

5625
V453

TRABAJO DE GRADO

"EROSIÓN BAJO DIFERENTES TIPOS DE USO DE LA TIERRA
EN UN SECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO EL VALLE, EL COBRE,
ESTADO TACHIRA, VENEZUELA".

Por

Luz Amelia Sánchez Argüello

Bajo la Dirección de la Doctora

Michele Ataroff.

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial
para la obtención del grado de Magister Scientiae
Postgrado en Ecología Tropical CIELAT
Facultad de Ciencias
Universidad de los Andes

DONACION

SEBIBULA
Tullio Febres Coraero

El Cobre, 11 de marzo de 1996.

**"EROSIÓN BAJO DIFERENTES TIPOS DE USO DE LA TIERRA
EN UN SECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO EL VALLE, EL COBRE,
ESTADO TACHIRA, VENEZUELA".**

Por

Luz Amelia Sánchez Argüello

Asesorado por:

Dra. Michele Ataroff

Mérida - 1996.

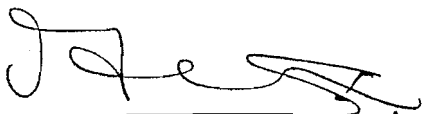
VEREDICTO

Quienes suscriben, integrantes del Jurado designado por el Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad de Los Andes para conocer y emitir veredicto sobre la Tesis presentada por **SANCHEZ ARGUELLO, LUZ AMELIA** para optar al título de **Magister Scientiae** en Ecología Tropical y que se titula:

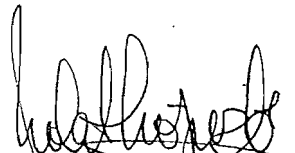
EROSION BAJO DIFERENTES TIPOS DE USO DE LA TIERRA EN UN SECTOR DE LA CUENCA DEL RIO EL VALLE, EL COBRE, ESTADO TACHIRA-VENEZUELA.

hacen constar lo siguiente:

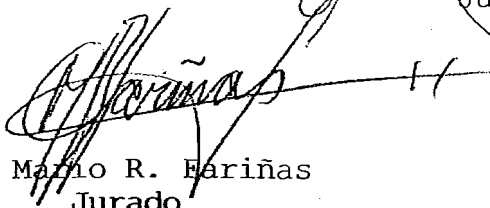
PRIMERO: Que hoy 08-03-96, a las 4:30 p.m., nos constituimos como Jurado en el Salón de Reuniones del Postgrado en Ecología Tropical, siendo Presidente del Jurado la Dra. Michele Ataroff Soler. **SEGUNDO:** A continuación procedimos a discutir si se llevaba a cabo su defensa pública. Luego de considerar las observaciones y críticas de cada miembro del jurado, acordamos por unanimidad autorizar su presentación. **TERCERO:** A las 5:00 p.m. de este mismo día, el Jurado se reunió en el Salón de Postgrado en Ecología Tropical y se dió curso al acto público de sustentación de la Tesis presentada a requerimiento del Jurado. **CUARTO:** Una vez concluída la sustentación correspondiente, el Jurado interrogó a la aspirante sobre los diversos aspectos a que el trabajo se refiere. **QUINTO:** Seguidamente, la Presidenta del Jurado invitó al público asistente a formular preguntas y observaciones sobre el trabajo presentado. **SEXTO:** Una vez concluido el acto de presentación, el Jurado procedió a su deliberación final y concluyó que: **SE APRUEBA LA TESIS DE MAESTRIA PRESENTADA A NUESTRA CONSIDERACION, CON MENCION HONORIFICA.**



Dra. Michele Ataroff S.
Tutora



Dr. Roberto López
Jurado



Dr. Mario R. Feriñas
Jurado

Yannine Z.
08-03-96

*A mis padres, familiares,
A Norberto, mi esposo, compañero y amigo.
A nuestra hija Zlatka, de las mayores bendiciones,
que Dios nos ha dado.*

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis Doctora Michele Ataroff por su valiosa colaboración, sus acertados comentarios, su voz sincera de aliento y ánimo, y confianza con la que he contado en todo momento.

Al Centro de Investigaciones Ecológicas de los Andes Tropicales (CIELAT) equipo invaluable no solamente por sus cualidades científicas sino también por sus valores humanos. Al profesor Roberto López, por su colaboración en la facilitación de laboratorio de suelo del CIDIAT y por su orientación en los análisis de erosionabilidad. Al profesor Mario Fariñas por sus acertados comentarios y ayuda.

Al Centro de Ecología de Tierras Altas (CETA) ubicado en El Cobre, y su Director Norberto Rebolledo Andrade, dicha institución ha otorgado un importante apoyo logístico para la realización de ésta investigación, que consiste en: instalaciones (laboratorio, oficinas, equipos, alojamiento), transporte dentro del área, entre otros, a Yudyth Chacón por su colaboración en las labores de campo y laboratorio.

A la Red Latinoamericana de Botánica que mediante su auspicio (94-M6), colaboró en mi formación científica y apoya la investigación en Latinoamérica al fomentar la exploración de conocimientos básicos y a la vez **aplicados para** la preservación de la flora autóctona de América Latina, **un agradecimiento sincero** para el Doctor Luis Corcuera y M.Cs. Susana Maldonado.

A FUNDACITE-Táchira y a su presidente Ing. Ricardo López Rodríguez, quien junto con el Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico CDCHT de la Universidad de los Andes, hicieron posible mediante su financiación la realización de esta investigación.

Al Ing. Nelson Ortiz, al Doctor Pedro Roa y Sr. Manuel Rodríguez por su amable colaboración no solamente por permitir nuestro trabajo en sus fincas, sino también por su constante ayuda e invaluable apoyo.

Al Biólogo Norberto Rebolledo Andrade, coordinador del proyecto "Mejoramiento y Fortalecimiento del CETA", por su apoyo y colaboración en las actividades de campo, laboratorio y apoyo técnico y científico al analizar la información.

A mi maravillosa familia, a mamá y papá, por enseñarme tanto, a Leyla y Pepe mis compañeros de juego, a Diana por su loca fortaleza, a Norberto el hombre con quien comparto mi vida, gracias por su constante estímulo, aprender a su lado es siempre una enriquecedora experiencia. A mi brillante Zlatka por su amorosa paciencia.

Al pueblo de El Cobre, por darme el gusto de saborear su comida, de ver las caritas de los niños y ancianos en sus calles, por su paisaje, gracias a José por enseñarme a arar.

RESUMEN

Durante 12 meses (mayo de 1994-abril de 1995), en un sector de la cuenca del río El Valle, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, se encontró que los montos de pérdida de suelo están dados principalmente por el sitio donde se cultivó de forma tradicional *Arracacia xanthorhiza* Banc. (apio), la fracción total erosionada alcanzó las 7,91 Mg/ha/año, siendo cuatro veces mayor que en el cultivo en terrazas de manzano (*Malus sylvestris* Miller), el cual erosionó 1,96 Mg/ha/año, el potrero de *Pennisetum clandestinum* perdió 1,11 Mg/ha/año y la erosión en el ecosistema natural (Bosque Siempre Verde Seco), correspondió al monto menor 0,54 Mg/ha/año.

Se determinó como la variación de los factores ambientales tales como la precipitación, el EI_{30} y el escurrimiento, al igual que algunas características edáficas (textura, contenido de materia orgánica, infiltración y estabilidad de los agregados), se relacionan de forma directa con la erosión, pero a la vez, se observó como es determinante el tipo de manejo que se le da a cada sitio de muestreo, que sin duda explica en gran medida, los procesos y **mecanismos** erosivos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página	
I	Introducción.....	13
II	Antecedentes.....	17
III	Objetivos.....	36
IV	Descripción del área de estudio.....	37
	A. Descripción de la cuenca del río El Valle.....	37
	B. Descripción de la finca "El Paraíso".....	44
	C. Descripción de la finca "La Mesa del Palmar".....	50
V	Metodología.....	53
	A. Erosión y Escorrentía.....	56
	B. Precipitación.....	57
	C. Estimación de la cobertura vegetal y hojarasca..	54
	D. Características edáficas.....	59
	1. Velocidad de infiltración.....	60
	2. Densidad aparente.....	63
	3. Estabilidad de agregados al agua.....	64
	4. Humedad de muestreo.....	66
	E. Practicas culturales.....	66
	F. Procesamiento de la información.....	66
VI	Resultados y Discusión.....	68
	A. Características de las precipitaciones.....	68
	1. Precipitación total.....	68
	1.1. Intensidad y Erosividad.....	71
	2. Precipitación efectiva.....	75
	B. Características edáficas.....	77
	1. Características físicas y químicas del suelo.	78
	1.1. Características texturales.....	78
	1.2. Conductividad eléctrica y pH.....	80
	1.3. Contenido de materia orgánica.....	82
	1.4. Nutrientes.....	84
	2. Erosionabilidad.....	85
	2.1. Velocidad de infiltración.....	86
	2.2. Densidad aparente.....	90
	2.3. Estabilidad de los agregados al agua...	91
	C. Características de la erosión.....	98
	1. Características generales de cada sitio.....	99
	1.1. Precipitación efectiva.....	102
	1.2. Escorrentía	103
	1.3. Hojarasca.....	105
	1.4. Fracción mineral.....	106
	1.4.1. Variabilidad temporal.....	112
	a. Bosque.....	112
	b. Cultivo de apio.....	118
	c. Potrero.....	126
	d. Cultivo en terrazas.....	131
	1.4.2. Variabilidad espacial.....	137
	2. Características de las actividades agrícolas.	147
VII	Conclusiones.....	150
VIII	Apéndices y anexos.....	153
IX	Bibliografía.....	162

INDICE DE TABLAS

1	Características de cada una de las unidades estudiadas.....	56
2	Datos de precipitación (mm), de la estación metereológica de El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.....	70
3	Número de eventos de lluvia con intensidades > 40mm, en diferentes rangos de tiempo para El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, mayo 1994 a abril 1995.....	71
4	Índice de erosividad de las lluvias, IE_{30} ($Mj.mm.ha^{-1}.h^{-1}$), diseñado por Wischmeier & Smith (1960), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, Marzo de 1994 a abril de 1995.....	72
5	Características de la textura de los suelos de los diferentes sitios de muestreo y factores de erodabilidad del suelo asociados a la textura y y contenido de materia orgánica, traducidas al Sistema Internacional de Medidas (SI), los valores de K están expresados en ($Mg.ha.h/ha.MJ.mm$), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.....	79
6	Resultados de los análisis químico de los suelos de los diferentes sitios de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.....	85
7	Valores de prueba de infiltración en cilindro y determinación de densidad aparente de los diferentes sitios de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.....	88
8	Estabilidad estructural de los diferentes sitios de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.....	93
9	Posición de los diferentes sitios de muestreo en orden decreciente acerca de la susceptibilidad a erosionarse, bosque (B), cultivo de apio (C), potrero (P) y cultivo de manzano en terrazas (T), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.....	97
10	Precipitación total (1217mm), precipitación efectiva, escorrentía, pérdidas de hojarasca y suelo en cada unidad de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, mayo de 1994-abril de 1995.....	99
11	Valores de la prueba estadística Kruskal-Wallis, para los datos de escurrimiento y pérdida de hojarasca y de la fracción mineral fina (<4mm), gruesa (>4mm) y total, (N=24) para El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	101

12	Valores de correlación significativos encontrados en bosque B, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	116
13	Valores de correlación significativos encontrados en el cultivo de apio, sitio C, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	124
14	Valores de correlación significativos encontrados en el potrero P, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	130
15	Valores de correlación significativos encontrados en el cultivo con terrazas sitio T, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	134

INDICE DE FIGURAS

1a	Situación relativa y ubicación del área de estudio (Escala 1:100000).....	40
1b	Sectorización por rangos altitudinales de la microcuenca del río El Valle, Estado Táchira, Venezuela.....	41
1c	Formaciones geológicas presentes en la cuenca del río El Valle, El Cobre, Edo. Táchira (Tomado de Pietrangelli, 1992).....	43
1d	Situación relativa y ubicación del área de estudio (Escala 1:25000).....	47
1e	Mapa geomorfológico del área de estudio, ubicación de los sitios de muestreo (escala 1:25000).....	49
2	Diseño de terrazas finca "La Mesa del Palmar".....	52
3	Esquemas de parcelas de erosión (Tomado de Ataroff, 1991).....	54
4a	Esquema de pluviómetros instalados en las parcelas ubicadas en bosque y cultivos.....	55
4b	Esquema de pluviómetros instalados en las parcelas ubicadas en el potrero.....	55
5a	Precipitación total e índice de erosividad (EI30), finca "La Mesa del Palmar", El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	69
5b	Distribución por rangos de las lluvias erosivas, finca "La Mesa del Palmar", El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	69
6	Precipitación efectiva, sitios de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	76
7	Promedios de erosión (Mg/ha/año), en cada sitio de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	100
8a	Precipitación efectiva (mm) en el Bosque Siempre Verde Seco, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	114
8b	Escurrimiento (mm) en el Bosque Siempre Verde Seco, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	114

8c	Erosión de la fracción mineral fina (Mg/ha) en el Bosque Siempre Verde Seco, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	115
8d	Erosión de la fracción mineral total (Mg/ha) en el Bosque Siempre Verde Seco, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	115
9a	Precipitación efectiva (mm) en el cultivo de apio (<i>Arracacia xanthorhyza</i> Banc.), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	121
9b	Escurrimiento (mm) en el cultivo de apio (<i>Arracacia xanthorhyza</i> Banc.), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	121
9c	Erosión de la fracción mineral fina (Mg/ha) en el cultivo de apio (<i>Arracacia xanthorhyza</i> Banc.), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	122
9d	Erosión de la fracción mineral total (Mg/ha) en el cultivo de apio (<i>Arracacia xanthorhyza</i> Banc.), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	122
10a	Precipitación efectiva (mm) en el potrero, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	127
10b	Escurrimiento (mm) en el potrero, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	127
10c	Erosión de la fracción mineral fina (Mg/ha) en el potrero, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	128
10d	Erosión de la fracción mineral total (Mg/ha) en el potrero, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	128
11a	Precipitación efectiva (mm) en el cultivo de manzano en terrazas, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	132
11b	Escurrimiento (mm) en el cultivo de manzano en terrazas, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	132
11c	Erosión de la fracción mineral fina (Mg/ha) en el cultivo de manzano en terrazas, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	133
11d	Erosión de la fracción mineral total (Mg/ha) en el cultivo de manzano en terrazas, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.....	133
A.1	Curvas promedio de infiltración acumulada (Icum) e instantánea (I), para bosque.	158

A.2	Curvas promedio de infiltración acumulada (I_{cum}) e instantánea (I), para cultivo de apio.....	159
A.3	Curvas promedio de infiltración acumulada (I_{cum}) e instantánea (I), para potrero.	160
A.4	Curvas promedio de infiltración acumulada (I_{cum}) e instantánea (I), para terrazas.	161

I. INTRODUCCION

En muchos sitios montañosos, encontramos áreas afectadas por la erosión término derivado del verbo latín erodere (rodere roer), que en resumen podemos definir como el proceso geomorfológico natural causado por diferentes agentes como el viento y el agua entre otros, que tiene como efecto la separación y transporte de material del suelo.

Entre los factores que determinan dicho proceso se encuentran: características del tipo de relieve, características climáticas, susceptibilidad de los suelos y del substrato geológico, tipo de vegetación, intensidad del uso de la tierra y prácticas de manejo (Pla, 1979).

Los factores anteriormente mencionados actúan en los procesos erosivos de maneras diversas y complejas, a través de la historia, dando como resultado una gran diversidad paisajística.

El suelo continuamente se esta transformando ya sea mediante un proceso de acumulación de materiales en su superficie, en procesos tales como la descomposición de la materia orgánica (hojarasca) o mediante la pérdida de materiales como nutrientes disueltos, hojarasca o minerales.

El problema erosivo en Venezuela ha estado asociado a las muy particulares y dinámicas condiciones de su desarrollo socio-económico, que en muchos

casos han contribuido a agravar los problemas de degradación del suelo (Pla, 1990).

Existen varios estudios en Venezuela sobre erosión, en diferentes regiones del país. Para la región andina se encuentran entre otras las investigaciones de González (1955), Escalante (1957), Pérez (1989), Cahuaya (1981), Varela (1987), Andressen (1987), Montesdeoca (1989), Cagua (1989), Altuve y Dávila (1990), Rojas (1991), Perdomo (1991), Ataroff y Monasterio (1993), Lizaso (1980), las cuales tratan sobre diferentes aspectos relacionados con procesos erosivos y algunas relacionan la erosión con el tipo de uso de la tierra.

En la zona de estudio, la cuenca del río El Valle, El Cobre, Estado Táchira en Venezuela, el 70% de su superficie según el Plan de Ordenación Territorial, cae dentro del área del Parque Nacional Batallón y La Negra y zonas protectoras. Solo un 30% de los suelos tienen vocación agrícola, dentro de este porcentaje existen áreas de pendientes muy pronunciadas, mayores del 50%, con varios problemas erosivos evidenciados por la formación de surcos y grandes cárcavas, pero quizás uno de los más dramáticos y silenciosos sea la erosión laminar, dicho proceso erosivo compromete lógicamente la fertilidad de los suelos (Ortiz, 1992).

Todo lo anterior influye directamente en el desarrollo de la zona, pues la conservación del suelo no es solamente un problema de prácticas agrícolas, sino que es además un problema de pensamiento, comportamiento, un problema social, económico y político, que sin duda afecta a la población, ya que la agricultura es el principal medio de vida de la región.

Conocer el comportamiento estacional de la erosión conduce a explicar cuando es más intensa la erosión del suelo, donde y en que momento los peligros y riesgos provocados por el hombre necesitan reducirse al máximo, mediante la selección de sistemas de cultivo, manejo, y de prácticas de conservación para suelos y pendientes específicas. Determinando como pueden aplicarse o alterarse las prácticas de conservación que permitan un cultivo más intensivo, y cuales son las mejores estrategias productivas que implican menores riesgos y pérdidas tanto ecológicas como económicas.

II. ANTECEDENTES

En Venezuela existe información general acerca de la erosión, de los diferentes procesos y mecanismos erosivos, encontramos igualmente algunos trabajos acerca de los procesos erosivos con especial énfasis en cultivos, algunos en sitios de pastizal, potreros, barbechos y bosques; lógicamente la información existente se encuentra concentrada en algunas regiones del país debido ya sea a la cercanía de los centros de investigación o al interés desde el punto de vista de la temática erosiva.

Según Mogollón y Comerma (1994), en Venezuela el problema prioritario a resolver sería en las zonas montañosas, las cuales son las más propensas a la erosión si no se adoptan medidas de manejo adecuadas. En los sectores de colinas u ondulados (oeste del estado Guárico) también es necesario adoptar medidas de conservación de suelos tales como cultivos en fajas y labranza mínima.

Se presenta a continuación una lista ordenada de manera cronológica de los principales trabajos que en materia de erosión se han realizado en el país, dicha lista contiene diferentes tópicos de la materia algunos son muy generales, otros bastante específicos, sin embargo es posible constatar que existen varias investigaciones desarrolladas en Venezuela y que la importancia de estas radica no solamente en su abundancia, sino también en

la continuidad a través del tiempo, lo cual ha permitido, un acopio de información general en especial para la zona central del país y para algunas zonas de los Estados Andinos Venezolanos (Trujillo, Mérida y algunas localidades del Táchira), es también notable que algunas regiones del país en especial aquellas más alejadas de los centros educativos de nivel superior carecen totalmente de investigaciones en esta área (Región sur y oriental del país, Estados Amazonas, Bolívar, Apure, y sectores de Guárico, Monagas, Barinas y Portuguesa), existen períodos de tiempo caracterizados por una gran proliferación de publicaciones en este campo (1989 por ejemplo), igualmente es destacable la contribución realizada por algunos grupos de investigación (Páez y col., Rodríguez y col., entre otros), los cuales sin duda han contribuido a caracterizar la situación que en materia de erosión presentan los suelos venezolanos.

En 1949, Delgado realizó un estudio muy general sobre la erosión en un sistema de riego en Cumaná, presentó un sencillo plan para su control que consistió en la creación de barreras rompevientos para impedir la erosión eólica, predominante en esta zona.

Matos (1953) estudió el sistema de riego del embalse Suata, Edo. Aragua, Venezuela, y encontró que este se sedimentó, recomendó la reforestación de las zonas aledañas para impedir que avancen los procesos erosivos.

Escalante (1957) realizó un estudio para la conservación de la carretera Panamericana, cuyo objetivo primordial fue asegurar servicio continuo y mantener el valor de la vía, mediante la conservación de los recursos naturales de las áreas adyacentes a la carretera, conservación del suelo de los laterales y desarrollo ornamental de las márgenes.

CORPOANDES (1971) presentó una síntesis de un diagnóstico y estrategias para el manejo y control de erosión, para la subregión del Motatán. El estudio identificó varios tipos de erosión, causada no solamente por la acción del hombre, también por la acción conjugada de factores geológicos, climáticos y orográficos, que se unen para formar un panorama de degradación.

Lizaso (1980) estudió la erosión en la cuenca alta del río Guanare, (Edo. Portuguesa), mediante parcelas de escorrentía, trabajó con cinco coberturas: Bosque, rastrojo, yuca, café y suelo desnudo.

Cahuaya (1981), en el torrente "El Chao" 220 ha, río Aracay, subcuenca del río Santo Domingo, Edo. Mérida, estudió un tratamiento preventivo a corto y mediano plazo, presentó obras pertenecientes a la primera etapa, con mención a la estrategia global de control.

Gamero (1983) propuso prácticas de control y recuperación de una **cárcava** en el área maicera del Valle Medio del río Yaracuy, igualmente **medidas** para estabilizar taludes, implantar vegetación natural en las épocas **propicias** y la utilización de diseños sencillos y económicos, para controlar el **volumen** y velocidad de escorrentía, además de su carga de sedimentos.

Maneiro (1983) realizó una evaluación de la erosionabilidad relativa de seis suelos del orden Mollisol ubicados en la cuenca del Lago de Valencia.

Moar (1984) evaluó en la microcuenca San José, vertiente sudeste de los Andes Venezolanos, que forma parte de la cuenca alta del río Uribante, Edo. Táchira, los procesos geomorfológicos y posibles tendencias futuras que puedan acortar a mediano y largo plazo la vida útil de la presa, además hizo un análisis exhaustivo de aquellos procesos geomorfológicos que están íntimamente relacionados con el proceso de cárcavamiento.

Rodríguez (1985) estudió las pérdidas de suelo por erosión hídrica y el efecto que tienen los residuos en superficie para reducir dichas pérdidas. Los residuos en superficie reducen las pérdidas de agua por escorrentía, impiden la formación del sello superficial por efecto del impacto de las gotas, confirmó, para los suelos estudiados, que el manejo de los residuos y la labranza afecta en gran proporción las pérdidas de suelo en particular.

índices utilizados predicen de forma similar, la erosividad de las lluvias, igualmente se realizó un estudio de la erosionabilidad del suelo, se encontró que las piedras cumplen un efecto de "mulch" sobre el suelo.

Ruiz (1986) realizó un estudio de las características de las lluvias como agente erosivo en la cuenca de la quebrada La Sucia, en los distritos Campo Elías y Sucre del Edo. Mérida. Como resultado del análisis de la información, es posible afirmar que las lluvias en dicha cuenca fueron de bajas a débiles en cuanto a su poder erosivo.

Michelena y Franco (1987) caracterizaron las propiedades físicas del suelo en fuertes pendientes (mayores al 60%) de Mérida, Venezuela.

