa de los mismos, participar de la fijación o solubilización del nitrógeno atmosférico (leguminosas) y en hacer más disponibles nutrimentos u otras formas no muy disponibles de nutrientes.

como los fosfatos mediante la interacción microbiológica o micorrísica en el suelo (Young, 1989)

En este trabajo se estudia la pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica en un sistema de rotación frijol-maíz. En particular se pretende: (i) Cuantificar la escorrentía superficial y pérdida de suelo bajo diferentes prácticas y tipos de cobertura, incluyendo cultivos en callejones en suelos de ladera, y (ii) Relacionar escorrentía y pérdida de suelo con rendimientos y pérdida de nutrimentos al final de la rotación frijol-maíz.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción general del área.

El experimento se encuentra en la Estación Experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en el Huerto Latinoamericano de Arboles Fijadores de Nitrógeno, Distrito San Juan Sur, Canton de Turrialba, Costa Rica. Las coordenadas geográficas del sitio son 83° 38' Longitud Oeste y 09° 53' de Latitud Norte; a 950 msnm.

Con base en la estación meteorológica del CATIE se estima la precipitación y la temperatura en 2.636 mm*año⁻¹ y 20.5 °C. respectivamente. De esta forma la zona de vida según Holdridge (1978) corresponde a Bosque muy húmedo-Premontano (bmh-P).

Según Aguirre (1971), los suelos pertenecen a la serie Birrisito, Orden Inceptisol y Suborden Andept, de topografía montañosa, pendientes variables (15 - 35 %), profundos, bien desarrollados y drenados. Sin embargo, Kass (comunicación personal, 1991) lo clasifica como Andisol Typic Fulvudand, con mucha materia orgánica pero no de color oscuro. La textura de los suelos, es Franco-Arcillosa, con mucha

presencia de material alófono. En un análisis de los suelos hecho al inicio del ensayo se encontraron pH promedios bajos (4.3) y saturación de Aluminio alta (hasta 80 %); por lo que se decidió aplicar dos toneladas de cal. El sistema agroforestal cobró importancia en este sentido.

2.2. Descripción del experimento

El experimento se inició con un levantamiento topográfico (altimétrico) del terreno en mayo de 1990, a partir del cual fue posible detectar diversos valores de pendiente promedio, elemento que fue utilizado para la determinación de los bloques correspondientes al diseño estadístico. Una vez hecho esto, se inició el establecimiento de los tratamientos con la siembra de los árboles de *E. fusca* a partir de Septiembre del mismo año, terminando la toma de datos de campo para objeto de la presente investigación en Septiembre de 1991 con la cosecha del cultivo del maíz.

Se hizo el montaje de todos los tratamientos sobre parcelas de 3 * 22 m, y de 7 * 22 m para los tratamientos con árboles; luego se enmarcó en forma definitiva una parcela útil de 2 m de ancho por 22 m de largo, denominada la "Parcela de Escorrentía", sobre la cual se hizo la cuantificación de la escorrentía y la pérdida de suelo en forma directa. Dichas parcelas se delimitaron inicialmente mediante un estacado para luego confinarse en láminas de Zinc de hierro galvanizado con una altura de 30 cms, de los cuales en promedio 15-20 cms se introdujeron en el suelo, fijando la lámina con un estacado de madera previamente inmunizado. En la parte inferior de las mismas se dispuso el sistema de recolección de agua y sedimento constituido básicamente por una canoa que sirve de recepción del material escurrido o erosionado. De ésta el sistema permite entregar a una caja colectora de dimensiones .6 * .4 * .3 m de largo, ancho y

alto respectivamente, construida de hierro galvanizado de mayor calibre al de la lámina y la canoa; luego el material colectado pasa a un estañon corriente que está debidamente cubierto, de capacidad aproximada de 200 litros y que podría habilitarse para eventos de escorrentía extremos.

La parcela útil tiene un área de 44 m², encontrándose para el cultivo en callejon 16 y 24 arboles, para distanciamientos de seis y cuatro metros respectivamente.

Las mediciones de aguas y sedimentos escurridos se hicieron para el área útil todos los días a una misma hora de la mañana, teniendo cuidado al hacerlo cuando estaba lloviendo, cubriéndose de una sombrilla o capa o dando un lapso previamente acordado para cuando persiste el aguacero y cuando éste es de cierta intensidad. Este aspecto se controló o reguló luego, con base en el detalle de la banda pluviográfica y las características para el evento-aguacero determinadas.

El experimento en su forma básica utiliza un diseño de bloques completamente al azar con 3 repeticiones y 6 tratamientos por réplica, donde cada bloque corresponde a diferentes rangos de pendiente. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: a) Frijol o Maíz + Vegetación natural (no es arborea) (Monocultivo). b) Frijol o Maíz + Erythrina fusca distanciado 4 metros (Callejon-6H). c) Frijol o Maíz + Erythrina fusca distanciado 6 metros (Callejon-4H). d) Frijol o Maíz + Mulch de Inga edulis (C+MInga). e) Frijol o Maíz + Mulch de Erythrina fusca (C+MErythrina). f) Suelo desnudo (control) (S. desnudo)

El Erythrina fusca proveniente de los clones 2675 y 2649 del archivo clonal del Proyecto AFN del CATIE, en forma de acodos enraizados, se sembró a .5m entre plantas y distanciado 4 y 6 metros entre hileras, disponiendo en las

parcelas con 4 hileras, éstas a partir de 1m de la línea de borde; y en las de 6 a partir de 2m.

El frijol (variedad Negro huasteco) se sembró con distancias de .25m entre plantas y .4m entre hileras colocando 3 plantas y dejando luego 2 por postura. El maíz (variedad Tuxpeño) se sembró con distancias de .5m entre plantas y .75m entre hileras, también dejando 2 plantas por postura. Las aplicaciones de mulch se hicieron al inicio de cada ciclo del cultivo en dosis de 16 tm*ha^{-1} , tanto para el Erythrina fusca como para el Inga edulis

La siembra de cultivos y árboles fué en el sentido de las curvas de nivel. Para los cultivos de frijol y maíz se procuró dar el manejo cultural necesario pero que implicó el requerimiento mínimo de labranza y de agroquímicos (fertilizaciones, deshierbas, control fitosanitario) buscando obtener una producción normal o aceptable. Sin embargo se anota que la eficiencia en la producción en un comienzo no era objetivo fundamental o motivo de este estudio.

Al cultivo del frijol se aplicó una dosis de 50-50-50 Kg*ha^{-1} de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente. Para ello se utilizaron fuentes de úrea, triple superfosfato y cloruro potásico. No se aplicó fertilización para el cultivo del maíz, esto sobre la base de aplicar en los sistemas el mínimo de insumos posible.

El control de malezas hecho al inicio del ensayo, al igual que el aplicado para el mantenimiento del suelo desnudo, se hizo con Round-up (2 litros*Ha^{-1}). Cuando se presentó ataque de plagas en los cultivos, éstas se combatieron con Volatón (10 % G.). También se hicieron aplicaciones de Furadan al momento de la siembra de los cultivos.

2.3. Escorrentía y Erosión

Desde Dic/15/90, hasta la cosecha del maíz (Sep/25/91), todos los días siguientes a los días lluviosos se midió la lámina de agua colectada en el primer recipiente receptor (caja). Mediante una regla graduada en cms con aproximación al mm, se tomó la lectura de la lámina en tres puntos e inmediatamente se tomó un promedio. Este valor se transformó luego en $\text{Lts} \cdot \text{parcela}^{-1}$ o en $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, tomando como marco de referencia que la caja, en función a su dimensionamiento, es de volumen conocido y cada mm o cm de altura corresponde a un volumen respectivo. Se halló luego el volumen generado por la lámina de precipitación caída para el área de la parcela y finalmente se obtuvo el coeficiente de escorrentía (E) en porcentaje, relacionando el primero de estos volúmenes respecto del segundo.

Debido a ser la época relativamente seca, para el período de Dic/90 a Abril del 91, que incluyó el ciclo del frijol, se contó con información básicamente de escorrentía para 10 eventos. Sin embargo para el cultivo del maíz (May-Sept/91), y presentándose ya la época lluviosa, se tuvieron 60 eventos de los cuales 18 generaron escorrentía y pérdida de suelo.