Aguilar y col. (1988) encontraron en Ticoporo que los índices de Fournier, Hudson y Lal indicaron que septiembre y octubre son los meses de mayor erosividad de las lluvias, por lo tanto con el mayor potencial de inducir erosión. El índice de Fournier fue el más sensitivo a las condiciones del clima tropical, cuando se basaron en períodos de 10 días. Los índices de Hudson y Lal, mostraron gran respuesta de transición de la época seca a la lluviosa.

Rojas (1988), evaluó la degradación química, física y biológica de los suelos de Ticoporo, Edo. Barinas, Venezuela, según la metodología descrita por la FAO para la estimación de la degradación del suelo. Los resultados mostraron un alto riesgo por erosión hídrica en una proporción del 40,9% del área estudiada, el riesgo de la degradación biológica y química fue muy alto, en 72,5% de el área.

Cagua (1989) encontró que el río Chama (Edo. Mérida), posee una evolución de suelos incipiente y que los posibles riesgos de erosión hídrica, en las diversas unidades fisiográficas, se califican de moderados, altos y muy altos. Dichos riesgos están en función de la pendiente, a mayor pendiente mayor riesgo a que el terreno se erosione, por el clima y el tipo de vegetación.

Casanova y col. (1989) estudiaron las pérdidas de nutrientes por erosión en Haplustoll y en Haplustalf en Venezuela. Las pérdidas de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible son mayores en el Haplustoll que en el Haplustalf. Las pérdidas de Ca, Mg y K intercambiable fueron significantes en el Haplustoll, pero donde fueron menores fue en el Haplustalf.

Castillo y Páez (1989) describieron el impacto de la erosión en campos de sorgo, sobre Alfisoles, en Venezuela, relacionan la profundidad de horizonte

argílico del suelo, la distribución del tamaño de las partículas, la densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica de los horizontes superficiales y subsuperficiales, con la erosión. Demostraron que en la superficie, la infiltración y los movimientos de agua fueron más restringidos, pero la erosionabilidad más alta, comparada con los horizontes argílicos.

Fernández (1989) evaluó los efectos de varias prácticas de conservación de suelos (terraceo, uso de barreras vivas) en cultivos y su relación con las pérdidas de suelo en la región hortícola del río Petaquire.

En el trabajo de Fernández y Simón (1989), se determinaron los riesgos potenciales de erosión hídrica en los Llanos Altos Centrales de Venezuela. Se determinó la erosionabilidad para 10 unidades de suelo seleccionadas, usando bandejas de erosión y lluvias. Los resultados mostraron que las tierras estudiadas presentaron un alto potencial de erosión, donde los factores topografía y erosionabilidad juegan un papel determinante.

Montesdeoca (1989) evaluó el efecto de algunas prácticas conservacionistas, como medidas de control de la pérdida de suelo ocasionada por erosión hídrica, en zonas de montaña bajo explotación agrícola, en terrenos de la

Estación Experimental Santa Rosa de ULA y del IIAP, ubicado en el distrito Libertador del Edo. Mérida.

Páez (1989) describió un sistema de cultivar el maíz, en sentido de la pendiente, que causa la acelerada degradación del suelo en la tierras agrícolas del Valle Medio del Río Yaracuy, Venezuela. Presentó los datos de erosión potencial del suelo y las medidas más apropiadas de conservación, al igual que algunas recomendaciones.

Páez y Pla (1989) presentaron varios índices basados principalmente en la estabilidad de los agregados de la superficie del suelo al impacto de las gotas de lluvia, fueron estudiados sobre una gran variedad de suelos de Venezuela.

Páez y Rodríguez (1989) discutieron el uso del factor "CP max" de la USLE para clasificación y capacidad de uso de la tierras. Las tierras con valores mayores a 0,1 se consideran que tiene un bajo riesgo de erosión, y poca o ninguna limitación para la agricultura. Valores menores de 0,01 indican un alto riesgo de erosión y severas restricciones para uso agropecuario.

Páez y Rodríguez (1989)⁽²⁾ estudiaron las pérdidas de suelo bajo el régimen de lluvias naturales en un alfisol y un mollisol en Venezuela. El índice IE_{30}

adecuadamente estimado indica el potencial erosivo de las lluvias. Discuten que tan adecuado es para las condiciones de cultivos y las prácticas de manejo para el control de erosión bajo las condiciones de Venezuela en relación a los factores de la USLE.

Páez y col. (1989)⁽³⁾ presentaron los datos de valores de IE_{30} , en tablas y gráficas para varias localidades de Venezuela, presentaron la interrelaciones entre los valores del EI_{30} y la lluvia, y promedios de pérdida de suelos bajo diferentes sistemas de cultivos.

Rodríguez y col. (1989)⁽²⁾ obtuvieron mediante el uso de un computador personal, un mapa isoerosivas para los Llanos Altos Centrales de Venezuela.

Rodríguez y Páez (1989) estudiaron los efectos de la erosión hídrica sobre suelos con labranza convencional y suelos sin labranza, igualmente compararon tres niveles diferentes de cobertura vegetal en experimentos de campo con simulador de lluvias.

Rodríguez y Rodríguez (1989) describieron e ilustraron la construcción a bajo costo de un simulador de lluvias para ser usado en experimentos de laboratorio y campo.

Solorzano y col. (1989) estimaron los efectos de la erosividad del surco de irrigación en un área semiárida de San Juan de Lagunillas, Venezuela. Aunque la erosión aumentó con la pendiente y la cantidad de irrigación, esto no fue suficientemente significativo.

Tejad y Rodríguez (1989) usaron tres métodos para medir y evaluar la cobertura de residuos en el control de erosión, usando el método de parcelas como referencia, los resultados mostraron que todos los métodos fueron adecuados, aunque se recomiendan el método fotográfico, para las investigaciones propuestas y el método de transectas por su uso práctico (para técnicos y agricultores).

Wall (1989) discutió limitaciones de campo, contrastando diferentes sistemas de producción de la región, por ejemplo los pequeños agricultores de los Andes. Encontró que preparaciones intensivas del terreno tiene efectos negativos en las propiedades físicas del suelo, aumentando la erosión, especialmente en donde se usan implementos y mecanización. Altuve y Davila (1990), realizaron en la cuenca de Nuestra Señora, río Tostos, Edo. Mérida, un análisis regional con criterio integral, para estudiar cambios temporales y variaciones espaciales en las interrelaciones entre el uso de la tierra y el deterioro de la misma.

Arheimer y Linderson (1990) estudiaron el área montañosa de Venezuela severamente afectada por la erosión, con el fin de indicar su capacidad de uso, es este un estudio bastante corto y muy rápido. Pouyllau y col. (1990), estudiaron el piedemonte del bosque seco tropical (150000 ha) en la región sudeste de los Andes de Venezuela. Arheimer y Linderson (1991), presentaron los resultados de investigaciones sobre erosión llevadas a cabo en 4 zonas bioclimáticas de los Andes en Mérida. Describieron el tipo de intensidad de erosión, discuten la vocación y capacidad potencial de la tierra, y sugieren medidas de conservación y control de erosión.

López (1991) analizó de manera general el efecto de la erosión sobre la productividad de los suelos, los mecanismos responsables de la reducción de la productividad, las variaciones en las respuestas en los diferentes tipos de suelo y rendimientos de cultivos, los modelos matemáticos y su aplicabilidad en cuanto al problema Erosión-Productividad.

López (1991)⁽²⁾ analizó algunas consideraciones económicas de importancia en la conservación de los suelos, de manera especial la reducción de pérdidas por erosión.

Perdomo (1991) analizó el tipo e intensidad de erosión en la Sierra Sur (Edo. Mérida), basándose en un método sencillo visual (apreciación óptica).

Encontró dos tipos de erosión hídrica y eólica, que se refleja por la formación de pedestales, surcos y patrones de flujo y cárcavas.

Páez (1992) diseñó un instructivo con información general en el cual se cubren dos grandes aspectos: En primer lugar se definen las principales prácticas de conservación y se ilustra su diseño con la USLE, luego se exponen 13 problemas con situaciones diferentes, en los cuales se ilustra el diseño de las prácticas de conservación, esbozando en algunos de ellos la repercusión económica de la conservación del suelo.

Pérez (1992) estudió la supresión de la capa superficial de 10 terrazas de 4260-4330 m por un período de 4 años, sobre los suelos Typic Cryosaprist y Humic Cryaquept. Las pérdidas por erosión fueron similares con promedios en disminución de las estacas: 6.25 mm/año, clavijas: 6.88 mm/año. Las clavijas mostraron generalmente tasas de pérdidas uniformes, mientras que las estacas indican una mayor variabilidad espacial. La exfoliación de la corteza fue causada por otros procesos, como flujos difusos en la superficie, que pueden crear pequeños surcos o canales superficiales, el pisoteo del ganado, el impacto de la lluvia o en ocasiones del granizo.

Vivas (1992) encontró que para un cultivo de sorgo sobre Alfisoles en el Estado Guarico, la erosión hídrica, afecta significativamente la

productividad del suelo, ya que a medida que aumenta la remoción del **suelo** superficial, se incrementan las pérdidas de agua y nutrientes. Las **coberturas** de residuos vegetales en un nivel del 100% (5 Mg/ha) reducen las **pérdidas** de agua, suelo y nutrimentos en diferentes niveles de remoción del **suelo** superficial. En el agua de escorrentía los nutrientes, fósforo, potasio y calcio fueron los que se perdieron en mayor proporción, en relación a las pérdidas de nitrógeno y magnesio. en los sedimentos las mayores pérdidas corresponden a carbono orgánico, nitrógeno, calcio y magnesio; mientras que las pérdidas de fósforo y potasio fueron menores.

Ataroff y Monasterio (1993) analizaron la erosión en cafetales en Canaguá, Edo. Mérida, encontraron que la magnitud de las pérdidas depende estrechamente de las actividades dentro del cafetal (corte de la vegetación anterior, apertura de huecos para plantar nuevos cafetales, fertilización y deshierbe). Todas las actividades en especial la apertura de huecos determinaron alteraciones en el horizonte superficial del suelo cuyos efectos perduraron varios meses.

Andressen y col. (1994) hizo una propuesta metodológica para el estudio y caracterización espacial y **temporal de la erosión** y su relación con diferentes factores (especialmente los **relacionados** con el clima, el uso de la tierra y la cobertura vegetal, para la **subcuenca** del río Castán.

Carvallo y Pantano (1994) presentaron un modelo potencial de erosión, generado mediante la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, de la subcuenca alta y media del río Tuy, Edo. Miranda.

Cornielles y col. (1994) realizaron en la cuenca andina de el río Boconó (1200 Km²), un estudio cuyo principal objetivo fue determinar el origen y el modo de transporte de material disuelto y particular.

Escobar (1994) determinó el efecto que sobre el escurrimiento y la erosión tienen las coberturas de sabana y bosque bajo y abierto, en condiciones de alta pendiente, en Macapc, Estado Cojedes. Las pérdidas de suelo de la sabana y el bosque bajo y abierto fueron muy similares, con relaciones de pérdida de suelo con respecto al suelo desnudo de 0,12 y 0,09 respectivamente.

HERPA C.A. (1994) describió la utilización de los materiales que se sedimentan a lo largo del río Motatán (Edo. Trujillo) los cuales proporcionan excelentes características aptas para su procesamiento en la industria de la construcción. El material del río se reponía fácilmente hasta el punto de mantener una estabilidad, pero debido al cierre del embalse de Agua Viva en 1993, este ciclo se cortó por cuanto gran parte del material queda depositado aguas arriba.

Manzanilla y Del Cura (1994) identificaron los procesos erosivos concentrados, movimientos en masa y efectos torrenciales que afectan a la cuenca del alto Tocuyo (Edo. Lara). Manzanilla y Del Cura, (1994)⁽¹⁾ realizaron un diagnóstico de los problemas ambientales generados por los procesos de erosión concentrada, movimientos en masa y eventos torrenciales, relacionados con daño a la infraestructura vial de la cuenca alta del río Boconó.

Mogollón y Comerma (1994) describieron de forma general los procesos más comunes de degradación de suelos en Venezuela, enfatizando el problema erosivo, proponen una serie de recomendaciones a nivel general para el manejo y control del suelo y en suma para reducir la erosión.

Ortiz (1994) trabajó en la cárcava "La Barinesa", ubicada entre los ríos Calderas y Santo Domingo del Estado Barinas. Ortiz (1994)⁽¹⁾, adaptó el método matemático Austriaco-Japones en el proyecto de corrección del torrente El Castillo ubicado en la carretera Mérida-Barinas.

Pérez y Ferrer (1994) estudiaron la relación entre las precipitaciones y el flujo de detritus en un ambiente semiárido ubicado en la cuenca media del río Chama. Este tipo de movimientos de masa es altamente erosivo e

Velázquez (1994) comentó que los planes de manejo y de conservación de cuencas deben ser evaluados principalmente en base a sus indicadores de productividad (agroforestal y piscícola, por ejemplo), así como en términos de su producción de sedimentos y de su régimen hídrico (magnitud de las sequías y de las inundaciones).

Velázquez (1994) afirmó que la existencia y operación eficiente (sin interrupciones) de estaciones hidrométricas en cuencas sometidas a planes de conservación es fundamental, el análisis adecuado de los registros de los sedimentos en suspensión en periodos de 10 a 20 años puede determinar las tendencias de deterioro o de recuperación de la cuenca.

Vera y col. (1994) cuantificaron las pérdidas de suelo y escorrentía superficial en una siembra tradicional de maíz y caraota, determinaron la eficiencia del uso de barreras muertas y vivas como práctica de conservación de suelos. Dicho estudio se realizó en la Sierra de San Luis, Hoya de Curimagua, Edo. Falcón. Para el período de ensayo, la erosión de la lluvia fue de 1747,2 Mg/ha. mm x hr y la erosionabilidad del suelo es de 0,00100 Mg/ha. mm x hr, consideradas como moderadamente baja y baja respectivamente, indicando que la alta pendiente y la deficiente cobertura vegetal son los factores determinantes en el progreso erosivo de estos suelos.

Villegas y col. (1994) estimaron las pérdidas de suelo en la subcuenca **La Quebrada**, en el Estado Trujillo, los resultados obtenidos permitieron observar una fuerte degradación de los suelos por efecto de la **erosión hídrica**, estimándose una pérdida de suelo para 1994 de 460 Mg/ha/año.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

1. Estudiar y comparar la erosión de la fracción mineral bajo Bosque Siempre Verde Seco y distintas formas de uso de la tierra en la misma unidad ecológica.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Medir y comparar la erosión de la fracción mineral en: a) un cultivo de manzano (*Malus sylvestris* Miller) en terrazas, b) un cultivo de apio (*Arracacia xanthorhiza* Banc.), c) un potrero dedicado a ganadería extensiva y d) un bosque siempre verde seco (relación entre el uso de la tierra-erosión).

2. Medir y comparar la variación anual de la erosión de la fracción mineral para cada uno de los diferentes tipos de uso y la vegetación natural (Bosque Siempre Verde Seco), teniendo en cuenta: a) el patrón de precipitaciones, b) el escurrimiento c) la erosividad de las lluvias, d) la erosionabilidad del suelo, e) el calendario de actividades agrícolas y f) las prácticas antierosivas.

IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

A. CUENCA DEL RÍO EL VALLE

El área de estudio se encuentra ubicada en la cuenca del río El Valle, cuya población principal es El Cobre, Estado Táchira, Venezuela.

La altitud varía desde el páramo Zumbador 2782 m.s.n.m. hasta el sector de La Quinta a 1150 m.s.n.m.

La zona de muestreo se encuentra ubicada a los 2300 m.s.n.m., el patrón climático corresponde al tetraestacional (bimodal), con dos picos de precipitación uno de abril a mayo y otro de octubre a noviembre. La precipitación anual promedio es de 900 mm y la temperatura promedio mínima oscila alrededor de los 12 °C y una máxima promedio de 18 °C. Es una zona caracterizada por fuertes vientos en determinados meses del año. Posee alta luminosidad con poca presencia de neblina. En cuanto a la humedad relativa esta comprendida entre baja a moderada (Ortiz, 1992).

La microcuenca del río El Valle, presenta un relieve de conos y terrazas, figuran terrazas del tipo T₂, conoterrazas del tipo CT₁ al pie de laderas y en el Valle propiamente dicho figuran conoterrazas CT₂ (Corporación de los Andes, 1988).

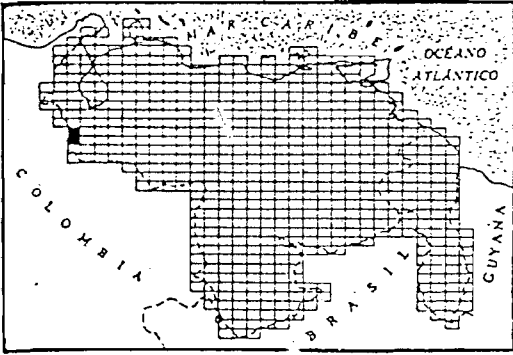
Las formaciones geológicas (Fig 1a) presentes en el área son: Mucuchachí, La Quinta, Sabaneta, Palmarito y Grupo Iglesias (Pietrangeli, 1992). La zona de muestreo se encuentra ubicada sobre las dos formaciones más importantes, desde el punto de vista de extensión (La Quinta y Mucuchachí), las cuales el Ministerio de Minas e Hidrocarburos (1956), describe así:

Formación La Quinta, se designó como una formación del Tríasico superior a Jurásico inferior, compuesta por sedimentos clásticos de origen no marino, en cuyos colores predomina el rojo, se caracteriza por poseer conglomerados cementados, bien redondeados en su Parte inferior, formados por cantos de tamaño variable de color rojo (verdoso), a veces con material tobáceo y mucha biotita, interestratificados con areniscas arcillosas blandas de color rojo ladrillo, en capas espesas; en su Parte media se hallan lutitas rojas (verdosas) y interestratificadas con areniscas conglomeráticas rojas o blancas manchadas de rojo, que desaparecen hacia la parte superior y en la Parte superior, sobre un intervalo cubierto se encuentran areniscas rojas blandas con estratificación cruzada, interestratificadas hacia el tope, en "una angosta zona transicional", con areniscas conglomeráticas, cuarzosas de grano grueso, de color blanco manchado de rojo y moteadas.

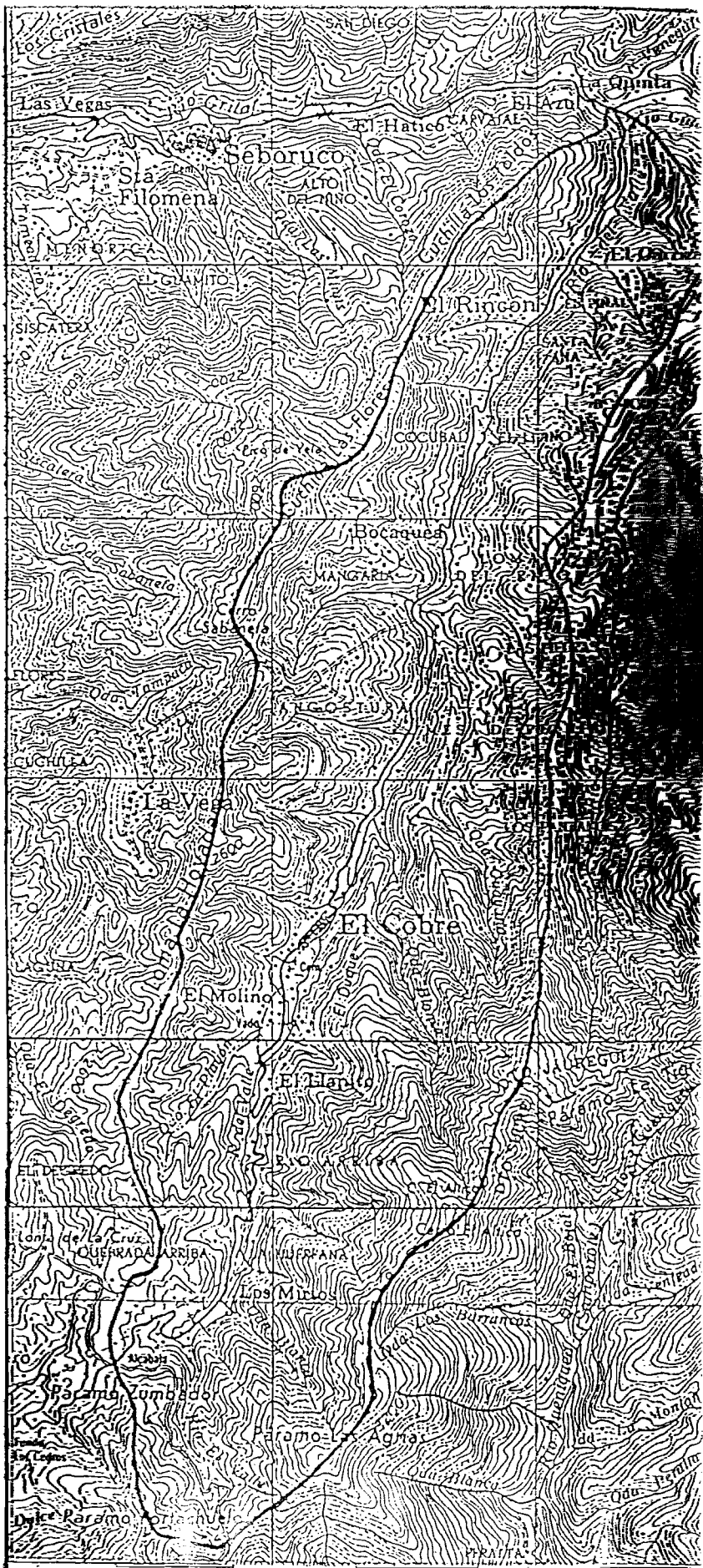
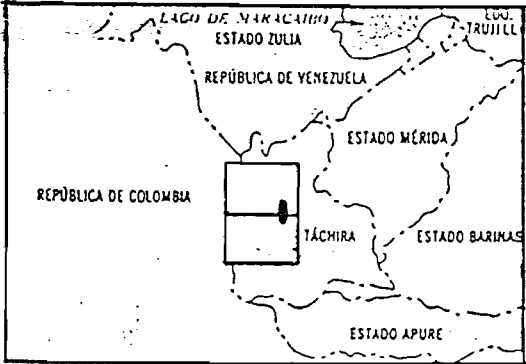
Formación Mucuchachí, es esta formación más antigua que la Quinta, el conjunto faunal indica una edad Carbonífero Superior Pérmico Inferior, infrayace localmente en forma discordante angular con ella. En su descripción litológica se citan pizarras laminadas y pizarras limosas ~~carbónizas~~ de color negro a gris verdoso; así mismo areniscas y conglomerados entre estos, pizarras de color más claro, también se encuentran algunas calizas. Filitas de color gris oscuro a negro, en general con un brillo sedoso, cuarzo sericitica y materia gratificadas como componentes principales: Clorita, epidoto feldespató; pirita y calcita como componentes menores.