Las cantidades de suelo perdido, que se convino llamar más adelante "material erosionado" (S), se obtuvieron una vez que el material erosionado fué pesado después de secado al horno. Dichos valores se expresaron en su forma inicial en gramos, luego en $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ó en $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ para cada tratamiento.

Se estableció en el lugar del ensayo un Pluviógrafo de flotador con sifón tipo Lampreth, sobre el cual se disponían bandas mensuales que permitieron hacer lecturas de intensidades a diferentes intervalos de tiempo (6', 12', 15', 24', 30', 36', etc, minutos, o hasta un nivel horario). Se

contó igualmente en el sitio con un pluviómetro de reglilla como complemento al pluviógrafo, para el conocimiento de la lluvia total y como emergente a este último, notándose que a veces difieren en el registro de la precipitación total.

Para el cálculo de los índices de erosividad se comenzó con el análisis de la información proveniente del pluviógrafo, en donde se tuvo en cuenta el criterio de Wischmeier y Smith (1978), el cual considera eventos o lluvias independientes aquellas separadas por espacio mínimo de seis horas y entre las cuales no haya caído una cantidad superior a un milímetro. Se calcularon varios índices de erosividad, incluyendo el EI30 y el KE>1 de Wischmeier (1958) y de Hudson (1981), respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Características de las lluvias y su poder erosivo.

Se calcularon a nivel diario o por evento los índices de erosividad EI30 de Wischmeier y Smith (1978) y KE>1 de Hudson (1981). Para ello se tomó como base el valor de la energía cinética para la lluvia dado por la fórmula de Roose, (1977): $E_c = 1.214 + 0.890 \log I$, donde E_c está expresada en toneladas métricas*Km²-¹ y la I en mm*h⁻¹, derivada del original de Wischmeier y Smith (1958): $E = 8.73 \log I + 11.9$, donde E está expresada en julios*m²-¹ por mm de lluvia e I representa la intensidad en mm*h⁻¹. Luego se calculó la energía cinética total como la sumatoria del producto de E_c por la precipitación P, y finalmente el valor de R fué dado por la fórmula: $R = (E_c * I * P) * 173.6^{-1}$

Los valores respectivos a estos indicadores de erosividad se resumen en el Cuadro 1. Estos datos

corresponden al ciclo del maiz y exclusivamente para los días en que se obtuvo material erosionado.

CUADRO 1. Indices de erosividad para los eventos observados durante el ciclo del maiz (May24-Sept25/91). Exp. San Juan Sur, Turrialba.

FECHA día/mes/año	INDICES EI30	DE EROSIVIDAD KE>1
06-06-91	5.051	77.606
14-06-91	26.287	177.072
20-06-91	12.943	148.638
21-06-91	0.650	32.263
27-06-91	14.854	116.946
01-07-91	0.379	19.253
10-07-91	4.182	74.845
16-07-91	0.225	12.696
17-07-91	9.317	115.734
24-07-91	5.213	121.475
25-07-91	3.096	62.496
27-07-91	6.763	59.900
01-08-91	0.505	9.746
08-08-91	1.788	75.092
12-08-91	75.059	289.561
13-08-91	19.944	213.067
31-08-91	0.163	10.486
06-09-91	20.631	122.656
	207.050	1739.408

De este cuadro se observa que los índices de erosividad son muy variables a lo largo del período. Se nota además que el acumulado anual del índice KE>1 es mucho mayor pues se refiere a lluvias muy erosivas.

La correlación hecha entre el material erosionado (S) y el logaritmo de éste $LS = \ln(S+1)$, encontró que el índice que mejor explica la pérdida de suelo es el EI30 (0.472).

El índice de erosividad acumulado de EI30 para el periodo, extrapolado con base en el tiempo observado, al año sería aproximadamente de 620, comparable con el valor entre 1-1000 reportado por Roose (1977) en Babau (1983) probado para muchos países de Africa Occidental.

3.2. Material erosionado en el cultivo del maíz.

En el Cuadro 2 se presentan las pérdidas promedios de material erosionado S en gramos, para cada uno de los tratamientos y en cada bloque. Se reconoce que el material no corresponde exactamente a material en suspensión sino al colectado algunas veces a pocas horas después de terminada la lluvia.