La vegetación presente en las inmediaciones de El Cobre, corresponde según Holdrige al Bosque Seco Montano Bajo (bsMB), igualmente corresponde a un Bosque Siempre Verde Seco teniendo en cuenta la altitud y precipitación (Sarmiento y col., 1971, Monasterio y Celecia, 1991), el bosque siempre verde seco según Sarmiento y col. (1971), se encuentra generalmente sobre las formaciones geológicas de La Quinta y Mucuchachí, caracterizadas por presentar drenaje rápido y escurrimiento intenso, no es posible describir un tipo de vegetación primitiva por la intensa intervención humana, el tipo menos intervenido es un bosque bajo con una estratificación superior variable en altura, ya que puede alcanzar hasta 20 m y de 8 a 12 m o menos en las laderas, denso aunque no hay un dosel cerrado, árboles de

SITUACIÓN RELATIVA NACIONAL -



SITUACIÓN RELATIVA REGIONAL



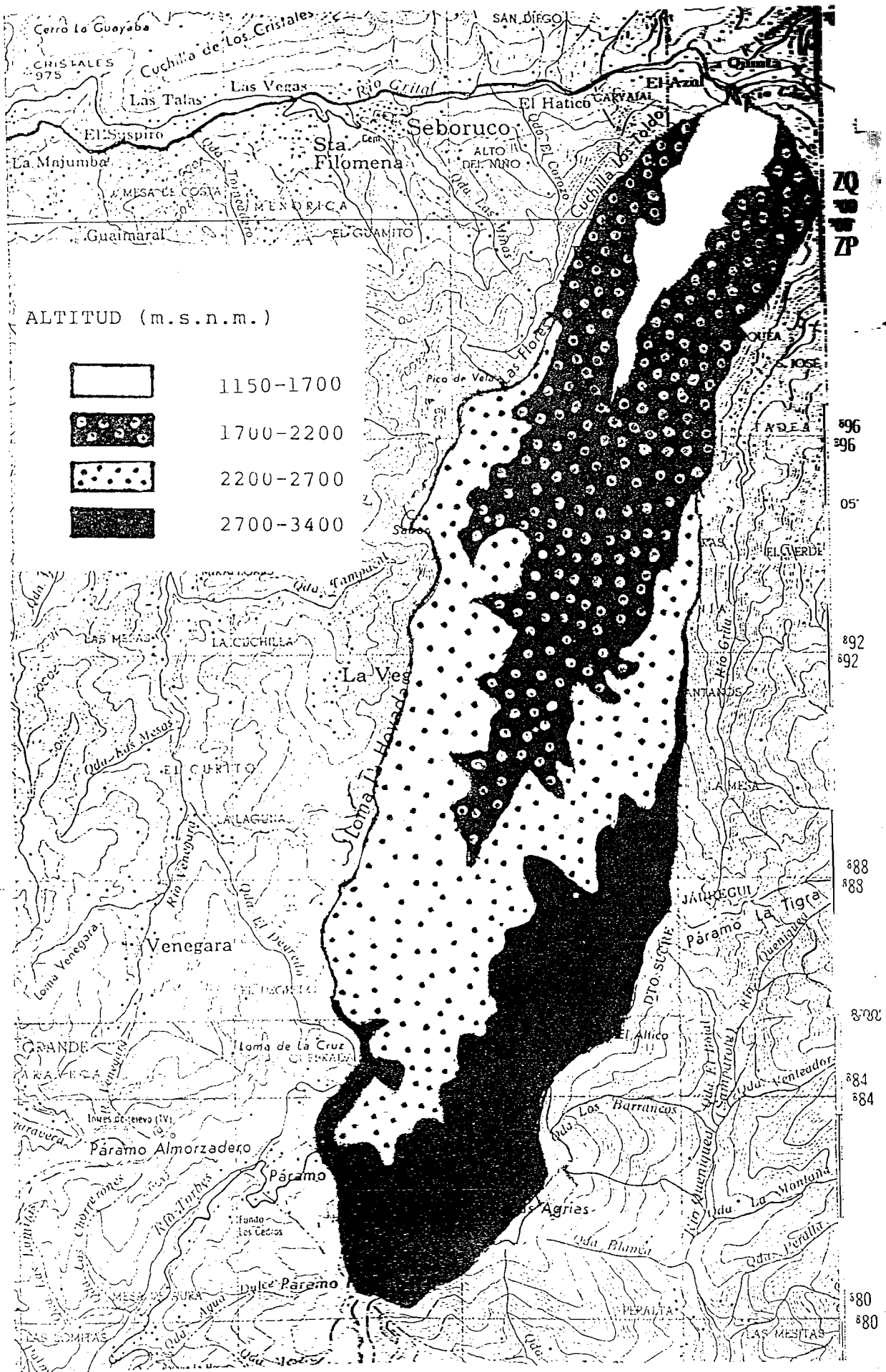
1605'

124

164

128

163



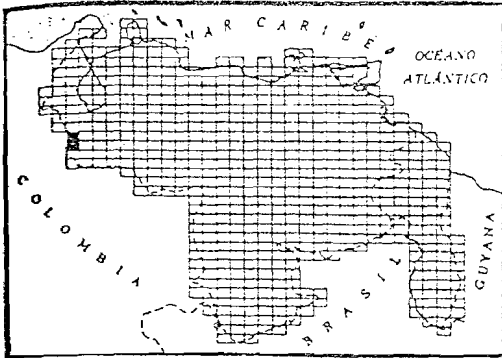
1b. Sectorización por zonas altitudinales de la microcuenca del río El

tronco delgado, con ramificaciones bajas, hojas simples, **coriáceas**, siempreverdes.

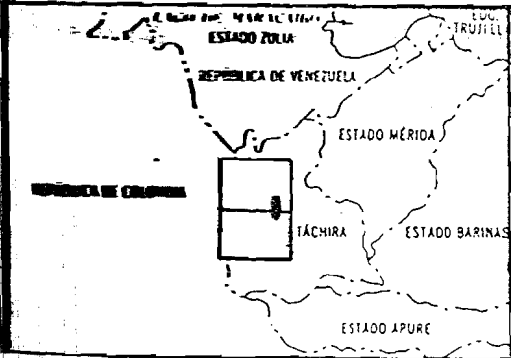
Algunos especies comunes son: *Psidium caudatum*, *Podocarpus oleifolius*, *Podocarpus pendulifolius*, *Ternstroemia steyermarkii*, *Vallea stipularis*, *Symplocos rigidissima*, *Rapanea ferruginea*, *Rapanea gulanensis*, *Ficus maitin*, *Myrcia acuminata*, *Adenaria floribunda*, *Pronus myrtifolia*, *Viburnum tinoides*, *Weinmania jahnii*, *Weinmania glabra*, y *Aniba gigantifolia* entre otras. El estrato herbáceo es escaso, compuesto fundamentalmente por helechos como *Anemia*, *Elaphoglossum*, *Selaginella* y algunas gramíneas, ocasionalmente se presenta *Befaria glauca* (Sarmiento y col., 1971).






Como consecuencia de la degradación de este bosque aparece un arbustal cuyas características son las siguientes: un estrato superior de 2 a 4 m. de altura, poco denso compuesto por: *Psidium caudatum*, *Clusia rosea*, *Weinmannia jahnii*, *Vismia baccidera* spp. *dealbata*, *Piper aduncum*, *Rapanea ferruginea*, etc. El estrato medio tiene 1 a 2 m. de altura, denso compuesto por *Baccharis trinervis*, *Befaria glauca*, *Miconia* spp. *Pteridium aquilino*, y algunos elementos del estrato superior. Por último el estrato bajo es poco denso, menor de 1 m., compuesto por *Andropogon*, *Rynchelytrum*, *Sporobolus*, *Epidendrum*, *Mabenaria*, *Borreria* y *Cuphea carthagenensis*.

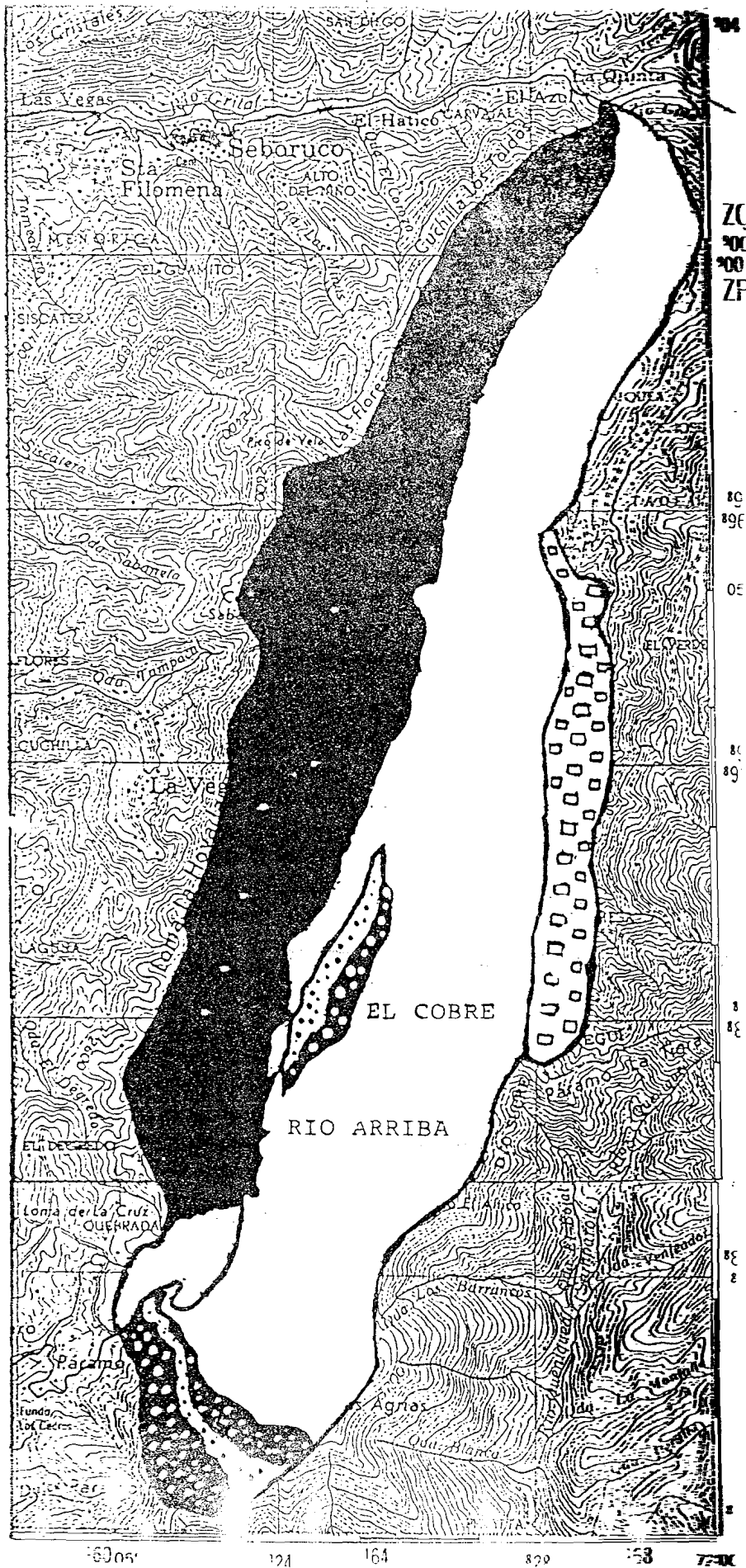
SITUACIÓN RELATIVA NACIONAL



SITUACIÓN RELATIVA REGIONAL



-  MUCUCHACHI
-  LA QUINTA
-  SABANETA
-  PALMARITO
-  GRUPO IGLESIA



Este arbustal es frecuente en áreas de uso no muy intenso (Sarmiento y col., 1971). El uso de la tierra en esta unidad ha sido intensivo y muy antiguo, la vegetación natural fue reemplazada por un tipo de agricultura de secano, intensificada con riego, se cultivaba trigo, actualmente papa y hortalizas, existen pasturas usadas para ganadería extensiva.

En la zona de estudio se tomaron dos sitios de muestreo: Las fincas "La Mesa del Palmar" y "El Paraíso", ubicadas en El Cobre, parroquia Vargas, Municipio Jáuregui, sus coordenadas centrales son aproximadamente 72° 3'45" longitud oeste y 8° 00'15" latitud norte, con una altitud de 2250 m.s.n.m. (Fig. 1a-b).

B. DESCRIPCIÓN DE LA FINCA "EL PARAÍSO"

Se encuentra ubicada sobre materiales de la formación La Quinta, caracterizada por presentar conglomerados, areniscas y lutitas de color rojo (verdoso) oscuro (Pietrangeli, 1992). En esta finca se encuentran zonas con Bosque de galería, pastos con ganadería extensiva y cultivos de hortalizas (Tabla 1).

La zona denominada **B**, según Ataroff (1993) com. pers. corresponde a un Bosque Siempre Verde Seco (B.S.V.S). Las parcelas de erosión se

instalaron en un Bosque secundario, con una pendiente proximada de 74.6%, el cual es usado eventualmente como sitio de pastoreo para caballos.

La zona de muestreo denominada C se caracteriza por la aplicación de laboreo al suelo, denominado por Vega y col. (1992) Labranza Convencional, donde se utiliza arado tirado por bueyes, rastras y aperós mecánicos para remover el suelo antes de la siembra. Las parcelas de erosión fueron ubicadas, en un sitio con pendiente de 76%, dentro de un cultivo de *Arracacia xanthorrhiza* Bancr. (apio), esta umbelliferae, es una hierba robusta, perenne, con raíces carnosas, gruesas, comestibles, de color amarillo claro. Hojas pinatisectas. Flores pequeñas, amarillentas. Pétalos anchos, con ápice acuminado y encorvado. Fruto ovalado-oblongo, más o menos atenuado en el ápice, comprimido lateralmente (Schne, 1984). El cultivo fue plantado el 18 de noviembre de 1993, la preparación del terreno se hizo mediante tres pases de arado con yuntas de bueyes, la propagación es asexual, la siembra se realiza dejando de 0,50 a 0,80 m entre plantas y 0,80 a 1 m entre hileras, al cultivo se le ha dado el manejo tradicional, normalmente el cultivo no se fertiliza (en caso contrario, se aplica abono en la siembra y luego a los tres meses), las principales malezas que atacan al rubro son: *Solanum nigryum* (hierba mora), *Trifolium repens* (trebol) y *Medicago hispida* (cadillo de vaca), para su control son utilizados algunos productos químicos (afalón, polisim, lezone, secon) o el tradicional

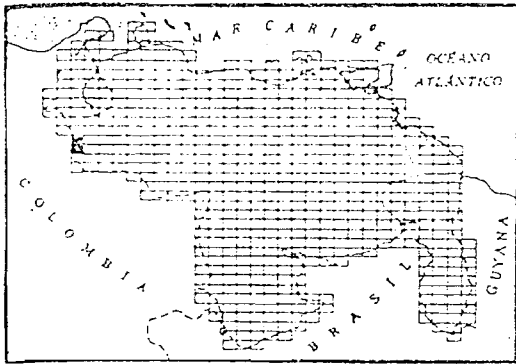
deshierbe; la plaga que normalmente perjudica en mayor grado al cultivo de apio es la de los ácaros del género *Acarina*, los cuales raspan, muerden y perforan, dañando el producto; finalmente, la cosecha se realiza generalmente después de los diez meses de la siembra.

La zona designada como *P*, corresponde a un pastizal de *Pennisetum clandestinum* *H.*, con una pendiente aproximada de 52%, donde eventualmente pasta ganado vacuno.

En cuanto a la erosión propiamente dicha, Coiran y col. (1989), comentan que cubre áreas significativas, existe erosión moderada a fuerte la cual predomina en conos de deyección con cobertura de pastos; tipo de erosión causada generalmente por sobrepastoreo, agravándose a medida que aumenta la pendiente. La erosión muy fuerte corresponde a terrenos cultivados sobre formación La Quinta con cobertura de rastrojo, en suelos sobre lutitas y calizas de la formación Apón.

Los suelos de la región se diferencian en forma práctica, por el tipo de material parental y su susceptibilidad a la erosión; en este sentido se encuentra que los suelos más frágiles son los desarrollados sobre formaciones geológicas de La Quinta y Sabaneta, los procesos erosivos se presentan con diversa intensidad, desde erosión laminar y surcos menores

SITUACIÓN RELATIVA NACIONAL



SITUACIÓN RELATIVA REGIONAL

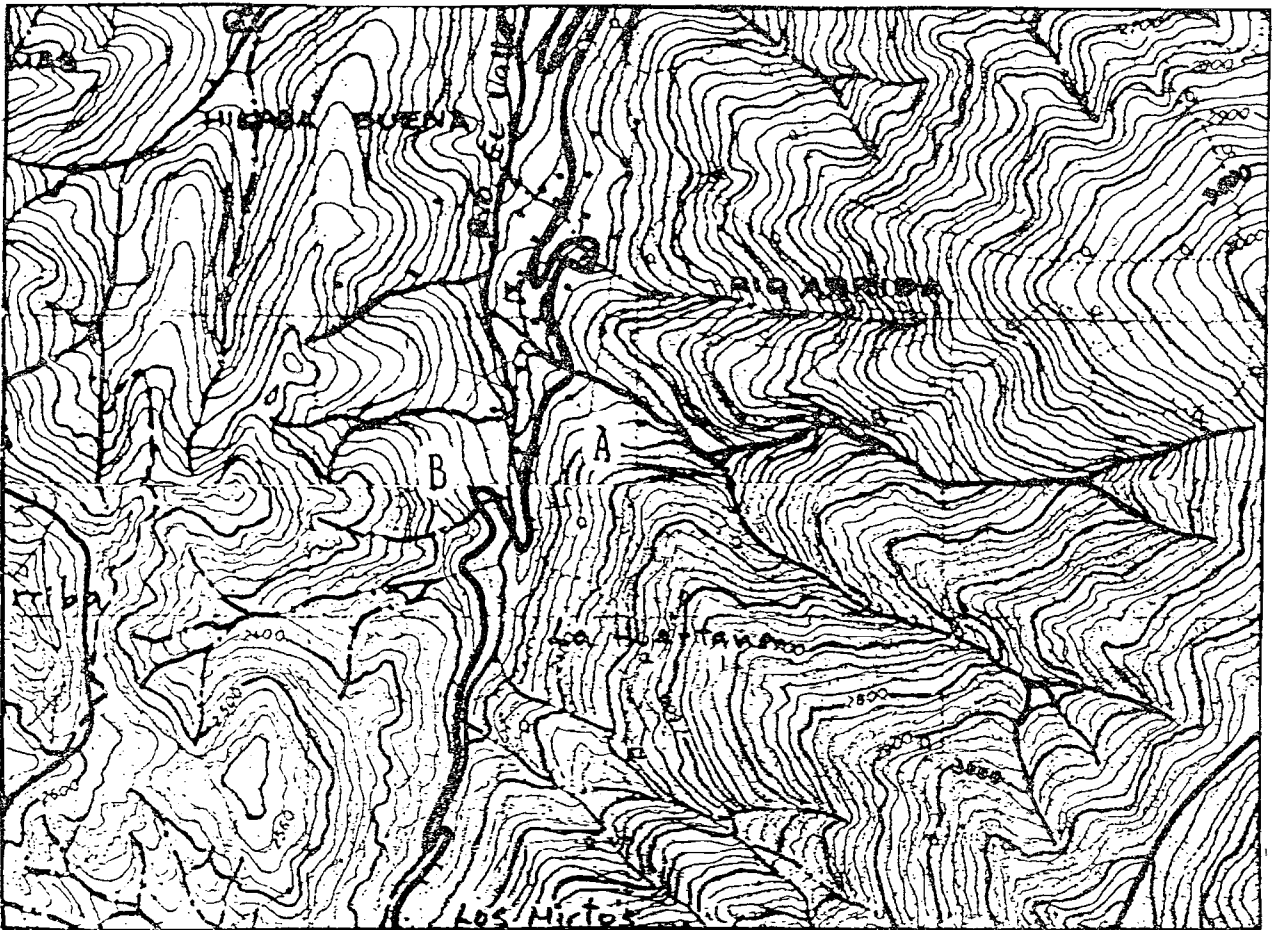
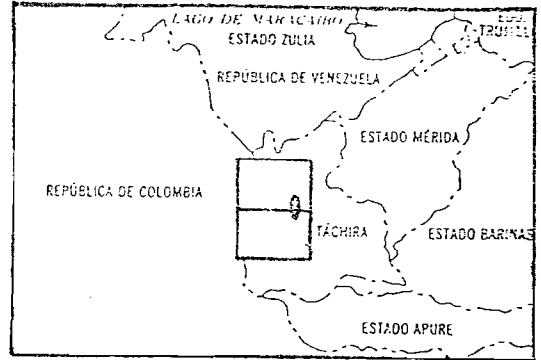


Fig. 16. Situación relativa y localización del área de estudio (escala 1:50 000).

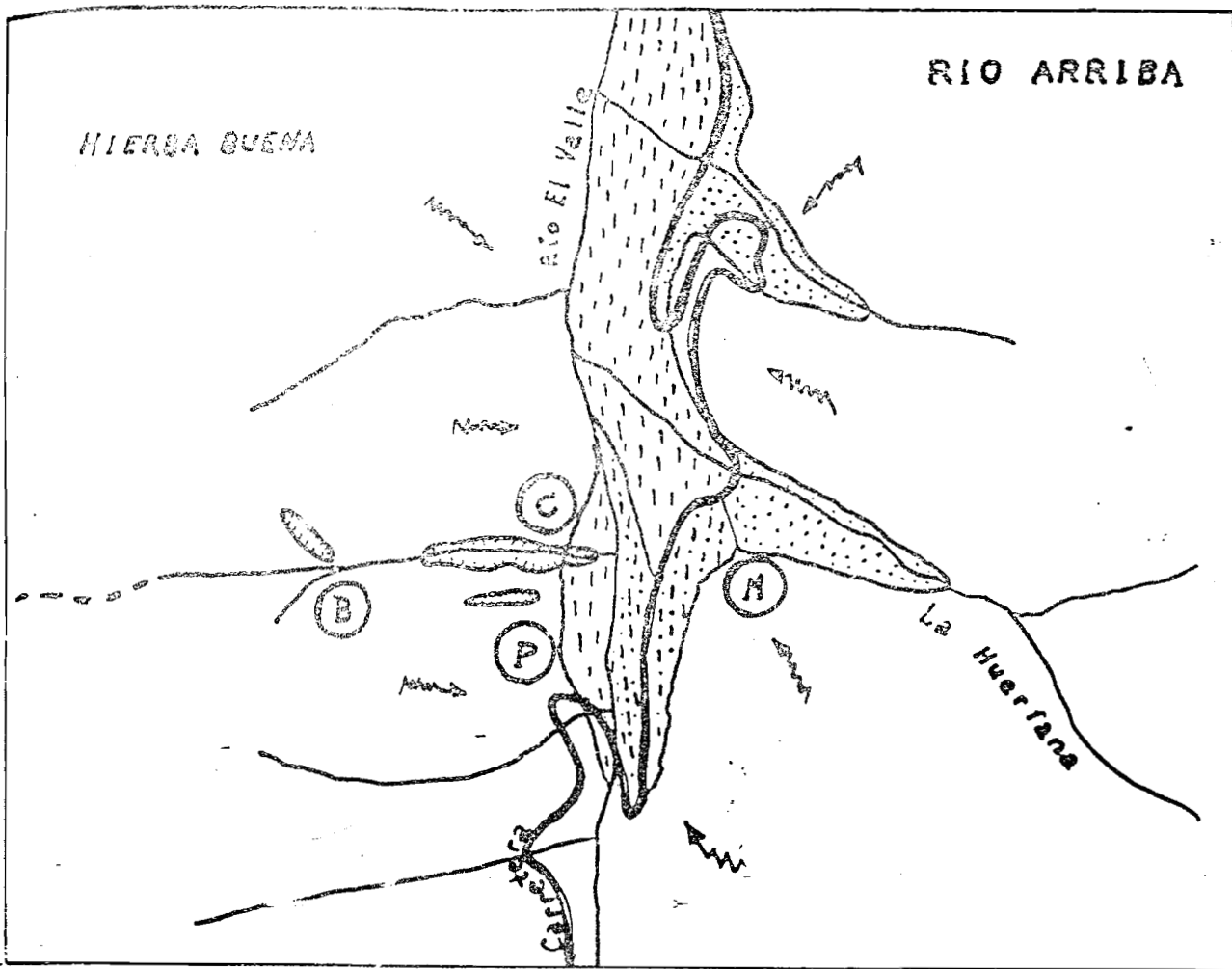
A. Finca "La Cabaña El Palmar"

B. Finca "El Paraíso"

hasta grandes cárcavas y movimientos en masa de terreno. Los problemas de erosión más resaltantes se encuentran en la cuenca del río Torbes, Barrancos de Minas y El Playón (Coiran y col, 1989).