CUADRO 2. Material erosionado (S) para cada tratamiento y en cada bloque, encontrados durante el ciclo del maíz (may24-Sept25/91). Exp. San Juan Sur, Turrialba.

TRATAMIENTOS	MATERIAL EROSIONADO		
	S (Gr)		
	Bloques (Pendientes)		
	A (35%)	B (25%)	C (15%)
1 Monocultivo	150.019	90.778	13.022
2 CCallejon-6H	106.442	1326.478	14.001
3 CCallejon-4H	26.254	208.945	16.963
4 C+Minga	19.565	66.195	0.734
5 C+MErythrina	20.584	18.773	16.963
6 S. desnudo	3305.373	4755.783	387.317

Las cantidades de material erosionado durante el ciclo y extrapoladas al año se consideran bajas comparadas con otros estudios (Bermudez, 1980, Vahrson, 1991, Sancho, (1991). Sin embargo, estas últimas están dadas para asociaciones de café con árboles de poró y laurel, y con pastos en pendientes mucho mayores, en el caso de Bermudez. Las de Vahrson y

Sancho son para otro tipo de manejo de coberturas, incluyendo aplicaciones de herbicidas y en diferentes regiones climáticas, por lo que debe hacerse su diferenciación.

3.3. Relaciones entre la erosividad de las lluvias y el material erosionado.

Un análisis de varianza hecho para comparar los efectos que podían tener sobre la pérdida de suelo los diferentes tratamientos y las fechas o eventos en que se sucedieron las lluvias erosivas (considerando las fechas en un arreglo en parcelas divididas en el tiempo, Steel y Torrie, 1988), concluyó que hay un efecto altamente significativo ($p < 0.003$) debido a tratamientos o tipo de cobertura que protege el suelo. Es también altamente significativa ($P < 0.0001$) la pérdida de suelo en función del evento, lo cual se asocia con el valor EI30, el estadio del cultivo y la condición antecedente de humedad que hay entre un evento y otro. También es altamente significativa la interacción evento * tratamiento, de lo cual se concluye que los eventos incidieron de manera diferenciada en los diferentes tratamientos. (cuadro 3)

CUADRO 3. Análisis de varianza para el material erosionado (en log), correspondiente a un diseño en parcelas divididas en el tiempo, durante el ciclo del maíz (May24-Sept25/91), Exp. San Juan Sur, Turrialba.

F. de Var.	GL	SC	CM	P>F
Bloque	2	257.2806	128.6403	0.0001
Tratamientos	5	250.2984	50.0576	0.0003 ***
B1*Tratam E(a)	10	36.4511	3.6451	0.0007
Evento	17	414.4444	24.3790	0.0001 ***
Trat*Evento	85	164.0966	1.9304	0.0011 ***
B1*Tr "Eve} E(b)	204	230.1019	1.1279	0.0001

De este análisis se construyeron dos índices de erosividad, uno dado por el logaritmo promedio del material erosionado, que denotaremos LSM, como un estimativo más directo, y un segundo dado por el coeficiente de regresión o pendiente $-b-$ de la regresión de LSM en EI30, queriendo explicar en qué medida una unidad de incremento en EI30 explica un aumento en el material erosionado. Se hicieron dos análisis de varianza, que dieron significativos y pruebas Duncan, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.

El índice LSM está fuertemente relacionado con el nivel erosivo de las lluvias en el período de estudio. El coeficiente de regresión, por el contrario, se espera que sea menos dependiente de dicho nivel y en este sentido más factible de comparación entre experimentos o épocas

CUADRO 4. Comparación de los índices de erosividad LSM y b asociados a los tratamientos del Exp. San Juan Sur ciclo del maíz, Turrialba.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS			
	LSM		b	
6 S. desnudo (Control)	4.0335	a	0.0953	a
2 CCallejon-6H	3.1413	b	0.0610	abc
1 Monocultivo	2.9522	bc	0.0650	abc
3 CCallejon-4H	2.3544	bc	0.0673	ab
4 C+MInga	2.0993	c	0.0317	c
5 C+MErytrhina	1.2363	d	0.0517	bc

Letras iguales no difieren al 5 % de acuerdo a una prueba de Duncan.

Del Cuadro 4 se deduce que los mejores tratamientos siguen siendo los que contienen aplicaciones de mulch, debido a la mayor superficie cubierta sobre el suelo y donde se ha venido demostrando es efectivo el 'litter' a nivel del suelo en el control de erosión ya que amortiza el impacto de las gotas lluvias al contacto con la superficie (Wiersum, 1984,

Nair, 1984). Es posible también que este material contribuya a una mejor agregación del suelo al interactuar las arcillas con los productos de la mineralización mejorando los niveles de infiltración y disminuyendo los niveles de erodibilidad.

Los tratamientos con cultivos en callejones se ubican en una posición intermedia en cuanto al grado de protección del suelo contra la erosión, no difiriendo del monocultivo. Este hecho se explica tal vez por el estado aún juvenil de los árboles y la poca cantidad de mulch aportada en el momento de la poda (4 ton*ha⁻¹ de materia fresca promedio para los tres bloques), comparada con la cantidad aplicada de los mulch para las otras parcelas (16 ton*ha⁻¹).

3.4 Escorrentía para el maíz

Los coeficientes de escorrentía encontrados durante el ciclo del maíz, aunque un poco mayores, son en general muy similares a los presentados durante el ciclo del frijol. Una excepción se presentó en los eventos del 12 y 13 de agosto en que 14 de los 36 registros (38.8 %,) muestran coeficientes que oscilan entre 3 y 6 % de la precipitación, en especial para los tratamientos con suelo desnudo, los cultivos en callejones y el monocultivo.

Se reconoce que el evento del 12 de Agosto de 1991, dada su magnitud y cantidad total de lluvia precipitada (150 mm) y aproximadamente 166-200 mm/h de intensidad horaria con base en un registro de 3-6 minutos, no pudo ser muy bien cuantificado. Sin embargo, el sistema colector de agua y sedimento funcionó en la mayoría de las parcelas y/o tratamientos.

Un análisis de varianza hecho para la variable escorrentia durante el ciclo del maiz (ver Cuadro 5) mostró

efectos de bloques, tratamientos, eventos e interacción eventos por tratamientos.

CUADRO 5. Análisis de varianza para la escorrentía superficial E (en %), correspondiente a un diseño en parcelas divididas en el tiempo, durante el ciclo del maíz (May24-Sept25/91). Exp. San Juan Sur, Turrialba.

F. de Var.	GL	SC	CM	P>F
Bloque	2	19.1841	9.5920	0.0001 ***
Tratamientos	5	37.1651	7.4330	0.0001 ***
Bl*Tratam = E(a)	10	5.4104	0.5410	0.4166
Evento	17	182.7572	10.7504	0.0001 ***
Trat*Evento	85	56.0322	0.6592	0.0001 ***
Error (b)	204	106.807	0.5236	0.0962

Al correlacionar el coeficiente de escorrentía E y el logaritmo de E (LE) con la intensidad máxima a 30 minutos I30, la energía cinética EC y el índice de erosividad EI30, se encontró que la mejor correlación se presentó entre E e I30 (0.89).

Se calcularon dos índices de escorrentía, el primero dado por el valor promedio de la escorrentía (EM), y un segundo en función del coeficiente de la regresión, b, o tasa de escorrentía, o sea el incremento del porcentaje de escorrentía explicado por un incremento unitario de I30. Un análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos para ambos índices. Una prueba Duncan se presenta a continuación:

CUADRO 6. Comparación de los índices de escorrentía EM y b asociados a los tratamientos del Exp. San Juan Sur ciclo del maíz, Turrialba.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS			
	EM		b	
6 S. desnudo (Control)	4.0335	a	0.3167	a
2 CCallejon-4H	3.1413	b	0.3092	a
3 CCallejon-6H	2.9522	bc	0.2299	ab
5 C+MErytrhina	2.3544	bc	0.1861	ab
1 Monocultivo	2.0993	c	0.1354	ab
4 C+Minga	1.2363	d	0.0829	b

Letras iguales no difieren al 5 % de acuerdo a una prueba de Duncan.