La región fue antiguamente zona triguera, pero a partir de la década del 50 la utilización del suelo, experimentó importantes modificaciones, con la introducción de actividades agropecuarias como el cultivo de hortalizas, intensificación del cultivo de papa, implantación del cultivo de flores y el desarrollo anárquico de actividades agropecuarias en laderas que ocasionan graves procesos erosivos, producto del manejo irracional de los suelos, principalmente por la utilización de los cultivos limpios y la ganadería intensiva (Coiran y col., 1989).

La población rural somete el suelo constantemente a la tala y quema, así como a la práctica de rozas, en áreas donde debido a las fuertes pendientes existe gran susceptibilidad para la erosión, el agricultor de la zona desconoce las medidas a tener en cuenta para tomar las precauciones necesarias, o conociéndolas, piensa solamente en las ganancias que el suelo le puede aportar a través de prácticas como monocultivo o pastoreo excesivo (Coiran y col., 1989).



CONVENCIONES

	Falla probable
	Escurrimiento difuso
	Cárcavas
	Conoterrazas
	Primer nivel de terrazas
	Segundo nivel de terrazas
	Afloramiento rocoso

Fig. 1e. Mapa geomorfológico del área de estudio (escala 1:25000), ubicación de los sitios de muestreo:

B = Bosque siempre verde seco.

C = Cultivo de apio (*Arracacia xanthorhyza* Banc.).

P = Potrero.

T = Cultivo de manzano (*Malus sylvestris* Miller) en terrazas.

De la historia particular de esta finca se conoce, que durante el periodo de 1940 a 1980, permaneció en sucesión lo cual determinó, que el terreno se encontrase en barbecho, durante estos 40 años, para luego de 1980 a 1988 comienza un ciclo productivo, con papa y repollo como principales rubros, después de terminado el juicio de sucesión (1998), la finca comienza a laborar de manera más intensiva, hasta el momento lleva 10 años en producción agrícola hortícola principalmente.

Historia esquemática de la finca "El Paraíso":

Rubro	Barbecho	<i>Papa-repollo</i>	<i>Papa-repollo</i>	<i>Zanahoria</i> <i>Coliflor</i>
Años	1940	1980	1988	1995

C. DESCRIPCIÓN DE LA FINCA "LA MESA DEL PALMAR"

Está ubicada en un sector de afloramiento de, la formación Mucuchachí, que es una unidad geológica donde se encuentran secuencias de pizarras laminadas y limosas de colores negro a gris verdoso, carbonosas, con buen clivaje, se pueden intercalar delgadas franjas de areniscas impuras, de color algo más claro y areniscas finamente conglomeráticas (Pietrangeli, 1992).

Los suelos se caracterizan por presentar una textura entre franco-arcillosa y franco-arenosa, el contenido de materia orgánica es moderado alrededor de

3%, el contenido de fósforo es bajo, el pH se encuentra entre 5.8 a 6.5, el suelo es bastante pedregoso, presenta buena cantidad de cascajos, las condiciones de drenaje y aireación son buenas (Ortiz, 1992).

En esta finca existen zonas cultivadas con árboles frutales (Manzano, Melocotón, Durazno entre otros), con prácticas antierosivas que consisten en una modificación del método tradicional de terrazas y bancales.

En la finca "La Mesa del Palmar" se ubica el sitio de muestreo *T*, desde 1992, existe un cultivo de manzano (*Malus sylvestris* Miller), sobre terrazas de banco, con una densidad de siembra alta (dos metros entre plantas). Además del terraceo se utiliza *Phalaris tuberosa* como especie vegetal para construcción, a manera de barrera viva (Fig. 2). Posee sistema de riego; las pendientes originales oscilan entre 50 a 86%.

Se presenta a continuación de forma resumida la historia de la finca "La Mesa del Palmar":

Rubro	Papa	Papa-ajo	Clavel-crisantemo	Manzana	Fresa	Manzana	Ajo
Años	1975	1977	1980	1987	1992	1995	

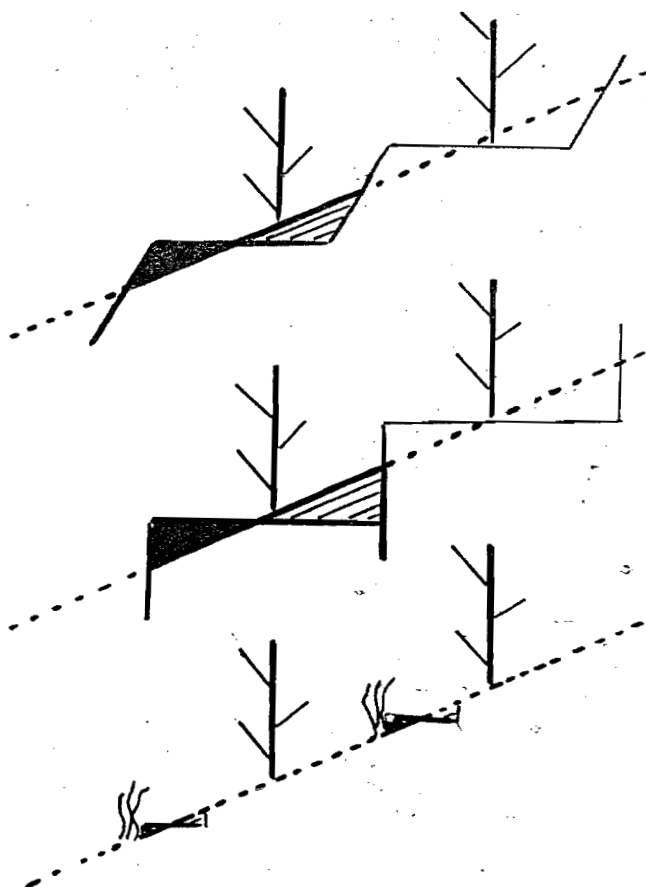


Fig. 2. Diseño de terrazas finca " La Mesa del Palmar "

- Gradiente de pendiente
- ↓ Arbol frutal
- ▨ Banque
- Relleno

V. METODOLOGÍA

En febrero de 1994, se instalaron tres parcelas de erosión (Fig. 3) en cada uno de los cuatro sitios diferentes de la cuenca del río El Valle (Tabla 1). En los sitios identificados como *B*, *C*, y *P* las dimensiones de las parcelas fueron de 3 m de ancho por 6 m de largo. En el sitio *T* debido al terraceo existente se establecieron parcelas de 3 m de ancho por 3.50 de largo (localizadas sobre un nivel de terraza, donde encontramos tanto la barrera viva como los árboles de manzano). En total se instalaron 12 parcelas.

Se colocaron 30 pluviómetros distribuidos al azar en los sitios *B*, *C* y *T*, contruidos con un envase plástico de 3.5 litros de capacidad, a los cuales se les adaptó un embudo (Fig.4a), se instalaron 10 pluviómetros tipo "canal" (Fig. 4b), para las parcelas instaladas en el potrero, con los cuales se estimó la precipitación efectiva y un pluviógrafo de registro continuo (DataLogger LICOR LI-1000), para medir precipitación total cada 15 minutos y calcular índices de erosividad.

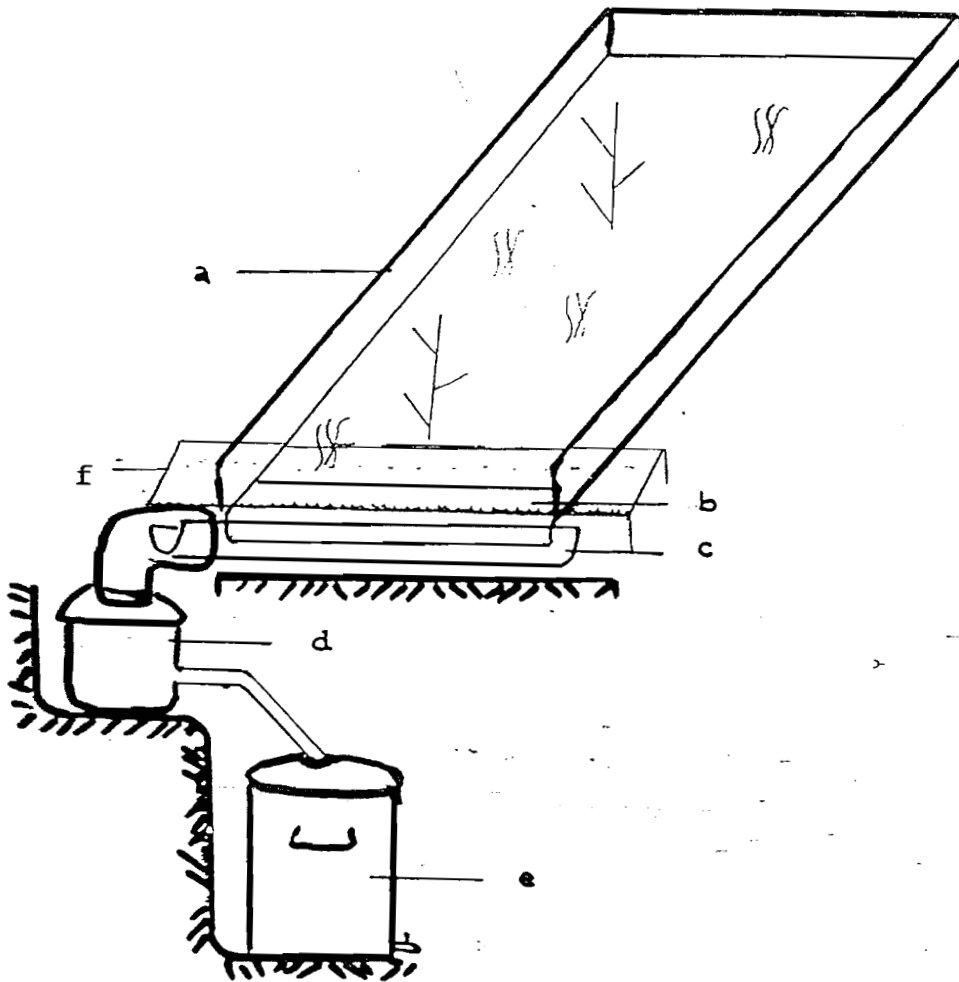


Fig. 3 Esquema de las parcelas de erosión (tomado de Ataroff, 1991).

- a) bordes de acerolit
- b) plástico de deslizamiento
- c) canal
- d) trampa de sedimento
- e) tanque de deposito
- f) tapa

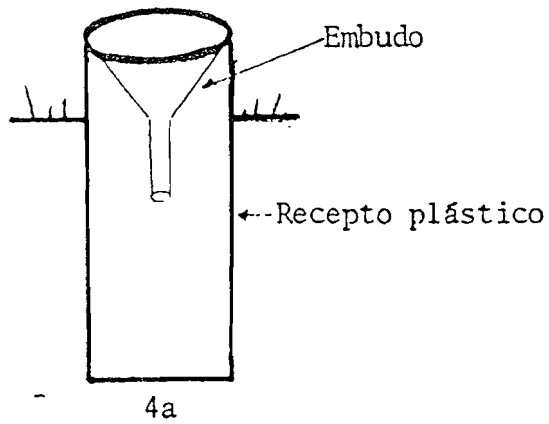


Fig. 4a. Esquema de pluviómetros instalados en las parcelas ubicadas en bosque y cultivos.

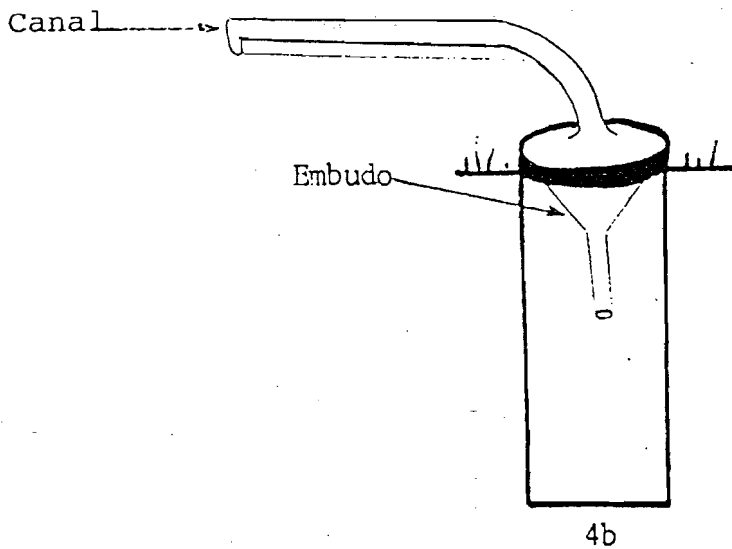


Fig. 4b. Esquema de pluviómetros instalados en las parcelas ubicadas en el potrero.

TABLA 1. Características de cada una de las unidades estudiadas.

SITIO	SITIO DE MUESTREO	TIPO DE INTERVENCIÓN
<i>B</i>	Ecosistema Natural, Bosque (B.S.V.S).	Pastoreo ocasional
<i>C</i>	Cultivo de ciclo largo (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)	Agrícola
<i>P</i>	Potrero para pastoreo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	Ganadería
<i>T</i>	Cultivo perenne (<i>Malus sylvestris</i>)	Agrícola con Terrazas de banco.

Semanalmente se tomaron la siguientes medidas:

A. EROSIÓN Y ESCORRENTIA

1. Volumen de agua drenada superficialmente (escorrentía).

Se han colectado muestras del agua de escorrentía en cada una de las parcelas para posterior análisis químico.

2. Cantidad de fracción mineral del suelo arrastrada fuera del sistema y retenida por la trampa o colector de sedimentos:

Para la determinación de sedimentos muy finos arrastrados por el agua se tomaron muestras de agua del tanque de sedimentación, previa homogeneización, la cantidad de sedimento se calculó en base a peso seco.

Se separó la fracción mineral en gruesa y fina (gruesa >4mm, fina <4mm), se llevó a la estufa para su secado y posterior pesada. Se considera fracción fina total a la suma de la fracción mineral < 4 mm más la estimación de sedimentos arrastrados por el agua de escorrentía.

B. PRECIPITACIÓN

1. Precipitación efectiva, mediante pluviómetros, se tomaron registros semanales.
2. Precipitación total mediante un pluviógrafo, se registró cada 15 minutos la precipitación.
3. Mediante la información obtenida con el pluviógrafo, se calculó el índice de erosividad de las lluvias R (EI_{30}) diseñado por Wischmeier & Smith (1960), que consiste en los siguientes cálculos:

$$R = EI_{30}, \text{ si } a > 1.00 \text{ cm, si es menor } R = 0.$$

a: Total de precipitación para el evento (sumatoria de todas las N^i).

Donde;

El tiempo se midió en intervalos uniformes (cada 15 minutos).

- N' : Total de lluvia en el intervalo (en mm).
 I' : Intensidad de la lluvia en el intervalo, medida en mm por hora.
 Y' : Energía de un centímetro de lluvia en el intervalo:
 $Y' = 206 + 87 \log I'$ (en $Mj m^{-2} mm^{-1}$).
 E' : Energía de la lluvia en el intervalo:
 $E' = N' Y'$ (en $Mj m^{-2}$).
 I_{30} : Máxima intensidad de la lluvia en 30 minutos, para todo el evento, medida en mm por hora.
 E : Energía del evento: $E = \text{suma de todas las } E'$ ($Mj m^{-2}$).

Se calculó este índice EI_{30} , para cada período de muestreo.

C) ESTIMACION DE LA COBERTURA VEGETAL Y HOJARASCA

La cobertura vegetal se estimó, para los sitios donde la vegetación lo permitía mediante cuadrados de $0.25 m^2$ colocados al azar sobre el terreno, la cobertura se estimó visualmente. Para el bosque, la técnica usada consistió en tomar fotografías colocando la cámara fotográfica en puntos fijos a 15 cm del nivel del suelo, se probaron diferentes distancias focales y aberturas de diafragma, luego mediante las fotografías se estimó la cobertura, recortando los sitios con vegetación y posteriormente se pesó el papel, y mediante un calculo sencillo (regla de tres) se encontró el área cubierta por la vegetación.

Se estimó la cantidad de hojarasca existente en cada uno de los sitios de muestreo mediante la recolección de toda la hojarasca existente en $0.25, m^2$, colectándose 10 réplicas por sitio de muestreo, el material obtenido, se llevó al laboratorio, para secarlo y posteriormente pesarlo.

La cantidad de hojarasca que pierde el sistema, colectada en las parcelas de erosión, se llevo a la estufa para secarla y posteriormente pesarla.

D) CARACTERIZACION EDAFICA

En cada sitio de muestreo se tomaron muestras de suelo, el diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar (Siegel, 1989), las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, en donde se realizaron las siguientes pruebas, según la metodología descrita por Olarte y col., 1979:

-Textura.-Materia orgánica: Según la metodología de Walkley Black.

-pH: En agua 1:1.

-Conductividad eléctrica: En extracto 1:2.

-Análisis químico para K, Ca y Mg: Mediante extracción con acetato de amonio, determinado por absorción atómica.

cm. Es así como al azar se colocaron tres cilindros con una separación aproximada de 20 m entre ellos, los cilindros fueron enterrados dejando un borde libre de unos 20-25 cm aproximadamente, tratando de disturbar lo menos posible el suelo y procurando que el cilindro quedase nivelado; luego alrededor de este se realizó una zanja a unos 10 cm de distancia de su pared exterior con la finalidad de albergar agua para evitar la infiltración lateral del cilindro, esta se mantuvo con agua durante toda la prueba, una vez enterrados los cilindros se les colocó una carga de agua entre 5 y 10 cm, anotándose la altura de la misma dentro del cilindro, y el tiempo transcurrido a diferentes intervalos. Para la lectura de la lámina de agua infiltrada a través del tiempo, se usó un medidor de gancho. Para la determinación del tiempo de duración de las evaluaciones se hicieron ensayos iniciales.

Se agregó agua a una altura de 15-20 cm, colocando un plástico sobre el suelo en el fondo del cilindro con la finalidad de que el agua agregada no altere la estructura del suelo, inmediatamente se tomó la primera lectura y después de esta se dejó un intervalo de 2-5 minutos para la siguiente, los períodos se fueron alargando en la medida que avanzaba la prueba; en todas las pruebas la duración fue de **240 min**. Los valores de infiltración se graficaron en escala logarítmica, utilizando el computador, en donde se determinó la pendiente y el **intercepto** de la recta, para obtener la ecuación

de Infiltración (I), de Infiltración Acumulada (I_{cum}) y de Infiltración Básica (I_b). Estas ecuaciones están representadas y definidas por los siguientes parámetros:

$$I_{cum} = \frac{a}{b+1} (t)^{b+1}$$

Donde:

$$I_{cum} = cm.$$

$a / b+1$ = *punto de intersección de la recta con el eje de las ordenadas (y).*

$$t = \text{tiempo en minutos.}$$

$$b+1 = \text{pendiente de la recta.}$$

$$I = 60 a (t)^b$$

Donde:

$$Y. = cm / min.$$

$$a = \text{despeje de } a / b+1.$$

$$b = \text{despeje de } b+1.$$

$$I_b = 60 a (t_b)^b$$

Donde: I_b = *cm / min.*

t_b = *tiempo básico (- 600 b).*

Es de señalar que si bien esta metodología de evaluación de la tasa de infiltración del agua en el suelo, no es la más apropiada por no simular el proceso, particularmente tal como ocurre en los suelos con vegetación permanente, sin embargo, como información preliminar, conjuntamente con otras características del suelo evaluadas permite hacer algunas inferencias acerca de la erosionabilidad de los suelos estudiados y hacer comparaciones entre los mismos.

2. Densidad aparente

Se utilizó la metodología llamada de “excavación” o de “hoyo”, Pla (1977), esta se realizó con tres repeticiones en cada área de muestreo; para ello se procedió a limpiar el terreno removiendo la menor cantidad posible de suelo en el campo donde se hizo la determinación. Luego con un palín se realizó un hoyo de unos 20 cm de lado y 20 cm de profundidad, todo el suelo fue recogido en una bolsa, para ser posteriormente pesado y así determinar su humedad; luego se colocó un plástico delgado en el hoyo procurando que se adaptase bien a la forma interna del mismo, se realizó la medición del

volumen, mediante un cilindro graduado se agregó agua sobre el **plástico**, hasta que se llenó completamente el hoyo y posteriormente se **anotó el** volumen añadido. En base a los datos obtenidos se calculó la **densidad**, teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$D_a = P_{ss} / V_{\text{agua}}$$

Donde:

D_a = densidad aparente en g/cm^3 .

P_{ss} = peso del suelo seco en gramos.

V_{agua} = volumen de agua utilizada en cm^3 .

3. Estabilidad de agregados al agua

Se analizó mediante la metodología de Yoder (1936) modificada, cuyas especificaciones aparecen en el manual 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (1970). En esta experiencia el procedimiento fue el siguiente: Se tomó la muestra en el campo con un palín evitando en lo posible su compactación y fragmentación. Se hizo pasar dicha muestra por un tamiz de 6,30 mm, se recogió en otro 4,76 mm en el material a analizar en el laboratorio, se **cuantificó** el paso de la muestra en el campo total para relacionarla con la **fracción** analizada. La determinación se llevó

a cabo en submuestras (agregados entre 6,30- 4,76 mm) de 50 g, determinando por separado su contenido de humedad a 105°C. Por otra parte se armó una torre de cinco tamices de la siguiente abertura de malla: 6,30 mm, 4,76 mm, 3,36 mm, 2,00 mm, 1,00 mm, y 0,50mm, siguiendo de arriba abajo ese mismo ordenamiento. La muestra de 50 g se distribuyó sobre el tamiz superior y se humedeció por aspersion muy fina hasta saturación, para luego ser sometida a agitación en un aparato especialmente diseñado para tal fin. El tiempo de agitación fue de 30 minutos con el ciclo de 3,2 cm a una frecuencia de 32 ciclos por minutos, ajustando el mecanismo de modo que el borde del tamiz superior quedara a ras del agua cuando se encontraba en la parte superior de su movimiento.

Terminado el proceso la cantidad de suelo retenida por cada tamiz fue secada a 85°C y pesada, correspondiendo esto al peso de agregados y de partículas primarias. Para determinar cuanto de lo retenido eran agregados y cuantas gravas y arenas, el suelo secado proveniente de cada uno de los cinco tamices se sometió a agitación y dispersión, en frascos teteros, y lavados a través del tamiz correspondiente. El residuo constituido por partículas primarias se secó a 105°C se peso y con dicho valor se recogió la primera pesada obteniéndose así el peso real de los agregados estables del agua. El peso seco de agregados correspondiente a cada tamiz se expresó como el porcentaje del total de la muestra analizada, para el cálculo de las

medidas geométricas según la fórmula de Mazurak (1950) cit. por López (1978), que corresponde con los valores que se presentan para pruebas de estabilidad.