Del Cuadro 6 se concluye que el tratamiento que ofrece una mayor protección contra la escorrentía es el cultivo con mulch de *I. edulis*, en parte por permanecer mayor tiempo sobre el suelo, la naturaleza de su hoja y el grado de descomposición más lento de la misma. De otro lado el tratamiento más crítico es el suelo desnudo y no hay una diferencia muy clara entre los cultivos en callejones y el monocultivo. Ambos índices dan resultados semejantes, siendo el ordenamiento de los tratamientos coincidente.

3.5. Rendimiento en grano del maíz y su relación con la escorrentía y el material erosionado.

En cuanto al rendimiento en grano del maíz, el análisis de varianza encontró diferencias significativas debidas a bloques ($p < 0.03$) y a tratamientos ($p < 0.02$). Una prueba Duncan se presenta en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Rendimiento promedio del maiz y prueba Duncan (al 5 %) para los diferentes tratamientos. Exp. San Juan Sur, Turrialba.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS (Kg/Ha)	
4 C+Minga	2931.1	a
1 Monocultivo	2173.8	b
5 C+MErythrina	2132.7	b
3 CCallejones-4H	1815.5	b
2 CCallejones-6H	1601.3	b

* Tratamientos con diferentes letras difieren significativamente.

El tratamiento 4 (cultivo + mulch de *I. edulis*) presentó los mejores rendimientos seguido por el tratamiento 1, monocultivo, y en tercera posición se ubica el tratamiento con mulch de *E. fusca*. Podría atribuirse este hecho al aporte de materia orgánica por los mulch y a la incidencia en un mejor grado de agregación del suelo que facilita una mejor retención de humedad y toma de nutrientes (Young, 1989).

Se calcularon las correlaciones entre las pérdidas por escorrentía y erosión con el rendimiento en grano para el cultivo del maíz, las cuales dieron -0.71 y -0.63 , respectivamente ambas significativas. Estas correlaciones están basadas en 15 observaciones correspondientes a los 3 bloques y a 5 de los 6 tratamientos en estudio (no cuenta el suelo desnudo en este análisis). Es interesante notar que existe una correlación mayor en valor absoluto entre el coeficiente de escorrentía con el rendimiento que de éste con la pérdida de suelo.

3.6. Rendimientos y escorrentía en el cultivo del frijol.

Para el frijol sólo se observaron pérdidas por escorrentía, no generándose material erosionado, debido a que las lluvias observadas durante el ciclo del cultivo no tuvieron carácter erosivo.

Los valores de escorrentía superficial expresados en porcentaje respecto de la precipitación a nivel diario correspondieron a un rango que va desde 0.14 a 6.27 %, que son valores muy similares a los reportados por Bermudez (1980), Apolo (1980) y Sancho (1991); y bajos al compararlos con los reportados por Verbraeken (1988), no obstante éstos corresponden a pendientes mayores. El promedio general para los 10 eventos en los tratamientos oscila entre 0.72 % para el tratamiento mulch de *I. edulis* asociado con el cultivo en el bloque C y 1.92 % para el tratamiento del monocultivo en el bloque A. No existieron diferencias significativas entre tratamientos al comparar estos valores de escorrentía.

El Andeva hecho para la variable rendimiento del cultivo mostró alta significancia debida a bloques ($P < 0.007$) y a tratamientos ($p < 0.001$).

Se hizo igualmente una prueba Duncan (Cuadro 8) para dicha variable y de ella se deduce que los mejores rendimientos corresponden a los tratamientos 4 y 5 que corresponden al cultivo asociado con aplicaciones de mulch de *Inga* y *Erythrina* respectivamente, seguidos por el monocultivo. Los menores rendimientos correspondieron a los tratamientos con cultivo en callejones.

CUADRO 8. Rendimiento promedio del frijol para los diferentes tratamientos del Exp. San Juan Sur, Turrialba.

TRATAMIENTOS	PROMEDIOS (Kg/Ha)	
4 C+Minga	1969.1	a
5 C+MErythrina	1823.3	a
1 Monocultivo	1679.9	a b
3 CCallejones-4H	1375.9	b
2 CCallejones-6H	985.5	c

* Tratamientos con letras diferentes difieren significativamente al 5 % de acuerdo a una prueba de Duncan

Los rendimientos superiores pueden considerarse lógicos, explicándose en función del aporte de materia orgánica propiciado por las aplicaciones de mulch. De acuerdo con observaciones de campo, éstos se descomponen en promedio un 50-70 % (su cobertura) en el caso del *E. fusca* y en un 20-30 % el *I. edulis*, durante cada ciclo de cultivo. La observación detallada de las tasas de descomposición y mineralización deben ser objeto de estudio posterior, información que contribuiría en el análisis de reservas y transferencia de nutrientes en el sistema.

La correlación entre las variables escorrentía y rendimiento en grano para el cultivo del frijol fué no significativa. Este resultado era de esperarse debido a que un análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativas ($p > 0.74$) entre tratamientos al comparar los porcentajes de escorrentías en el ciclo del frijol.

3.7. Algunas características físico-químicas de los suelos y del material erosionado.

Los suelos del lote experimental se caracterizan por presentar una clase textural Franco-Arcillosa con porcentajes de Arena (32 %), limo (29 %) y Arcilla (39 %).

La clase textural de tipo arcillosa y la presencia de material alófono en los suelos, hace que los suelos presenten un grado de agregación que les dá cierta resistencia a ser dispersados por efecto de las lluvias; no obstante lluvias intensas y acompañadas de una condición antecedente de humedad de otras lluvias, hace que el suelo se erosione fácilmente (Baver et al, 1972). Esta razón ayuda a explicar parcialmente las bajas pérdidas de material erosionado.

Del análisis granulométrico para el material erosionado se concluye que en todos los tratamientos las pérdidas oscilan entre un 62 % y un 81 % de arena; el resto de material se reparte mas o menos equitativamente entre limos y arcillas.

Una explicación a este comportamiento puede atribuirse a que el material arcilloso inicial o de la parcela, durante periodos caracterizados por un tiempo sin lluvias, toma la apariencia de terrón, el cual con el calor termina resquebrajándose y una vez presente la lluvia pudo ser fácilmente erodado. Sin embargo, debe retomarse el concepto de Ellison (1947), en Hudson (1982), de que igualmente es más susceptible la partícula fina de erosionarse; por lo que debe caracterizarse al máximo la naturaleza del fenómeno.

3.7.1. Pérdidas de nutrimentos

A partir del análisis de nutrimentos del material erosionado durante el ciclo del maíz, de un factor de corrección dado por el peso promedio de 1 cm³ de material erosionado y con base en las cantidades totales de suelo

perdido durante el cultivo del maíz, se obtuvo las pérdidas para cada nutrimento en Kg*Ha^{-1} (ver Cuadro 9).

CUADRO 9. Comparacion de las perdidas de nutrimentos en kg*ha^{-1} , asociadas a los tratamientos durante el ciclo del maíz. exp. san juan sur, turrialba.

TRATAMIENTO	M.O.	N	P	K	Ca	Mg
MONOCULTIVO	57.8 b	2.3 b	0.53 b	0.04 b	0.53 b	0.02b
CCALLEJONES-6H	290.0 b	11.2 b	2.77 b	0.19 b	3.41 b	0.14ab
CCALLEJONES-4H	53.4 b	2.2 b	0.57 b	0.03 b	0.25 b	0.02b
C+MINGA	18.4 b	0.8 b	0.17 b	0.01 b	0.20 b	0.01b
C+MERYTHRINA	6.7 b	0.3 b	0.07 b	0.01 b	0.09 b	0.01b
S. DESNUDO	1874.2 a	80.2 a	15.10 a	0.98 a	2.05 a	0.27a

Letras iguales no difieren al 5 % de acuerdo a una prueba de Duncan.

Del cuadro 9 se concluye que en general no hubo significancia para las pérdidas de nutrimentos, excepto para el tratamiento con suelo desnudo y para el Mg en el tratamiento con Cultivo en Callejones distanciado a cuatro metros. Sin embargo se presentan pérdidas promedios considerables de materia orgánica y de Fosforo total, para el tratamiento con suelo desnudo de 1874.2 y 15.10 Kg*Ha^{-1} .

Se reconoce que en este tipo de estudios las pérdidas de nitrógeno en especial en forma de nitratos puede llegar a ser significativa por lo que se recomienda los análisis de las aguas de escorrentía en trabajos posteriores.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1) El índice de erosividad (EI30) de Wischmeier, fué el mejor correlacionado con el logaritmo del material erosionado (LS). El coeficiente de escorrentía (E) correlacionó mejor con la intensidad (I30).