4. Humedad de muestreo

La evaluación de cada una de las variables antes mencionadas se realizó, simultáneamente, con un muestreo para la determinación del contenido de humedad, en base a peso de suelo seco, de las muestras analizadas.

E) PRACTICAS CULTURALES

Se realizó un seguimiento de las prácticas de manejo en cada caso, así como recomiendan Stephen y col. (1986) y Fletcher (1986).

F) PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se realizó un análisis gráfico que permitió relacionar la pérdida de suelo por erosión con el escurrimiento, curvas de precipitación (tanto efectiva como total), erosividad de las lluvias, características edáficas y erosionabilidad, actividades antrópicas realizadas, en cada uno de los sitios de muestreo.

Se realizó una matriz de correlación para determinar el tipo de **relación que** se podría establecer entre las diferentes variables estudiadas.

Se realizaron las siguientes pruebas no paramétricas:

Un análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskal-Wallis (Siegel, 1988), para determinar si existían diferencias significativas entre cada una de las réplicas y entre cada uno de los sitios de muestreo.

Para determinar específicamente cuales son las réplicas diferentes, se aplicó la prueba \bar{U} de Mann-Whitney.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. CARACTERÍSTICAS DE LAS PRECIPITACIONES

El patrón climático de la zona corresponde al tetraestacional, con un pico de abril a mayo y otro de octubre a noviembre. La precipitación anual promedio es de 900 mm y la temperatura promedio mínima oscila alrededor de los 12°C y una máxima promedio de 18°C. Durante 1994 el promedio de temperatura registrada para los meses estudiados (Mayo 1994-Abril 1995) fue de 15,86°C, y la precipitación promedio fue de 1217 mm.

1.1. Precipitación total:

La Tabla 2 y la Fig. 5a muestran valores de precipitación total para la zona, cabe destacar que los valores existentes desde 1948 hasta 1980 corresponden a los registros de la estación metereológica ubicada en Angostura, El Cobre, (Tipo C3, Serial 8044) con una media de 855 mm para esos 32 años, los datos para 1991-1995 corresponden a la estación metereológica (DataLogger LICOR LI-1000) ubicada en la finca "La

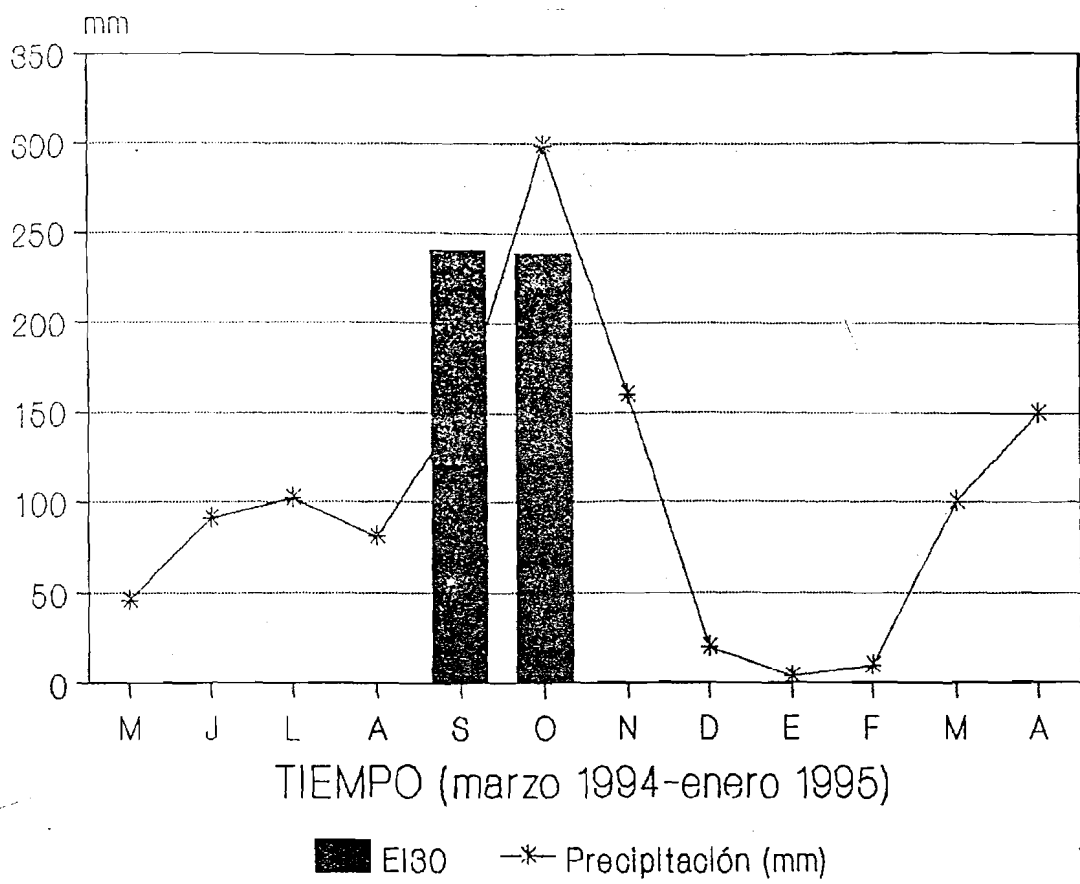
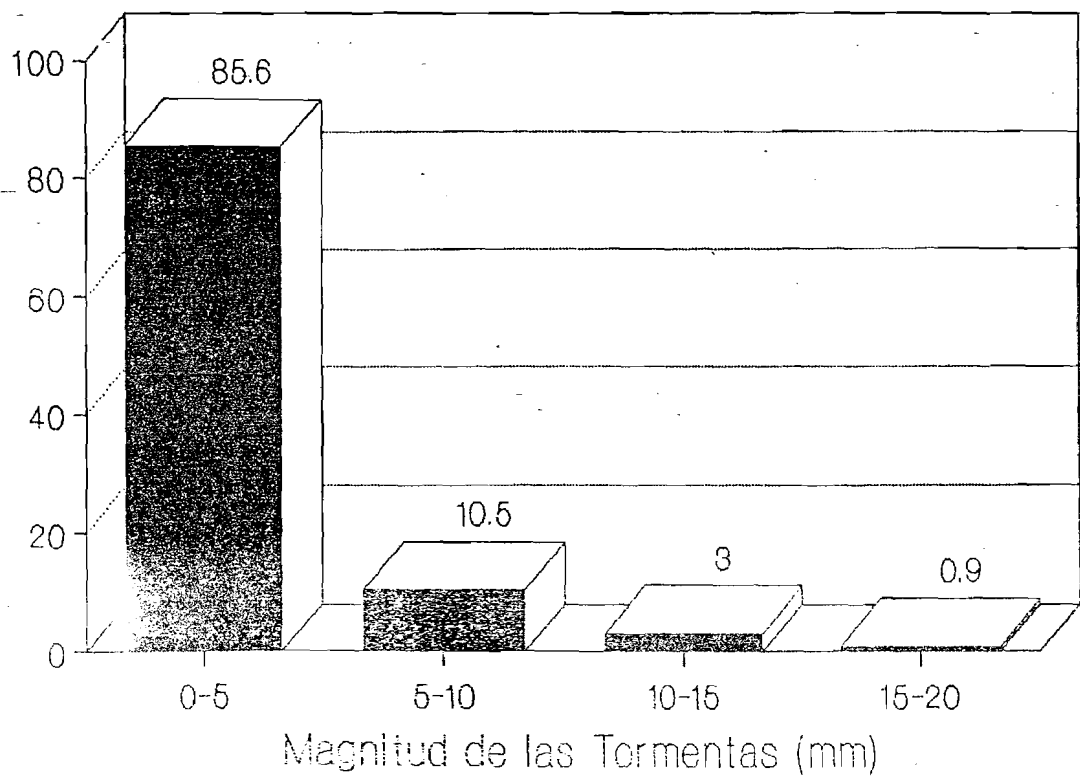


Fig. 5ayb. Precipitación total, índice de erosividad (IE30), y distribución por rangos de las lluvias erosivas, finca "Mesa del Palmar", El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.

% DE LAS TORMENTAS EROSIVAS



10 mm, corresponden a intensidades entre 20 y 40 mm/hora, respectivamente.

1.1.1. Intensidad y Erosividad:

Para el lapso entre mayo de 1994 y abril de 1995, los meses con **mayor** número de eventos de lluvias con intensidades >40 mm/h corresponden a septiembre y octubre (Tabla 3).

Tabla 3. Número de eventos de lluvia con intensidades > 40mm, en diferentes rangos de tiempo para El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, mayo 1994 a abril 1995.

MESES												
Número de eventos con intensidades > 40mm/hr												
Tiempo (min.)	M	J	L	A	S	C	N	D	E	F	M	A
15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0

Se puede definir la erosividad de la lluvia como el poder erosivo que ellas poseen o como la capacidad de esas lluvias para producir erosión (Aguilar y Rondón, 1986).

En este estudio se analizó la erosividad de las lluvias, a través del índice IE_{30} , el cual; se calculó quincenalmente y cuyos resultados se presentan en la Tabla 4 y Fig. 5a.

En cuanto a la caracterización de la precipitación de la zona es de utilidad, conocer la agresividad, lo cual generalmente se hace a través de un índice, se calculó quincenalmente el índice de erosividad de las lluvias IE_{30} , (Fig. 5a) los datos se presentan a continuación.

TABLA 4. Índice de erosividad de las lluvias, IE_{30} ($Mj.mm.ha^{-1}.h^{-1}$), diseñado por Wischmeier & Smith (1960), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, Marzo de 1994 a abril de 1995.

MES	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL
IE_{30}	0	0	0	0	2408	2392	0	0	0	0	4800

Según Wischmeyer y Smith 1978 cit. por Lizaso (1980), los valores obtenidos de IE_{30} , para otras regiones del mundo corresponden a 5500 para el Golfo de México, 9000 para República Dominicana y 20000 para Camerún, expresados en $Mj.mm.ha^{-1}.h^{-1}$, grandes valores como este último son excepcionales.

La erosividad de las lluvias ha sido medida en diferentes zonas del territorio venezolano, Lizaso (1980), para La Concepción, Dtto. Sucre, Edo. Portuguesa, Venezuela, registró valores máximos de 334,7 de IE_{30} .

Aguilar y Rondon (1986) encontraron para Ticoporo, Edo. Barinas, Venezuela, que la precipitación presentó características de alta o débil agresividad dependiendo del índice utilizado. Aguilar y Rondón (1988)⁽¹⁾, encontraron en Ticoporo que los índices de Fournier, Hudson y Lal indicaron que septiembre y octubre fueron los meses de mayor erosividad de las lluvias. El índice de Fournier fue el más sensitivo a las condiciones del clima (basándose en períodos de 10 años).

Aguero (1986), en la zona de Paragua, Edo. Bolívar, obtuvo un índice EI de 1082 unidades, que denota un alto potencial erosivo. Capriles y col. (1986) en Maracay encontraron un EI de 645, considerado con potencial erosivo moderado. De dicho valor un 62% se encontró concentrado en cinco meses (junio a octubre), meses donde posiblemente se presentaría mayor riesgo de erosión. Moreno (1986), también en Maracay comparó varios índices EI₃₀, Aim, KE Hudson, encontró que todos los índices estudiados predicen de forma similar la erosividad de las lluvias. Paez y col (1989)⁽³⁾ presentaron valores de EI₃₀, altos en las localidades estudiadas: San Felipe (EI₃₀ anual=1003), Guanare (1021), La Asunción(525), Valle de la Pascua(718), Aragua de Barcelona (748), Maturín Valencia (742) y Yaritagua(451), con grandes diferencias en el patrón de tormentas de alto potencial erosivo en localidades de EI₃₀ anual similar.

Ruiz (1986) realizó un estudio de las características de las lluvias como agente erosivo en la cuenca de la quebrada La Sucia, en los distritos Campo Elias y Sucre del Estado Mérida, utilizó el coeficiente de Fournier, según los lineamientos sugeridos por CENICAFE (Colombia) y el MARNR (Venezuela); igualmente calculó el índice de Lal. Obtuvo como resultado que las lluvias en dicha cuenca fueron de bajas a débiles en cuanto a su poder erosivo, no presentaron casi influencia para causar o acelerar procesos erosivos en la cuenca estudiada.

Los resultados encontrados en cuanto a erosividad de las lluvias en Venezuela varían ampliamente, de acuerdo a la localidad y a la sensibilidad del índice utilizado, sin embargo, podemos decir que las lluvias en El Cobre, tienen baja erosividad, los resultados muestran para el año 1994, que solo septiembre y octubre, mostraron valores de IE_{30} mayores de cero, para un total anual de 4800. Septiembre y octubre, son también los meses con mayor número de eventos con intensidades >40 mm/hr, con lluvias más erosivas y con mayores montos de precipitación, y en consecuencia cabría esperar que en estos meses se presente la mayor erosión.

Es posible que según afirman varios autores, el EI_{30} computado por el método tradicional, subestime el efecto erosivo de las supuestamente

altas intensidades tropicales (Morgan 1979, Hudson 1976, Páez 1980 cit. por Lizaso 1980).

Se puede concluir que la precipitación local no posee un gran poder erosivo, aunque existe un conjunto de elementos que entran en juego, tales como energía cinética o cargas energéticas totales de las lluvias, entre otros, no medidos en esta investigación.

1.2. Precipitación efectiva:

La Fig. 6 muestra los valores de precipitación efectiva, la cual consiste en la cantidad de agua que alcanza la superficie del suelo directamente, es medida mediante pluviómetros efectivos (Acevedo y Sarmiento, 1990). Es notable como la precipitación efectiva es mayor en los sitios *T* y *C* los cuales corresponden a los cultivos de manzana y apio respectivamente; esto debido por una parte a la aplicación de riego, pues se encontró que al sitio *C*, se le aplicó 191,74 mm/año y al sitio *T* 253,75 mm/año, e igualmente son estos los sitios con menor cobertura vegetal (*C*=50-70% y *T*=30-60% de cobertura vegetal), por lo tanto la cantidad de agua interceptada por las superficies vegetales es seguramente mucho menor, mientras que el bosque donde la precipitación efectiva corresponde a un 64,4% del total de las precipitación, la cobertura vegetal oscila entre 70 y 90% y el potrero

PRECIPITACION EFECTIVA

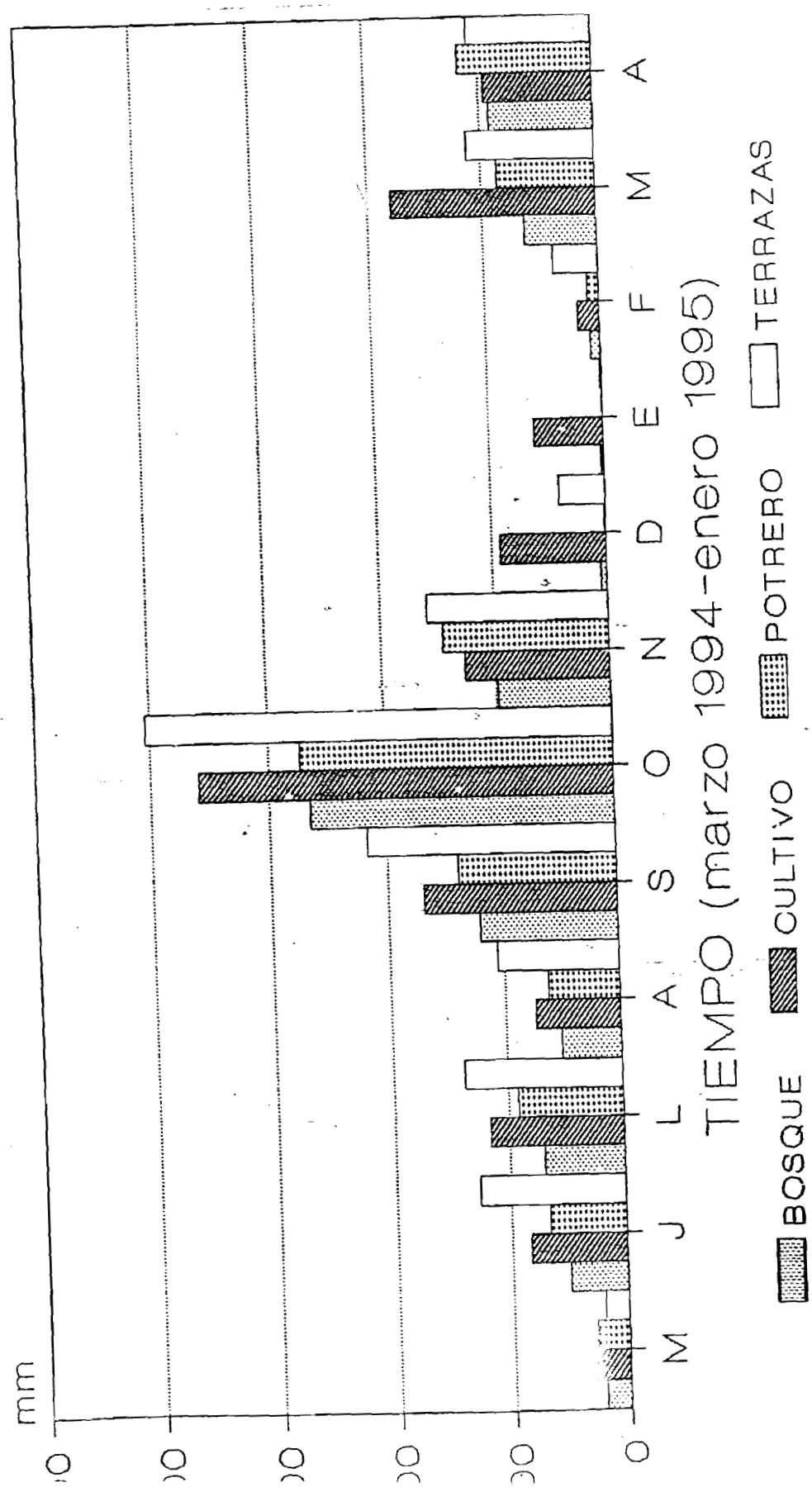


Fig. 6. Precipitación efectiva, El Cobre, Venezuela, 1994-1995.

donde la precipitación efectiva corresponde a un 77,7% del total de la precipitación, con una cobertura vegetal del 100%; son pues estos dos sitios (*B* y *P*), los que poseen mayor cobertura vegetal, y donde la precipitación efectiva es menor.

Según los datos de precipitación efectiva, anteriormente citados los sitios donde se esperaría una mayor erosión corresponden al cultivo de manzano *T* (1470,95 mm), el cultivo de apio *C* (1408,74 mm), luego, erosionándose probablemente en menor medida, el potrero *P* (1021,98 mm) y el bosque *B* (846,64 mm).

B. CARACTERISTICAS EDAFICAS

En líneas generales, Mogollón y Comerma (1994) señalan que los suelos que predominan en Los Andes, son superficiales, de poco a mediano espesor, de texturas fundamentalmente medias y gruesas, bien drenados, donde los procesos dominantes son la meteorización, el lavado, la formación de nuevos minerales y los movimientos laterales en masa; en áreas con menos pendientes pueden existir suelos bien desarrollados, desaturados, muy lavados y ácidos.

Según Guerra (comunicación personal, 1995) los sitios de muestreo *B*, *C* y *P*, posiblemente se encuentren ubicados sobre suelos del orden Alfisol y el sitio de muestreo *T* posiblemente sobre suelos del orden Entisol.

1. Características físicas y químicas del suelo

La erosionabilidad ha sido definida como una propiedad intrínseca del suelo, que expresa la susceptibilidad del suelo a la erosión. Bryan y col. (1989) señalan que la erosionabilidad del suelo no solamente depende de las propiedades del suelo sino de diferentes procesos, los cuales son diferentes en suelos dedicados a la agricultura y en suelos no agrícolas, la erosionabilidad no puede ser definida independientemente de las características de la vegetación, la cual afecta las condiciones de humedad del suelo y las propiedades físicas y químicas del mismo.

1.1. Características texturales

Las características texturales del suelo han sido tomadas en cuenta para evaluar la erosionabilidad es así como el porcentaje de limo más arena muy fina, resulta estar estrechamente relacionado con el factor K de la USLE (Ecuación Universal de pérdidas de suelo), igualmente el

aumento en el contenido de las arcillas, estaría determinando **menores** pérdidas por erosión (Levy y col. 1994); tomando en **cuenta solamente** este factor el sitio donde se presentaría mayor erosión sería el **Bosque (B)**, seguido por potrero (**P**), el cultivo de manzano en terrazas (**T**) y por último el cultivo de apio (**C**); pero obviamente las **características de** textura del suelo no son el único factor a considerar.

El análisis de suelo realizado mostró los siguientes resultados.

TABLA 5. Características de la textura de los suelos de los diferentes sitios de muestreo y factores de erosionabilidad del suelo asociados a la textura y al contenido de materia orgánica, traducidas al Sistema Internacional de Medidas (SI). Los valores estimados de K están expresados en (Mg.ha.h/ha.MJ.mm).

SITIOS DE MUESTREO

TEXTURA	BOSQUE (B)	CULTIVO (C)	POTRERO (P)	TERRAZAS (T)
% DE ARENA	68,11	42,66	62,89	58,86
% DE LIMO	28,70	39,93	31,96	25,71
% ARCILLA	3,19	17,41	5,15	15,43
TEXTURA	ARENOSA	FRANCA	FRANCA- ARENOSA	FRANCA
VALOR DE K	0,03	0,045	0,032	0,038

1.2. Conductividad eléctrica y pH

Los sitios con mayor conductividad eléctrica (Tabla 7), son el bosque (*B*) y las terrazas cultivadas con manzano (*T*), luego el potrero (*P*) y por último el cultivo de apio (*C*), Lentz y col. (1996), sugieren que la conductividad eléctrica se relaciona con la infiltración y por lo tanto la pérdida de sedimentos, pues la química del suelo afecta la susceptibilidad de este ante la erosión. De manera indirecta esta podría estar relacionada con la conductividad del agua en el suelo la cual depende del tamaño y configuración de los poros, la estructura y del contenido de materia orgánica, la cual tiende a mantener una mayor proporción de macroporos en el suelo (Casanova, 1991). En cuanto al pH existen opiniones encontradas Auerswald (1995), sostiene que la estabilidad del suelo aumenta con el contenido de materia orgánica y disminuye con el pH y que dicha influencia del pH aumenta cuando se incrementa el contenido de materia orgánica; sin embargo esto se contradice con la opinión general. De hecho el cultivo de apio presentó el pH menor (5,2), luego el potrero (5,4), el bosque (6,0) y por último el cultivo de manzano (6,5), no parece que exista una relación evidente, sin embargo es obvio que no existen grandes diferencias entre los pH de cada uno de los sitios de muestreo. Benito y Díaz-Fierros (1992),

encontraron también que la estabilidad de los agregados disminuye con el pH, y consideran tres posibles razones:

1. En pH bajos, el Al^{3+} podría flocular, suelos con pH alto pueden tener Na^+ disperso.

2. Con la disminución del pH, los hongos se hacen dominantes sobre las bacterias, lo cual produciría un aumento en el tamaño de los agregados, especialmente cuando las hifas de dichos hongos crecen alrededor de agregados preexistentes, las bacterias en cambio producen agregados de menor tamaño.

3. Con la disminución del pH, los ácidos orgánicos pierden sus propiedades hidrofílicas, lo que conduce a diferencias en cuanto a la capacidad de absorción en la superficie de los agregados. Los grupos hidrofílicos se atraen entre sí, forzando a los grupos hidrofóbicos a ocupar posiciones externas lo que aumenta la hidrofobicidad en términos generales.

1.3. Contenido de materia orgánica

Se sabe que la estabilidad de los grumos y agregados del suelo **depende** de la parte viva del suelo y por supuesto de la materia orgánica, la descomposición del material celulósico produce una "jalea bacteriana", donde las bacterias aerobias *Cytophaga* y *Sporocytophaga* son muy eficientes, no solamente las bacterias intervienen en este proceso sino también los hongos (actinomicetos), envuelven con sus hifas los grumos formados por atracción electroquímica y los entrelazan, confiriéndoles así estabilidad al agua. En parte también participan algas en dicha estabilización de los grumos (Primavesi, 1981).

Es bien sabido también, que la materia orgánica gruesa en superficie reduce el impacto de la gota de lluvia que cae y permite que el agua se infiltre con suavidad en el suelo. Por lo tanto reduce el escurrimiento superficial y la erosión (Dulohery y col. 1996).

Cuando los residuos orgánicos se descomponen y se produce la síntesis de sustancias orgánicas complejas, se ligan las partículas del suelo en unidades estructurales llamadas agregados. Estos ayudan a mantener un estado granular suelto, abierto. De este modo el agua está en condiciones de entrar y filtrarse hacia abajo con más facilidad a través

del suelo. La condición granular del suelo favorece una buena aireación y permeabilidad (Tamhane y col., 1978).

Teniendo en cuenta la materia prima con la cual trabajan los microorganismos edáficos, se esperaría que el Bosque (**B**) presentará la menor erosión pues allí encontramos el mayor porcentaje de materia orgánica, luego el cultivo de manzano en terrazas (**T**), el potrero (**P**) y por último el cultivo de apio (**C**). Resultados estos que concuerdan aproximadamente con los obtenidos (Fig. 7), pareciera ser pues que el porcentaje de materia orgánica estaría más íntimamente relacionado con la erosión; de hecho se sabe que la estabilidad del suelo aumenta cuando aumenta la cantidad de materia orgánica (Tisdall y Oades, 1982 cit. por Auerswald, 1995). Es posible asociar un valor de K a la información textural y de porcentaje de materia orgánica, (CIDIAT, 1987), los valores de K adoptados se presentan en la Tabla 5.

El sitio que posee mayor sensibilidad a ser erosionado es el cultivo de apio **C**, seguido de cultivo de manzano en terrazas **T**, el potrero **P** y por último el bosque **B**, lo cual coincide con los resultados obtenidos en cuanto a fracción mineral total erosionada (Fig.7, Tabla 6); sin embargo según Zhu y col. (1995), el factor K de la USLE es un indicador pobre de la erosionabilidad, ya que la erosionabilidad de los suelos estudiados

por ellos no se relacionó bien con la calculada usando la Ecuación Universal de pérdidas de suelo (USLE).

El contenido de materia orgánica determina a su vez, otras propiedades físicas en el suelo, tales como: infiltración y estabilidad de sus agregados (Pikul y Aase, 1995):

1.4. Nutrientes

La erosión no solamente afecta la parte física del suelo, sino también compromete su fertilidad, la cual está determinada no solamente por el tipo de suelo, sino también por el tipo de manejo dado a cada sitio (Barber y Díaz, 1994).

Es así como en la Tabla 6, podemos observar que todos los sitios de muestreo presentaron contenidos altos de macro y micronutrientes. En el cultivo de apio se presentó mayor contenido de fósforo comparativamente con los otros sitios, esto es debido posiblemente al tipo de fertilización tradicionalmente aplicada en la región N-P-K (12-24-12). Aunque este análisis desafortunadamente no se realizó a lo largo del periodo de muestreo, y no se dispone de datos para ser contrastado, podemos afirmar que al menos aparentemente la fertilidad de los suelos aún no ha sido seriamente comprometida. Sin embargo, es importante

continuar con investigaciones en este campo, ya que tal vez sea este uno de los aspectos más importantes, para determinar las pérdidas económicas que produce la erosión al sector productivo de la región.

TABLA 6. Resultados de análisis químico de los suelos de los diferentes sitios de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.

SITIOS DE MUESTREO

p.p.m.	BOSQUE (B)	CULTIVO (C)	POTRERO (P)	TERRAZA (T)
Fósforo	39	123	8	6
Potasio	532	328	330	267
Calcio	4064	1178	1484	2242
Magnesio	1021	614	422	659
Manganeso	42,5	71,6	56,7	30,8
Zinc	7,7	3,1	3,6	6,7
Hierro	69,1	194,5	144,3	25,7
Cobre	2,5	2,1	2,5	1,4
% M.O.	7,32	3,58	3,99	4,04
pH 1:2 en agua	6,0	5,2	5,4	6,5
C.E. 1:1 mmhos/cm	0,21	0,10	0,12	0,21

2. Erosionabilidad

La evaluación directa de la erosionabilidad del suelo, bajo condiciones de campo, requiere de tiempo prolongado, altos costos y recursos humanos, normalmente se determina empíricamente (Truman y Bradford, 1955). Sin embargo, hemos utilizado algunas pruebas, para

tratar de hacer una apreciación de la erosionabilidad (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1990), estas son: la infiltración, densidad aparente y la estabilidad de los agregados al agua.

2.1. Velocidad de Infiltración.

Los factores que determinan la erosión son consecuencia de complejas interacciones entre las características del suelo y la vegetación, las condiciones hidrológicas del suelo se ven reflejadas por la tasa de infiltración (Takar y col., 1990).

Donde la infiltración es menor, la pérdida de suelo es mayor, pues el agua que no consigue infiltrarse se escurre y el escurrimiento favorece la erosión. La infiltración del agua depende de los macroporos en la superficie del suelo, o sea de su estructura grumosa (Primavesi, 1981).

Barry y col. (1995), Shan y Stephens (1995), comentan que la infiltración depende a su vez de varios parámetros como son: presión atmosférica, temperatura del suelo, humedad del suelo, conductividad hidráulica entre otros, Kao y Hunt (1996) enfatizan en la relación existente entre las condiciones de humedad del suelo y la infiltración, por tal motivo estos valores se presentan en la Tabla 7.

La infiltración básica (I_b) refleja la permeabilidad del suelo y corresponde a la conductividad hidráulica de saturación del estrato del suelo que posee la más baja permeabilidad, esta se alcanza más rápidamente en la medida que el suelo contenga un alto porcentaje de humedad originalmente y/o entre más cerca se encuentre de la superficie este estrato. Esta representa la máxima tasa de penetración de agua en el suelo en un tiempo determinado denominado "tiempo básico", es en este momento donde se hace estable la infiltración (Pla, 1977).

TABLA. 7. Valores de prueba de infiltración en cilindro y determinación de densidad aparente de los diferentes sitios de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.

LUGAR DE MUESTREO	I_b (cm/h)	% H. antes de la prueba	D_a (Mg/m ³)
TERRAZA	43,63	11,62	1,68
CULTIVO	29,49	20,47	1,79
POTRERO	18,00	26,22	1,12
BOSQUE	45,51	21,20	1,03

Las curvas de infiltración promedio para cada sitio, así como las ecuaciones de infiltración acumulada e instantánea, aparecen en las figuras del apéndice A.

Comparando los 4 sitios de muestreo (Tabla 8) es el bosque (*B*) quien posee la más alta infiltración básica, le siguen en orden decreciente el cultivo de manzano en terrazas (*T*), el cultivo de apio (*C*) y el potrero (*P*). de acuerdo a estos resultados el sitio donde se esperaría la mayor pérdida de suelo sería *P*, luego *C*, *T* y *B*.

La infiltración básica en el bosque se alcanzó en un tiempo de 45,6 min, en este lapso de tiempo el suelo alcanzó la máxima penetración de agua y es en este momento cuando la "tasa de infiltración" se hace constante, representando así a la conductividad hidráulica; es de suponerse que el estrato de mas baja permeabilidad está muy profundo o se satura con un alto contenido de humedad.

Pikul y Aase (1995), encontraron para cultivo de trigo, que la infiltración dependía del tipo de arado y manejo dado al cultivo. Igualmente López (1978), encontró para los suelos de Quíbor, que al aumentar la estabilidad de los agregados del suelo, aumenta la velocidad de infiltración.

Se sabe que el ganado vacuno ejerce una presión de 9 kg/cm^2 sobre los primeros centímetros de la superficie, dicha presión compacta el suelo, disminuye la porosidad y la velocidad de infiltración e incrementa el

escurrimiento superficial (Anaya, 1986). Sin embargo igualmente se sabe que la mejor estructura grumosa se encuentra en los suelos pastoriles, debido a la acción favorable de las raíces de los pastos, el descanso de una pastura, generalmente aumenta su sistema radicular. Por eso es una de las medidas que más contribuye para la conservación del suelo pastoril (Primavesi, 1981). Debido a que en el potrero estudiado la incursión del garado estuvo muy limitada, el efecto de este en cuanto a compactación se refiere fue mínimo, lo cual permitió crecimiento del pasto y de sus raíces, que a su vez puede determinar una mejor estructura del suelo.

Las partículas de los suelos arenosos están en íntimo contacto, tienen altos valores de densidad aparente, sin embargo si existe formación de agregados y buen contenido de materia orgánica el espacio poroso será alto. En el caso de la I_b esta es mayor (45,51 cm/h) y la I_{cum} a los 240 min de prueba infiltró una lámina de 196 mm, el mismo autor explica que existe comúnmente en el horizonte A_2 del perfil de los suelos de vegetación boscosa, la formación de estructura laminar la cual afecta el movimiento vertical del agua en el perfil y favorece su movimiento lateral, este horizonte puede ser el estrato de más baja permeabilidad y esto sumado a la escasa profundidad de los suelos, lo cual acerca a dicho horizonte a la superficie alcanzado así la I_b en menos tiempo.

2.2. Densidad aparente

La densidad aparente más alta (Tabla 8) es la el cultivo de apio (**C**), seguido por el cultivo en terrazas (**T**), luego el potrero (**P**) y por último el bosque (**B**) con un valor de $1,03 \text{ Mg/m}^3$. Según Pla (1977), los valores de densidad aparente de las zonas de cultivo son altos de acuerdo a su textura, a excepción del potrero y el bosque cuyos valores de densidad aparente se encuentran cercanos al rango ideal $1,2 - 1,3 \text{ Mg/m}^3$, el porcentaje de poros en este rango oscila en el 50% (Casanova, 1991).

Suelos con baja densidad aparente, por lo general son resistentes a la erosión hídrica, debido a que poseen alta capacidad de infiltración con lo cual se disminuye el riesgo de escorrentía. Por otra parte facilita el intercambio gaseoso y estimulan el desarrollo de vegetación, totalmente lo contrario ocurre con suelos con alta densidad aparente (Iturri cit. por Paredes, 1992). Esperamos entonces que el sitio donde se presentaría mayor erosión sea el bosque (**B**), luego el cultivo de apio (**C**), el cultivo en terrazas de manzano (**T**) y por último el potrero (**P**).

Aunque la densidad aparente no es un método muy exacto del índice estructural del suelo, no obstante, permite seguir cambios estructurales (Malagón, 1976).

Según Casanova (1991), los valores obtenidos de densidad aparente indica compactación, la cual restringe la infiltración, la retención de agua y penetración radicular, factores estos limitantes para el crecimiento normal de las plantas, sin embargo existe una formación vegetal boscosa en el área con mayor densidad aparente (sitio B), posiblemente en este sitio lo que podría estar determinando una mayor densidad aparente sea el hecho de que el suelo presenta abundante cantidad de rocas de diversos tamaños.

2.3. Estabilidad de los agregados al agua

Existen tres tipos de agentes cementantes: a) Los compuestos microbiales y los polisacáridos derivados de plantas, b) Las raíces y las hifas de los hongos, principalmente micorrizas c) materiales húmicos aromáticos en asociación con compuestos amorfos de Fe y Al y cationes polivalentes. También estimula la inmovilización del carbono orgánico y de nutrientes en la biomasa del suelo (Tisdall y Oades, 1982).

Teniendo en cuenta el porcentaje de agregados de cada uno de los diámetros se calculó la media geométrica mediante la siguiente fórmula (Malagon, 1976).

$$\text{Media geométrica} = \frac{\text{Diámetro superior de agregados (mm)}}{\text{exponente } \sum \frac{(\% \text{ acumulado} - 50)}{100}}$$

2

La media geométrica se utiliza pues la distribución de agregados, por tamaño, en la mayoría de los suelos se aproxima más a una distribución logarítmica-normal más que normal (Gardner 1956 cit. por Malagón, 1976).

Los valores de la media geométrica para los sitios de muestreo (Tabla 9) oscilan entre 0,70 y 1,39 mm, es decir que para las condiciones actuales, sí bien la mayoría de los suelos no presentaron degradación, la zona de cultivo de apio (cuya media geométrica es 0,70 mm), sí manifiesta tendencia a ella, le siguen en cuanto a estabilidad el potrero (1,08), el cultivo de manzano en terrazas (1,15 mm) y el bosque (1,39 mm), es así como el bosque se presentó como el sitio de mayor estabilidad.

Teniendo en cuenta el porcentaje de agregados estables al agua, es igualmente el cultivo de apio (C), zona que presentó mayor

degradación, pues podemos observar que el mayor porcentaje está dado por agregados de menor tamaño. Cuando las partículas degradadas "colmatan" los poros, determinan una menor infiltración del agua, mayor escorrentía, aumentado el peligro erosivo. Rai y Rayney cit. por Paredes, 1992, encontraron igualmente que el tamaño de los agregados puede influir sobre la erosión, pues demostraron que cuando este disminuye de 10 mm a 5 mm, aumenta la erosión, sin embargo De Freitas y col. (1996) opinan que en sitios con agregados de menor tamaño el espacio entre ellos aumenta, lo cual mejora las condiciones del suelo y permite un mejor desarrollo radicular. Huang y col. (1996) y Reichert y Norton (1996), encontraron que en sitios de cultivo la estabilidad de los agregados disminuye, debido a que estos son desintegrados, separados y potencialmente transportados, lo que aumenta la erosión.

TABLA. 8. Estabilidad estructural de los diferentes sitios de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.

% de agregación mm Hor. A.

SITIO	0,25	0.5-1	1-2	2-3	3-4	4-6,3	Media geométrica (mm)
TERRAZAS	0,87	1,25	4,21	7,71	6,60	79,34	1,15
CULTIVO	8,47	10,57	8,88	4,29	15,21	52,55	0,70
POTRERO	3,2	5,41	8	10,54	8,28	64,56	1,08
BOSQUE	3,73	6,67	6,59	10,09	9,53	63,35	1,39

Se ha tomado como criterio para la degradación estructural al **porcentaje** de agregados menores de 0,5 mm de diámetro, de acuerdo a la **siguiente** escala:

Mayor de 50% en agregados menores de 0,5 mm=	Muy alta degradación
40-50%	= Alta degradación
20-40%	= Mediana degradación
10-20%	= Baja degradación
Menor del 10%	= Muy baja degradación

El potencial de sellamiento o formación de costras de un suelo aumenta en igual forma que la estabilidad de los agregados disminuye (Bradford y Huang, 1992).

En cuanto a erodabilidad se refiere, el bosque aunque aparentemente presentó algunas contradicciones, pues una condición física no muy ventajosa, ya que el mismo posee una proporción de arenas elevada (68,11%), sin embargo, presentó la mayor media geométrica (1,39 mm), la mayor infiltración básica (45,51 cm/h) y la menor densidad aparente (1,03 Mg/m³) debido muy posiblemente al contenido de materia orgánica presente en el suelo, a la actividad microbial, a la presencia de algas, hongos y actinomicetos, actividad animal y a la presencia del entrelazado de raíces de las plantas, todo lo cual influye positivamente en el mantenimiento de agregados estables de una manera más efectiva que cualquier ión presente en el suelo o a la misma floculación arcillosa. Es así como este suelo del bosque, presentó la menor pérdida

por erosión (Tabla 10). Según Martín cit. por Malagón (1976), el 50% del efecto granulante se atribuye al carácter cementante del micelio y el resto a las sustancias producidas por las células del hongo, demostrando la acción preponderante de los microorganismos en relación con la estabilidad estructural.

El cultivo y la terraza presentaron características similares en cuanto a la textura, densidad aparente y contenido de materia orgánica, sin embargo en cuanto a la estabilidad estructural tenemos que el suelo del sitio con terrazas *T*, presentó mayor media geométrica, por lo tanto mayor estabilidad y a la vez menor proporción de agregados menores de 5 mm. Estos dos sitios varían en la escorrentía e inevitablemente en las pérdidas de suelo, lo que pone de manifiesto la importancia de las prácticas conservacionista en las zonas de ladera, tales como cultivo en terrazas, barreras vivas y cultivos perennes.

El cultivo (*C*) y la terraza (*T*) presentaron valores similares de densidad aparente, sin embargo la infiltración básica fue mayor en el sitio *C*, aunque los dos suelos son de uso agrícola, son utilizados de forma diferente, el suelo de (*C*) es manejado de manera tradicional, se plantan cultivos de ciclo corto, se usa el arado, se realiza una remoción superficial que tiene por objeto aporcar y airear el terreno,

probablemente en el sitio *T* existe un estrato que este taponando por partículas finas del mismo suelo debido a los movimientos de tierra al cual ha sido sometido para su terraceo.

En conclusión resulta extremadamente complejo separar y definir el efecto de las variables en forma individual, pues la textura, la estructura, las tasas de infiltración, la densidad aparente, el tipo de agregados y la estabilidad de estos, entre otras muchas variables en especial las de orden biológico y su interrelación, no pueden predecir de forma aislada, el comportamiento del suelo ante la erosión, son la suma y las interrelaciones que se establecen entre dichos factores lo que puede determinar la susceptibilidad del suelo ante la erosión.

En la Tabla 9, se presentan los diferentes sitios de muestreo en orden decreciente en cuanto a susceptibilidad a erosionarse, la columna total se construyó de acuerdo a la preponderancia del sitio en relación a los diferentes factores medidos.

Tabla 9. Posición que ocupan los diferente sitios de muestreo en orden decreciente acerca de la susceptibilidad a erosionarse, bosque (*B*), cultivo de apio (*C*), potrero (*P*) y cultivo de manzano en terrazas (*T*), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

Textura	Conduc. elec.	pH	% M.O.	Ib	Da	Media geomet.	Agregad < 5mm	K	TOTAL
<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>
<i>P</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>T</i>	<i>P</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>P</i>
<i>T</i>	<i>T</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>P</i>	<i>T</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>T</i>
<i>C</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>B</i>	<i>B</i>

El cultivo de apio se presentó como el sitio con mayor riesgo a degradarse y por lo tanto mayor erosionabilidad, luego el potrero y el cultivo de manzano en terrazas, por último el bosque cuyo suelo parece ser el que reúne más características favorables en cuanto a enfrentar los procesos erosivos se refiere.

C. CARACTERISTICAS DE LA EROSION

Durante los meses de muestreo (mayo de 1994-abril de 1995), se analizaron las pérdidas de hojarasca y de la fracción mineral, que es sin duda una de las fracciones mejor estudiadas, pues su menoscabo además de ocasionar cambios físicos en el perfil del suelo, puede llevar incluso a la pérdida de horizontes edáficos, debido a que dicho material es difícil de reemplazar.

Tiene una gran significación el traslado del material sólido por procesos erosivos provocados por la desaparición de la vegetación natural y la formación de diversos tipos de agrocenosis, casi la mitad de las tierras cultivadas del planeta están sometidas a la erosión y la deflación. Cada año a causa de estos procesos se pierden millones de toneladas de partículas de suelos. El efecto directo de este proceso es el cambio de las propiedades físicas de los suelos, el desarrollo de procesos gravitacionales colaterales (erosión lineal, deflación), la acumulación de depósitos en partes bajas y depresiones. Debido a todo ello la estructura del paisaje puede experimentar transformaciones irreversibles (Mateo, 1984). Si bien como veremos (Tabla 10) los montos de suelo perdido no son extremadamente altos, las pérdidas para ciertos sitios y en ciertos momentos pueden resultar considerables.

1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SITIOS

En la Tabla 10 y en la Fig. 7 se presentan de forma resumida los valores de precipitación efectiva, escorrentía, las pérdidas en hojarasca, fracción mineral fina (< de 4 mm) y gruesa (> de 4 mm), durante el período de estudio.

TABLA 10. Precipitación total (1217 mm), Precipitación efectiva, escorrentía, pérdidas de hojarasca y suelo en cada unidad de muestreo, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, mayo de 1994-abril de 1995.

S	Pe (mm)	Riego (mm)	Escor. (L/m ²)	% Escor.	Hojara. (Mg/ha)	F.M. f. (Mg/ha)	F.M. g. (Mg/ha)	F.M. T. (Mg/ha)
<i>B</i>	846,64	0	22,21	2,6	0,3895	0,3112	0,2338	0,5450
<i>C</i>	1408,74	191,74	34,36	2,4	0,1116	4,0673	3,8461	7,9140
<i>P</i>	1021,98	0	22,59	2,2	0,0242	1,0273	0,0884	1,1199
<i>T</i>	1470,95	253,95	23,26	1,4	0,0870	1,1628	0,7973	1,9601

CONVENCIONES

S: Sitio de muestreo

Escor.: Escorrentía

Hojara: Hojarasca

Pe: Precipitación efectiva

FM g.: Fracción gruesa >4mm

FM f.: Fracción fina <4mm

FM T: Fracción mineral total

Mg/ha/año

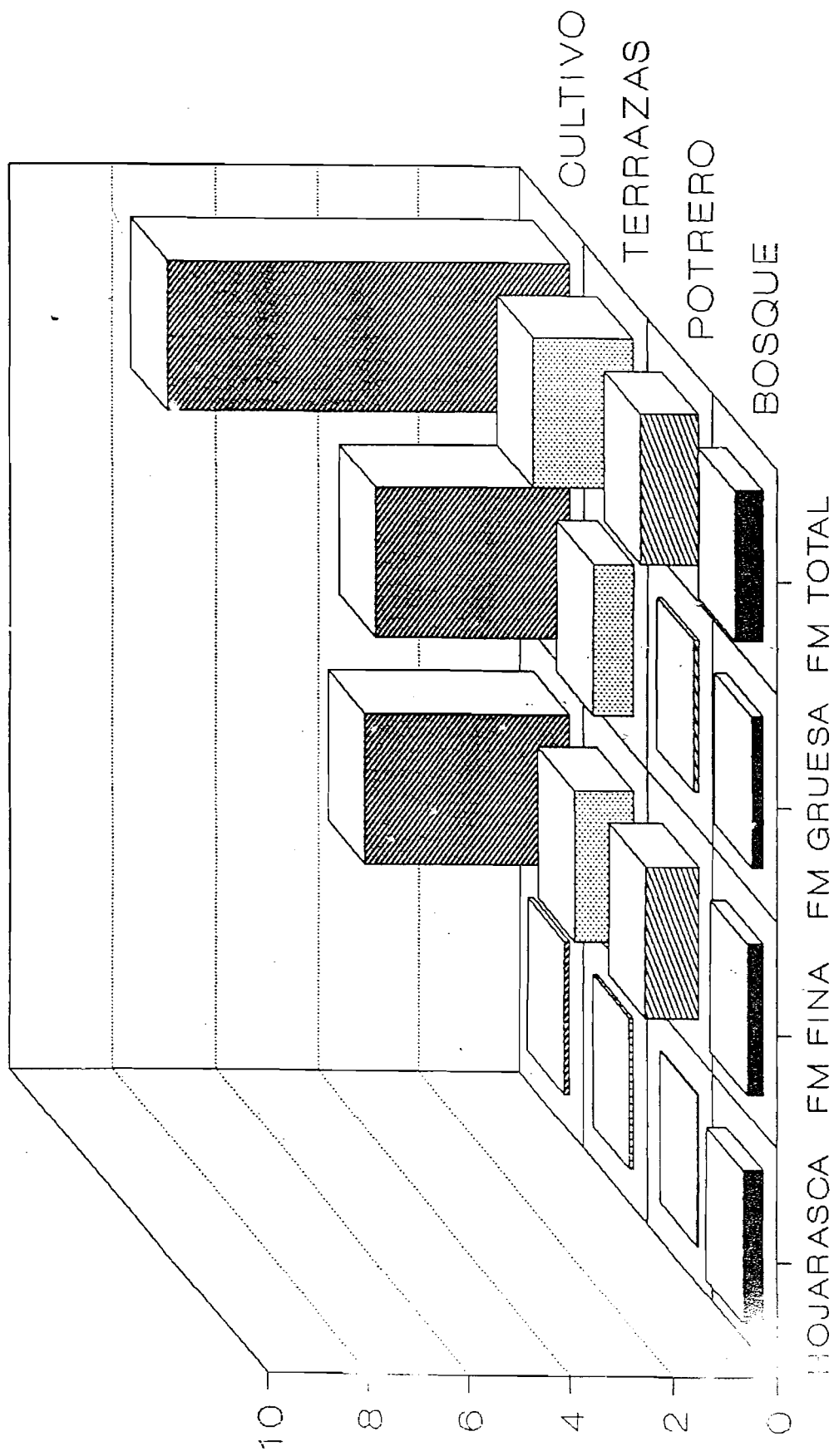


Fig. 7. Promedios de erosión Mg/ha/año, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela.