2) Durante los ciclos del maíz y del frijol los tratamientos con mulch de *E. fusca* e *I. edulis* mostraron los menores promedios de (E), (0,34 y 0,40%) y (0,72 y 1,92%) respectivamente.

3) Los coeficientes de escorrentía y las cantidades de material erosionado encontradas se consideran bajas y comparables con las reportadas por otros autores. El tratamiento del cultivo con mulch de *I. edulis* fue el mejor en controlar la escorrentia y la erosión.

4) El tratamiento del cultivo con mulch de *I. edulis* produjo los mayores rendimientos en las producciones de grano de frijol y de maíz (1.969,1 y 2.931,1) respectivamente.

4) El uso de coberturas con 'mulch' es una de las formas mas efectivas de controlar la escorrentía y erosión. Los cultivos en callejones se espera, aumente la cantidad de mulch proveniente de la poda y de esta forma propicien un mejor control.

6 LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, V. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. IICA. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R. IICA/CTEI. 145 p.
- APOLO, W. A. B. 1980. Evaluación de la escorrentía superficial y la erosión en un pastizal con árboles aislados en la suiza, Turrialba, Costa Rica. Tesis. Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE, 69 p.
- BABAU, M. C. 1983. La capacidad erosiva de la lluvia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Word climate programme N° 41. 29 p.
- BAVER, L.D.; GARNER, W.H.; GARNER, W.R. 1980. Física de suelos. México, México. Editorial Uteha. 529 p.
- BERMUDEZ, M. 1980. Erosión hídrica y escorrentia superficial en el sistema café (*coffea arabica* L.), poró (*Erythri na poeppigiana* (walpers) O. F Cook) y laurel (*Cordia alliodora* (R ç P) Cham.), en Turrialba, Costa Rica. Tesis, Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE, 74 p.
- HAWKINS, R.; SEMBIRING, H. ; LUBIS, D. ; SUWARDJO. 1990. The potential of alley cropping in the uplands of east and central java. Salatiga, Java. Agency for Agricultural Research and Developent. P 71.
- HOLDRIDGE, L. R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- HUDSON, N. 1982 Conservación del suelo Ed. Reverté, S. A. España 335 p.
- NAIR, P. K. R. 1985. Soil productivity aspects of agroforestry. 86 p. ICRAF.

----- 1989. "Funciones de árboles en producción y protección de tierras" del libro Sistema Agroforestal en Trópicos, (Pág 567-589), ICRAF.

SANCHO, F. 1991. Medición de pérdidas de suelo a través del empleo de parcelas de escurrimiento. In Taller de erosión de suelos (1991, Heredia, Costa Rica.). (Memoria). Heredia, Costa Rica., Universidad Nacional. P. 102-115.

VAHRSON, W. ; FERNANDEZ, C. 1991. Escorrentía superficial y erosión laminar en Puriscal, Costa Rica. In Taller de erosión de suelos (1991, Heredia, Costa Rica.). (Memoria). Heredia, Costa Rica., Universidad Nacional. P. 116-143.

VERBRAEKEN, J. A. 1988. Escorrentía en ocho parcelas de escurrimiento con cultivo de café, bosque secundario y frijol en la finca "la selva", la Suiza, Turrialba, Costa Rica. Holanda. 67 p.

WIERSUM, K. F. 1984. Surface erosion under various tropical agroforestry sistem. In Symposium on effects of forest land use on erosion and slope stability. (1984, Honolulu, Hawaii). (Symposium). Environment and Policy Institute, East-West Center, Honolulu, Hawaii, p. 231-239.

WISCHMEIER, W. H. ; SMITH, D.D. 1958. Evaluation of factors in the soil loss equation. Agricultural Engineering 39: 458-462.

----- 1978. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No 537.

YAMOAH, C.F.; AGBOOLA, A.A.; WILSON, G.F. 1986. Nutrient Contribution a Maize Performance in Alley Crooping System. Agroforestry System. 4:247-254.

YOUNG, A. 1989. Agroforestry for soil conservation Nairobi, C. A. B. International, ICRAF 275 p.