Se realizó un análisis de varianza (Tabla 11) de una **clasificación por rangos** de Kruskal-Wallis (Siegel, 1989), para **determinar si existían** diferencias significativas entre cada uno de los sitios de **muestreo, para** los factores medidos (escurrimiento, hojarasca, fracción mineral **fina, gruesa y total**).

La prueba supone que las variables en estudio tienen una distribución continua.

Tabla 11. Valores de la prueba estadística Kruskal-Wallis, para los datos de escurrimiento y pérdida de hojarasca y de la fracción mineral fina(< 4mm), gruesa (>4mm) y total, (N=24) para El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, marzo 1994 a enero 1995.

VARIABLE	ESTADISTICO K-W	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
PREC. EFECTIVA	4,04312	0,2569
ESCORRENTIA	55,6014	< 0,0001
HOJARASCA	45,4718	< 0,0001
F.M. FINA <4mm	73,9033	< 0,0001
F.M. GRUESA >4mm	58,5751	< 0,0001
F.M. TOTAL	73,5091	< 0,0001

La hipótesis de nulidad que supone que todos los sitios son idénticos con respecto a los promedios, se acepta para la variable precipitación

efectiva y se rechaza, para el escurrimiento y la fracción mineral perdida, determinándose que la desigualdad entre las sumas de rangos es tan grande que el escurrimiento y la erosión de cada una de las fracciones medidas en cada sitio es diferente.

1.1. Precipitación efectiva.

En cuanto a la precipitación efectiva observamos sin embargo, que es menor en el bosque **B** donde igualmente es más heterogénea, debido a las características variables del dosel, la precipitación efectiva es sin duda afectada por el porcentaje de cobertura vegetal, debido a que el follaje actúa como una trampa interceptora. El bosque **B** que tiene entre 70 y 90% de cobertura, y el potrero **P** con 100% de cobertura son los sitios que presentaron los valores menores de precipitación efectiva, mientras que el cultivo de apio **C**, cuya cobertura varía entre 50-70% y el sitio **T** con cobertura entre 30-60% son los sitios cuya precipitación efectiva es mayor, en los dos sitios pertenecientes a cultivos, también la precipitación total es mayor debido al riego (para el sitio **C** se estableció que 191,74 mm son aplicados en forma de riego y al sitio **T** se le aplicó 253,75 mm de riego al año), las parcelas son sometidas a riego especialmente en épocas de sequía. De acuerdo a la precipitación

efectiva es de esperar mayor erosión en los cultivos *T* y *C*, luego el potrero *P*, por último el bosque *B*.

1.2. Escorrentía.

Sabemos que para la zona actúa preponderantemente como agente erosivo el escurrimiento, pues es el agua quien en última instancia arrastra las diferentes fracciones que se erosionan.

Para determinar específicamente cuáles son los sitios diferentes en cuanto a escorrentía se refiere, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, estableciéndose para la escorrentía que no existen diferencias significativas entre el bosque y el potrero (**B, P**) y entre las dos zonas de cultivo (**C, T**) (Anexo 1a). Comparando los cuatro ambientes estudiados (Tabla 5), el sitio *C* ($34,36 \text{ L/m}^2$) con el cultivo tradicional de *Arracacia*, es la zona que presentó mayor escurrimiento, le sigue el sitio con terraceo *T* ($23,26 \text{ L/m}^2$), luego el potrero *P* ($22,59 \text{ L/m}^2$) y por último el bosque *B* ($22,21 \text{ L/m}^2$).

Aunque en la zona en algunos meses del año existen fuertes vientos, son probablemente los procesos hídricos los que predominan, especialmente en las zonas de cultivo donde además de la precipitación natural,

normalmente se aplica riego, especialmente en la época de sequía. Por tal motivo y si la erosión solo dependiese del escurrimiento, se esperaría teniendo en cuenta los datos anteriormente citados, en el cultivo de apio (sitio *C*), posiblemente se presentaría mayor erosión, seguido por cultivo de manzana (sitio *D*), en el cual la escorrentía **no es** muy grande, a pesar de que la precipitación efectiva es alta, debido posiblemente a las técnicas conservacionistas, que allí se aplican (tratamiento con "mulch" y ausencia de labranza), que posiblemente mejora la estructura del suelo; en cuanto a erosión se refiere, le siguen en orden decreciente, el potrero *P* y el bosque *B*. Lo cual coincide con los resultados obtenidos (Tabla 10, Fig. 7), esto coincide con los resultados obtenidos por Daniels y Gilliam (1996), quienes observaron que el escurrimiento se reduce en potreros en un 50%, comparativamente con áreas dedicadas a la agricultura.

Sabemos que existe el flujo de agua subsuperficial, juega un papel importante pues se pueden formar pequeños canales o tubos, los cuales fueron observados en el sitio de cultivo de apio; Peters y col. (1995) analizan el mecanismo, dinámica y contribución del agua subsuperficial y su interrelación con la escorrentía.

1.3. Hojarasca.

En cuanto a la pérdida de hojarasca el patrón es diferente y es el bosque *B* (0,3895 Mg/ha), el que probablemente produce y pierde mas hojarasca, seguido por el cultivo *C* (0,1116 Mg/ha), la pérdida de hojarasca en *T* (0,0870 Mg/ha) y *P* (0,0242 Mg/ha) es substancialmente inferior, la prueba de Mann-Whitney (Anexo 1b), estableció que no existen diferencias significativas entre estos dos últimos sitios potrero y sitio con terrazas (**P** y **T**).

Se determinó el estatus de la hojarasca en cada uno de los sitios de muestreo, se encontró que en promedio el bosque *B* posee 9,7 Mg/ha de hojarasca, seguido por el cultivo *C* con 0,93 Mg/ha, luego el potrero *P* con 0,40 Mg/ha y por último el sitio con terrazas *T* con 0,35 Mg/ha promedio de hojarasca, dichos promedios se corresponden bastante bien con las pérdidas. En los sitios de cultivo *C* y *T*, la perdida de hojarasca presentó picos fuertes, como es lógico, en los períodos correspondientes a deshierbe, cosecha o corte de la barrera viva.

1.4. Fracción mineral.

Al igual que existen diferencias en cuanto a las características edáficas y microclimáticas para cada sitio de muestreo, se puede observar una gran variación en las pérdidas de fracción mineral del suelo entre cada una de las zonas de estudio.

Es notable una mayor pérdida de la fracción mineral fina (<4mm), en el sitio de cultivo **C** (4,06 Mg/ha), siendo mayor que en el cultivo con terraceo **T** (1,1628 Mg/ha), le sigue el potrero **P** (1,02 Mg/ha), el sitio que presentó menor pérdida de fracción fina es el bosque **B** (0,31 Mg/ha). En la prueba U de Mann-Whitney (Anexo 1c), se encontró que para dicha fracción mineral fina no existen diferencias significativas entre el bosque (**B**) y el potrero (**P**).

En la fracción mineral gruesa (>4mm) tenemos que el cultivo de apio **C** (3,84 Mg/ha), es el sitio con mayor erosión, seguido por el sitio con terrazas **T** (0,79 Mg/ha), luego el bosque **B** (0,23 Mg/ha), y el potrero **P** (0,08 Mg/ha). Se estableció mediante la prueba U de Mann-Whitney (Anexo 1d), que para la fracción mineral gruesa todos los sitios son significativamente diferentes.

La erosión de la fracción mineral total está dada principalmente por el sitio *C* donde se cultiva apio con 7,91 Mg/ha, siendo casi cuatro veces mayor que en el cultivo con terrazas *T* cuya pérdida total es de 1,96 Mg/ha, sigue el potrero *P* con 1,11 Mg/ha y por último el bosque *B* con 0,54 Mg/ha. La prueba U de Mann-Whitney (Anexo 1e) estableció que no existen diferencias significativas entre estos dos últimos sitios de muestreo *B* y *P*.

Los resultados anteriormente descritos para la fracción mineral fina, gruesa y total no son exactamente iguales, sin embargo para todas las fracciones coinciden en que el sitio de mayor erosión corresponde al cultivo de apio *C*, seguido por el cultivo de manzano, sitio *T*, y los dos sitios que presentaron las menores pérdidas son el potrero *P* y el bosque *B*.

De cualquier forma, para las comparaciones entre los sitios de muestreo damos mayor importancia a la fracción mineral fina pues no se han realizado pruebas de la equivalencia entre sitios de la fracción gruesa, además la aparición de una sola roca de tamaño considerable puede alterar radicalmente los valores, sin que esto necesariamente signifique una mayor intensidad en los procesos erosivos.

Comparando los valores de pérdida de suelo obtenidos hasta el momento, tenemos que los montos de suelo perdidos no pueden considerarse extremadamente altos a nivel mundial, pues Lal (1976) cit. por Lizaso (1980) obtuvo en Nigeria, pérdidas de suelo entre 116 y 230 Mg/ha para una precipitación de 824 mm en 1972 y 119 mm en 1973 respectivamente.

Es sabido que en el bosque los deslizamientos y reptaciones son menos frecuentes. En las vertientes montañosas, con fuertes pendientes el bosque actúa de diferente manera, el entrelazado de las raíces disminuye el movimiento de áreas inestables, lo que favorece el desarrollo del perfil, el bosque transpira y evapora grandes cantidades de agua, las que de otra forma pasarían al suelo, agregando peso, lubricando el material mineral y por lo tanto disminuyendo la estabilidad, esto explicaría porque es *B*, uno de los sitios donde se presentó la menor erosión.

En parcelas sin cobertura y labradas convencionalmente, en Venezuela, Pla (1980) obtuvo durante 1979 en Chaguaramas, Edo. Guárico, pérdidas de suelo superiores a 40 Mg/ha, en los 45 días iniciales del crecimiento del sorgo.

Lizaso (1980), encontró para La Concepción, Edo. Portuguesa, para cuatro meses, pérdidas de suelo de 1,01 Mg/ha para Bosque, 1,26 Mg/ha para café, 1,26 Mg/ha para rastrojo y 3,69 Mg/ha para suelo desnudo; Fernández (1989) comparó en la cuenca alta del río Petaquire, diferentes prácticas de conservación del suelo, para las que encontró pérdidas de suelo entre 0,39 y 45,30 Mg/ha.

Ataroff y Monasterio (1993) encontraron en Canaguá, Edo. Mérida, pérdidas que varían entre 0,6 y 7,3 Mg/ha/año, dependiendo del tipo de cafetal y de los años de implantación.

Padovano y col. (1994) estimaron las pérdidas de suelo, aplicado la ecuación universal, para las microcuencas "Quebrada de Ramos" (con pérdidas de suelo estimadas en 800 Mg/ha/año con posibilidades de ser reducidas a 42 Mg/ha/año), para "Alto Castan" (con una media de 420 Mg/ha/año y con una reducción por construcción de obras conservacionistas inferior a 6 Mg/ha/año) y para "Mocoy" (se estimó un valor de 662 Mg/ha/año con una reducción por obras y prácticas de manejo, variable entre 4 y 8 Mg/ha/año), todas estas microcuencas se encuentran ubicadas en la subcuenca del río Castan, Edo. Trujillo, Venezuela.

Silva (1994) encontró para Macapo, Edo. Cojedes, **erosión para la** sabana y el bosque abierto muy similares, con relaciones **de pérdida de** suelo con respecto al suelo desnudo de 0,12 y 0,09 respectivamente.

Vera y col. (1994) encontraron para Curimagua, Edo. Falcón, en **cultivo** tradicional de maíz-caraota, pérdidas de suelo entre 2,81 y 0,012 Mg/ha para parcelas con barreras muertas y vivas, para siembra tradicional 5,03 Mg/ha.

Los estudios de erosión en la Estación Experimental Bajo Seco (realizados por Fernández, 1989; Urbina, 1990; Syoufi, 1990 y Castillo 1991 cit. por Fernández 1994), indican como promedio de pérdidas de suelo determinadas en parcelas de erosión, para cultivos hortícolas sin prácticas conservacionistas, 1,58 Mg/ha; y en cultivos permanentes (durazno), 0,18 Mg/ha.

Los valores promedio encontrados en el presente estudio correspondientes para cultivo hortícola sin prácticas conservacionistas $C=7,91$ Mg/ha/año y para cultivo permanente de manzano $T=1,96$ Mg/ha/año, dichos valores son mayores comparándolos con los registrados por Fernández (1994).

Como podemos ver existen valores mayores y menores citados por la literatura, que los encontrados en el presente estudio sin embargo, en términos generales, las pérdidas de suelo encontradas en la presente investigación no son exageradamente altas.

A pesar de que no tenemos información de las tasas de formación de suelo para la zona, dichas pérdidas relativamente no muy altas, podrían explicarse debido a que el suelo en todos los sitios y durante todo el período de muestreo ha permanecido protegido al menos parcialmente por vegetación, de cualquier forma la erosión total encontrada especialmente en el sitio de cultivo tradicional C (4,15 Ton/ha) es considerable. Resaltándose la importancia que tiene la vegetación para el control y conservación de los suelos.

1.4.1. Variabilidad temporal.

Se realizaron análisis de correlación múltiple para cada uno de los sitios de muestreo, y para cada uno de las variables medidas (EI_{30} , temperatura, precipitación total, precipitación efectiva, escorrentía, hojarasca, fracción mineral fina (<4mm), fracción mineral gruesa (>4mm) y fracción mineral total) los cuales muestran resultados interesantes, que ayudan a describir los procesos determinantes en cada uno de los sitios.

a. Bosque

Las Fig. 8 a-d, muestran la precipitación efectiva, el escurrimiento y la erosión encontrada en el bosque, podemos observar la tendencia bimodal de la precipitación (Fig. 8a) con un pico en octubre (1994) y otro en abril (1995), el mes con mayores valores de precipitación fue octubre, es notable que el escurrimiento (Fig. 8b) fue mayor en los meses de julio a octubre, cabe resaltar que aunque en el mes de julio la precipitación efectiva no es muy alta, el escurrimiento sí, presentó un valor elevado en relación a los otros meses, comparable con los montos de septiembre-octubre; la erosión presentó un comportamiento similar al escurrimiento, aunque curiosamente el mes con el mayor monto de

fracción mineral perdida (Fig. 8 c-d) es septiembre y no octubre donde encontramos el monto mayor de precipitación.

En cuanto a la erosión de la fracción mineral propiamente dicha tenemos (Fig. 8 a-d), que los picos de erosión coinciden con los picos de mayor precipitación y escorrentía (septiembre y octubre). Sin embargo, se presentaron pérdidas considerables de mayo a julio, los cuales no son precisamente los de mayores montos de precipitación, ni mayor agresividad de las lluvias (Fig. 5a), es posible que esto se deba al disturbio ocasionado con las obras de implantación de las parcelas, como disminución en la cobertura vegetal, desestabilización del suelo, pisoteo, etc.

La deforestación y los cambios consecuentes en el microclima edáfico, pueden afectar drásticamente las propiedades hidráulicas y estructurales del suelo (Wielemaker y Lansu, 1991). Es posible que el bosque sea más susceptible a dichas alteraciones, que las otras unidades de muestreo, necesitando mayor tiempo para alcanzar la estabilización. El Anexo 2a, muestra las correlaciones entre cada uno de los parámetros medidos y la Tabla 12, los valores de correlación más importantes encontrados.

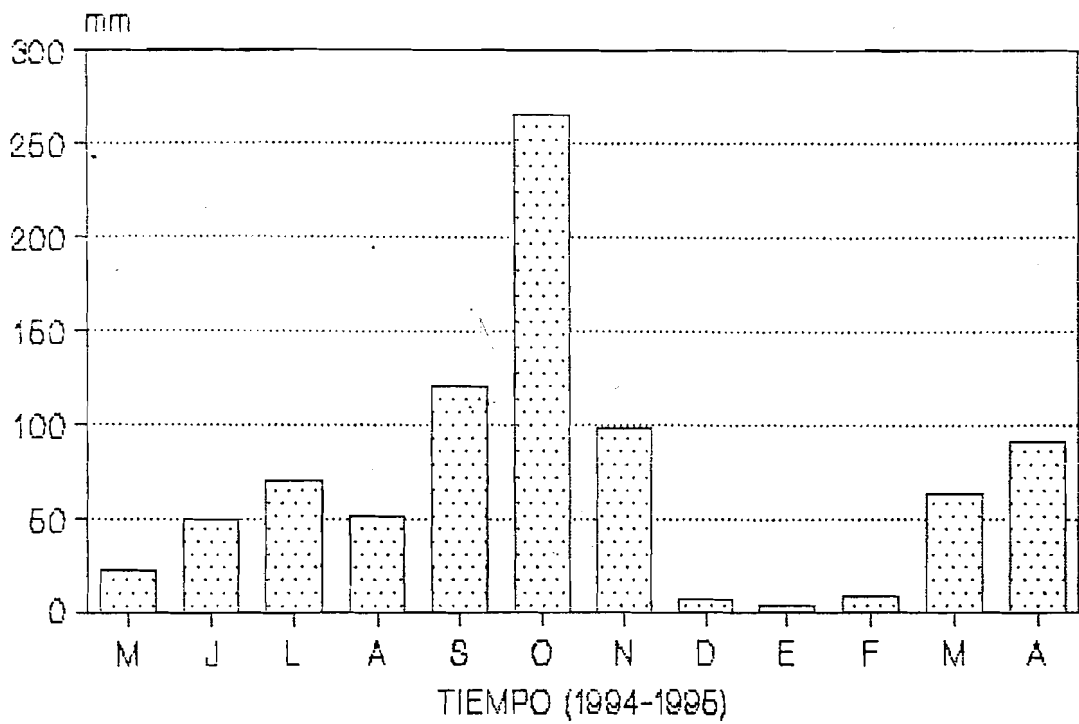
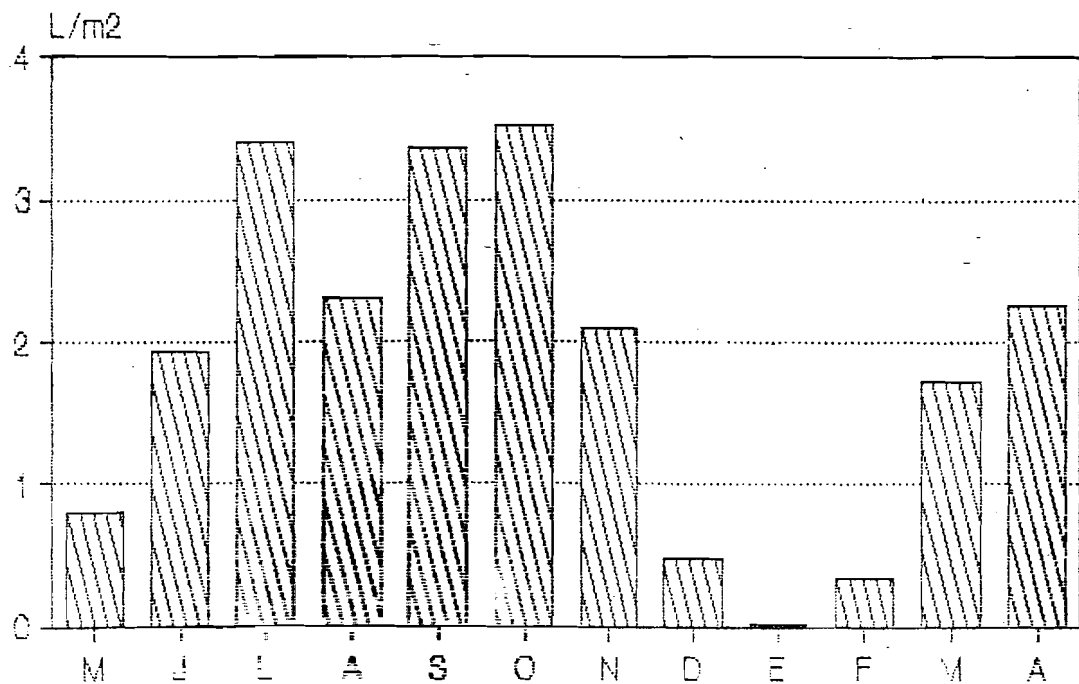


Fig. 8 a y b. Precipitación efectiva y escurrimiento (mm) en el Bosque Siempre Verde Seco, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

BOSQUE Escurrimiento (mm)



Fracc. mineral fina

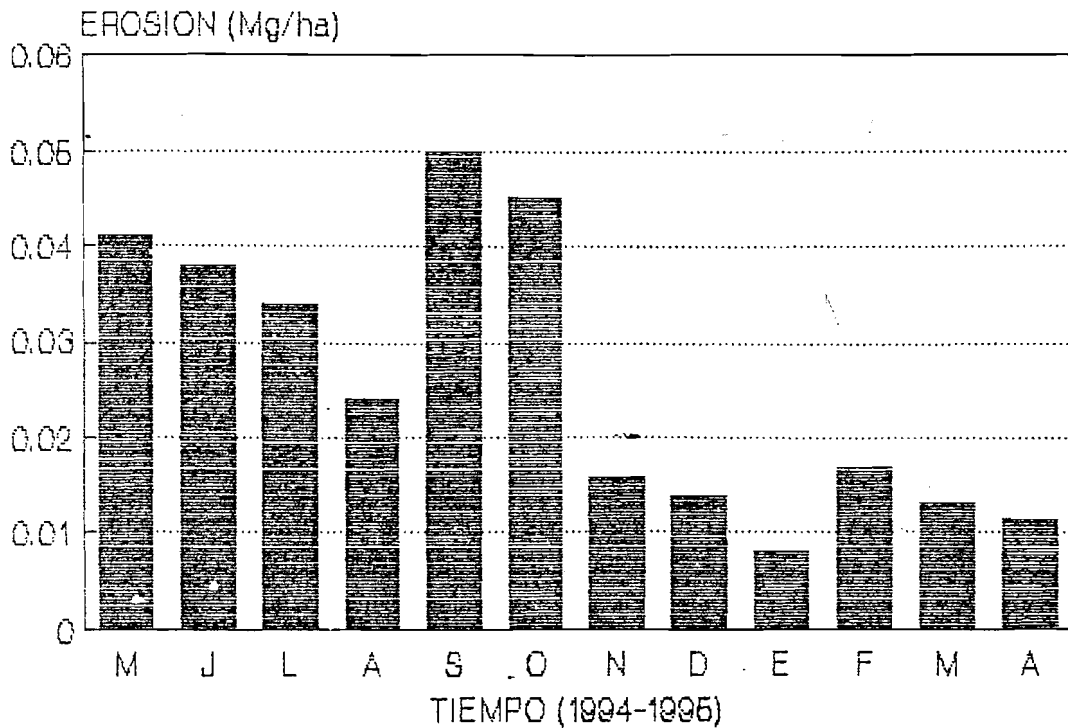


Fig. 8 c y d.

Erosión de la fracción mineral fina y total (Mg/ha) en el Bosque Siempre Verde, Seco, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

BOSQUE

Fracc. mineral total

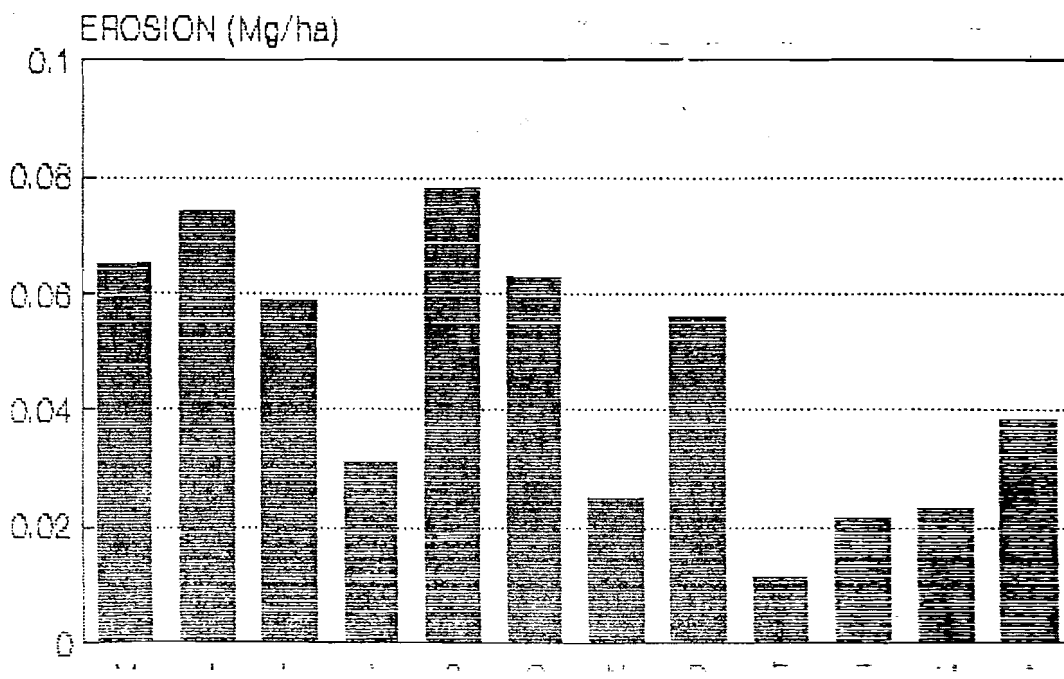


Tabla 12. Valores de correlación significativos encontrados en el bosque B, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

VARIABLE 1	VARIABLE 2	CORRELACION
EI ₃₀	PREC. TOTAL	0,4856
EI ₃₀	F.M.GRUESA >4mm	0,4782
TEMPERATURA	PREC. TOTAL	0,5768
TEMPERATURA	F.M. GRUESA	0,4969
PREC. TOTAL	PREC. EFECTIVA	0,7542
PREC. TOTAL	F.M. FINA <4mm	0,5217
PREC. EFECTIVA	F.M. FINA <4mm	0,5186
HOJARASCA	F.M. TOTAL	0,9971
SEDIMENTO	F.M. TOTAL	0,4153

En el bosque sitio B, la hojarasca es la variable que parece estar más íntimamente relacionada con la fracción mineral total, presentando correlación directa (0,99), igualmente la fracción mineral gruesa y el EI₃₀ se relacionan directamente (0,47). Es claro que la relación entre los factores ambientales y la erosión, no es tan fuerte como se esperaría pues en este sitio, la intervención antrópica es mínima, por lo tanto la erosión esta determinada no solamente por factores ambientales, siendo posiblemente muy factible que si contáramos con un tiempo mayor de muestreo, esta dependencia se mostraría más claramente. La relación estrecha entre la fracción mineral total y la hojarasca (0,99), podría deberse a que estas dos fracciones se encuentran íntimamente relacionadas, o a que posiblemente los procesos erosivos, están

afectando principalmente la capa superficial del suelo constituida por hojarasca.

Aunque es claro que en los bosques existe un equilibrio ecológico complejo, que esta dado no solamente a nivel biológico, sino también climático y por supuesto edáfico, son igualmente conocidos estos ecosistemas como sitios de gran fragilidad, evidencia de lo cual probablemente sea, el hecho de que los montos de erosión comparativamente mayores recién instaladas las parcelas de erosión, producto del disturbio ocasionado, dicho ecosistema de bosque necesita un mayor tiempo para recuperarse, lo que indica una mayor fragilidad.

Si se quiere conservar el recurso suelo, se hace necesario no solamente tener en cuenta el manejo de la cobertura del bosque y la cantidad de hojarasca, sino también hay que considerar, medir la significancia de dichas coberturas con respecto a la erosionabilidad del suelo y al impacto de las geformas (Curiel, 1986).

Las zonas boscosas de la región se ven amenazadas principalmente por la invasión para establecer cultivos y sitios de pastoreo, en menor proporción se extrae madera para construcción y de leña para cocinar.

En suelos como este, donde algunas condiciones físicas no son las mejores: alta proporción de arenas, baja de arcilla, densidad aparente alta, etc, (Tabla 7) es imprescindible detener las graves perturbaciones de las que son objeto una gran parte de las zonas boscosas de la microcuenca del río El Valle, lo que implica necesariamente dar alternativas socio-económicas a la población, lo que no siempre es fácil, especialmente en el aspecto práctico.

b. Cultivo de apio

En el cultivo de apio el material de propagación son los "hijos" o "colinos", que se arrancan de la cepa cuando se cosechan las plantas. Los "hijos" se dejan marchitar por 3 o 4 días, luego se cortan en la base, se corta también la parte superior del follaje, de modo que el brote quede de 2-3 cm de largo, se plantan dejando de 50 a 80 cm entre planta y planta. Por lo común se entierran profundamente y a menudo se tapa el follaje. Las operaciones siguientes consisten en aporcas para mantener las plantas bien cubiertas de suelo en la parte inferior, y en limpieza de malas hierbas. La recolección de la cosecha se realiza arrancando la planta entera, las raíces se separan de la cepa, se limpian y se pueden almacenar por algunos días. El rendimiento es muy variable y no existe información experimental sobre este punto, en Colombia se estima entre 3000 y 10000 Kg por hectárea (León, 1964).

Las incursiones dentro del terreno de cultivo de apio sitio C han consistido en:

_Control de malezas y deshierbe de tipo manual y usando como herramienta la escardilla: Segunda quincena de septiembre (1994).

_Remoción del terreno para facilitar aireación: Segunda quincena de octubre (1994).

_Cosecha parcial del apio: Primera quincena de enero (1995).

_Cosecha total del apio: Primera quincena de abril (1995).

Es pertinente aclarar, que durante la primera quincena de enero, todo el cultivo no fue cosechado completamente, el productor seleccionó las plantas que observó con mayor vigor, es así como de una de las parcelas fue cosechada en enero, en casi su totalidad 90% (parcela 1), otra en un 50% (parcela 2) y una última (parcela 3) solo aproximadamente un 30%.

Las Fig. 9 a-b muestran la relación existente entre la precipitación efectiva y la escorrentía, en el mes de octubre se presentó un pico en precipitación, contrariamente a lo esperado no coincide este mes con el de mayor escurrimiento, así mismo resulta interesante como en el mes de marzo de 1995 aunque el monto de precipitación no es muy alto, la

cantidad de escurrimiento sí lo es, esto podría deberse a que teniendo en cuenta las características previas de sequía (enero y febrero), aunado con la compactación del terreno debido al pisoteo por cosecha parcial de enero (Fig. 9c), lo cual posiblemente originó costras y un efecto de sellamiento superficial, que podría explicar el pico de escorrentía en el mes de marzo. La susceptibilidad del suelo a formar costras, que inducen al sellamiento superficial dependen de una combinación de procesos y propiedades físicas, químicas y biológicas, el proceso físico es controlado por la magnitud de la fuerza mecánica producto del impacto de la gota de lluvia, del pisoteo y de la resistencia interna del agregado (Bradford y Huang, 1992). Se sabe además que las características previas de humedad del suelo afectan la resistencia de los agregados, en suelos previa y gradualmente humedecidos, la superficie de sellamiento es menor, esto se hace evidente en el mes de octubre donde las lluvias de septiembre amortiguan el efecto de la precipitación de octubre y esto explica el escurrimiento superficial menor (Fig. 9b).

Como se puede apreciar en las Fig. 9 c-d, los picos de precipitación y escurrimiento no coinciden con los picos de erosión. Es evidente, que no

PRECIPITACION EFECTIVA CULTIVO

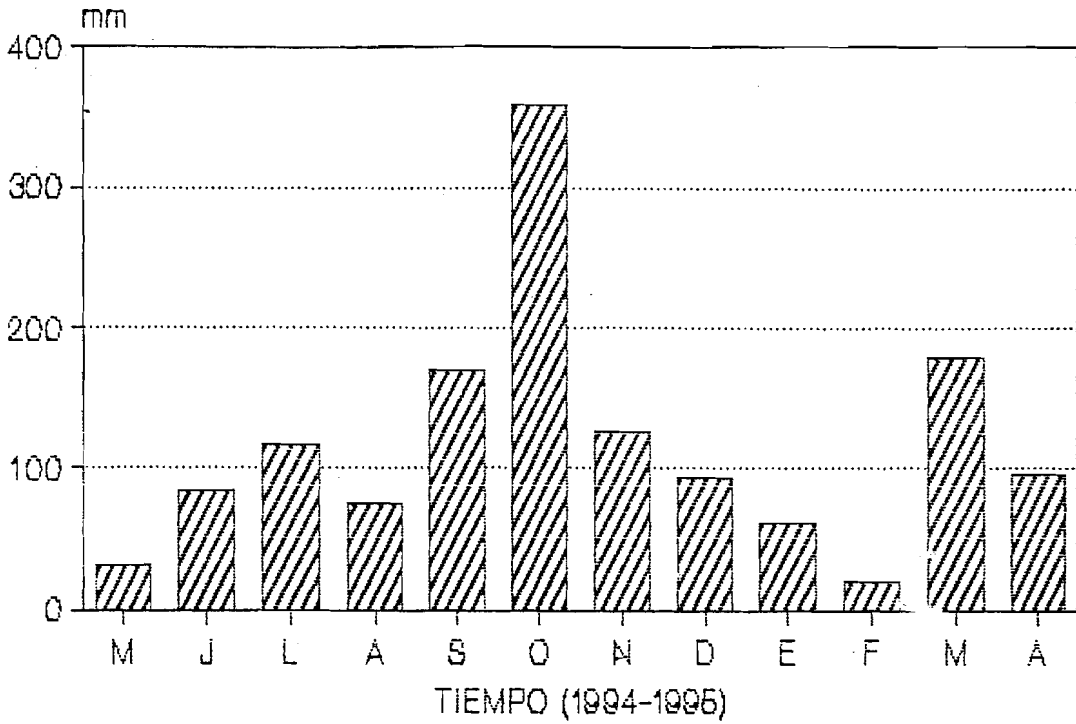
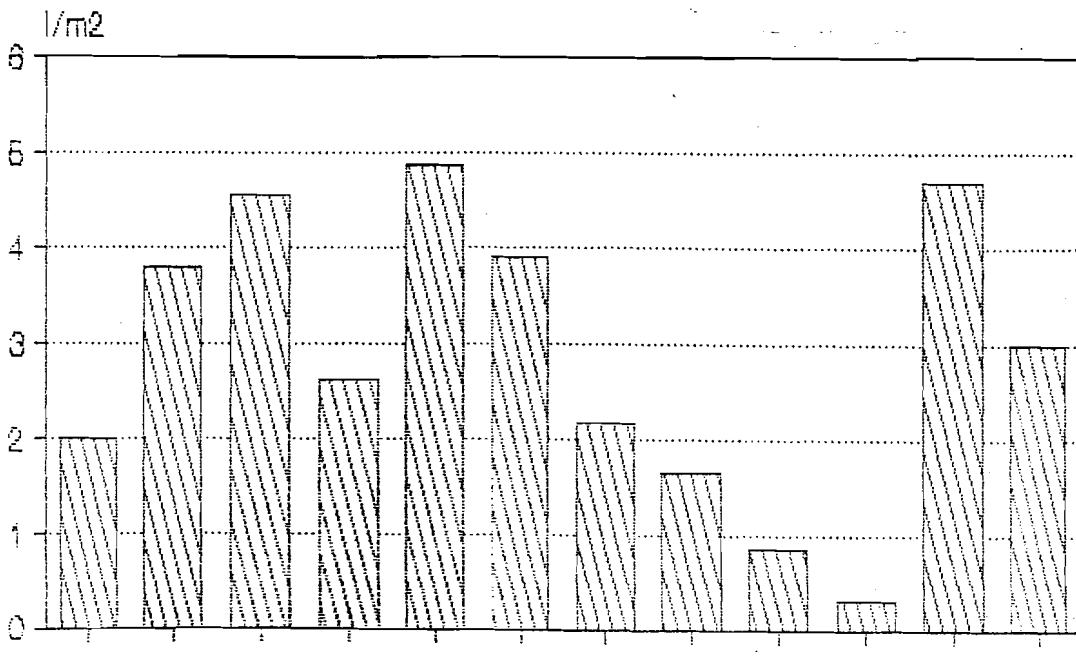


Fig. 9 a y b. Precipitación efectiva y escurrimiento (mm) en el cultivo de apio (*Arracacia xanthorhiza* Banc.), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

CULTIVO Escurrimiento (mm)



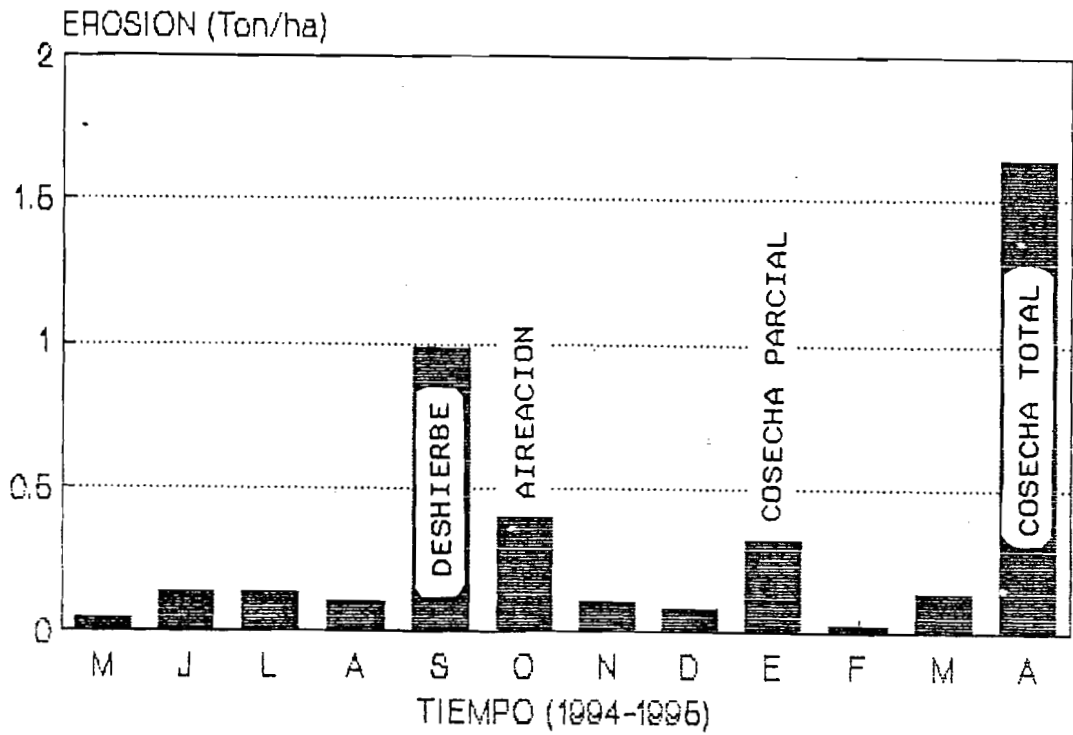
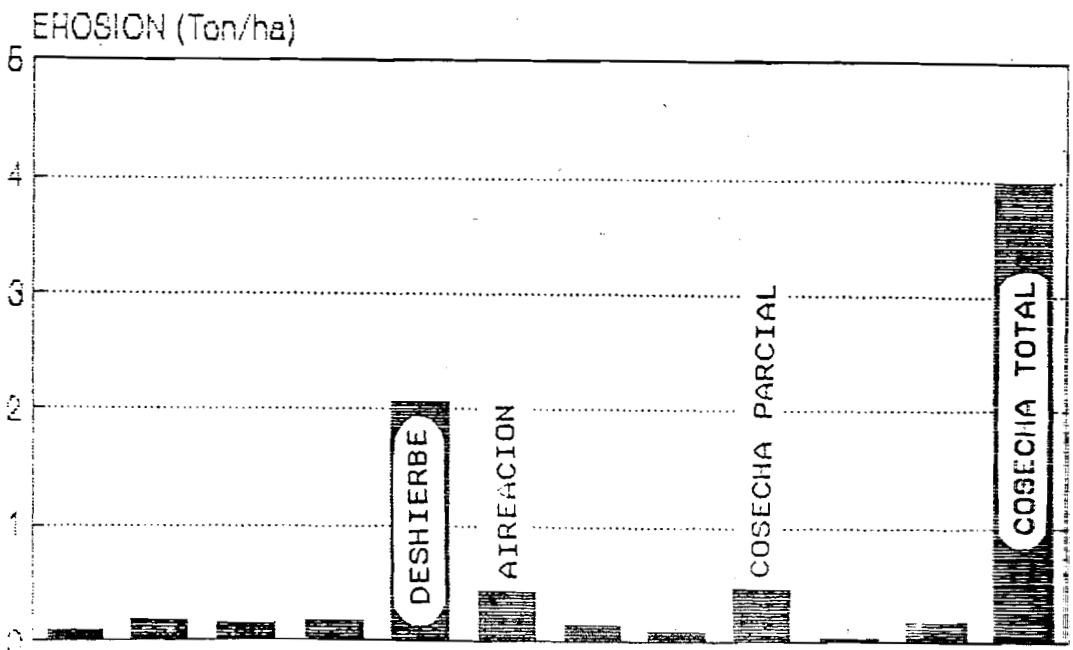


Fig. 9 c y d. Erosión de la fracción mineral fina y total (Mg/ha) en el cultivo de apio (*Arracacia xanthorhiza* Banc.), El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

CULTIVO
Fracc. mineral total



solamente los agentes erosivos climáticos, sino también, y quizás más radicalmente, es el tipo de manejo al cual es sometido el terreno, lo que determinó las pérdidas por erosión. La estrecha relación existente entre las incursiones al terreno y la erosión ha sido igualmente descrita, para cafetales en Canaguá, Edo. Mérida (Ataroff y Monasterio, 1993).

En abril se presentó la mayor cantidad de suelo perdido (Fig. 9c), coincide con un pequeño pico de lluvia, pero principalmente es el efecto de la remoción del terreno al cosechar lo que determinó en mayor medida el pico en erosión.

Esto coincide con las observaciones en zonas de ladera de Ataroff y Monasterio (1993), quienes comentan que debido a las labores practicadas dentro de un cultivo de café el terreno es pisado, por los productores, lo que produjo un desplazamiento de los primeros centímetros del suelo bajo cada pisada, al contrario de lo que sucede en terreno plano donde el efecto es más bien de compactación.

Se puede destacar que aunque en enero se cosechó parcialmente, lo cual determinó una disminución en la cobertura, sin embargo la erosión no fue muy fuerte, debido posiblemente a la época de sequía; parece ser que se hace necesario la combinación de eventos climáticos que

favorezcan la erosión, mayor agresividad de las lluvias o mayores montos totales y esto combinado con prácticas culturales que incidan en el detrimento de la cobertura del suelo (tales como deshierbe, cosecha, etc).

Para que se presenten eventos dramáticos de erosión, según Ataroff y Monasterio (1993), los eventos climáticos no necesariamente tienen que ser fuertes, basta un poco de precipitación para que se rompan los agregados y el agua de escurrimiento aunque poca, arrastre el material, esto es evidente en las figuras 9c-d, en suelos desprotegidos (enero y abril).

El Anexo 2b muestra las correlaciones entre cada uno de los parámetros medidos y la Tabla 13, los valores de correlación más importantes.

Tabla 13. Valores de correlación significativos encontrados en el cultivo de apio, sitio C, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

VARIABLE 1	VARIABLE 2	CORRELACION
El ₃₀	PREC. TOTAL	0,6079
El ₃₀	F.M. FINA <4mm	0,6780
El ₃₀	F.M.GRUESA >4mm	0,5341
TEMPERATURA	PREC. TOTAL	0,7074
TEMPERATURA	F.M. FINA	0,4612
PREC. TOTAL	PREC. EFECTIVA	0,5468
HOJARASCA	F.M. FINA <4mm	0,6607

En el cultivo de apio, las pérdidas están representadas principalmente por la fracción mineral del suelo, se encontró una correlación directa y significativa ($p > 0,05$) entre fracción mineral fina y el El_{30} (0,67) y entre fracción mineral gruesa y el El_{30} (0,53), esto puede deberse de hecho a la agresividad de la lluvia de septiembre y octubre, pero también en estos meses, se practicó deshierbe y aireación del terreno, actividades que determinaron remoción de la parte superficial del suelo.

Auerswald (1995) encontró una alta correlación entre las pérdidas de suelo y el tipo de manejo y el equipo usado para la preparación del terreno, lo que a su vez afecta las propiedades físicas del suelo; al respecto Auxtero y col. (1996) comentan que la adopción adecuada de prácticas de manejo y de sistemas productivos apropiados, para cada sitio específico, pueden minimizar la compactación del suelo, durante su preparación, lo que reduce el riesgo de erosión.

Es el cultivo de apio un sitio donde fácilmente se aprecia el efecto determinante que tiene sobre las pérdidas de suelo las prácticas de manejo, y el resultado drástico que sobre la erosión posee, la combinación de factores antrópicos, físicos y climáticos desfavorables.

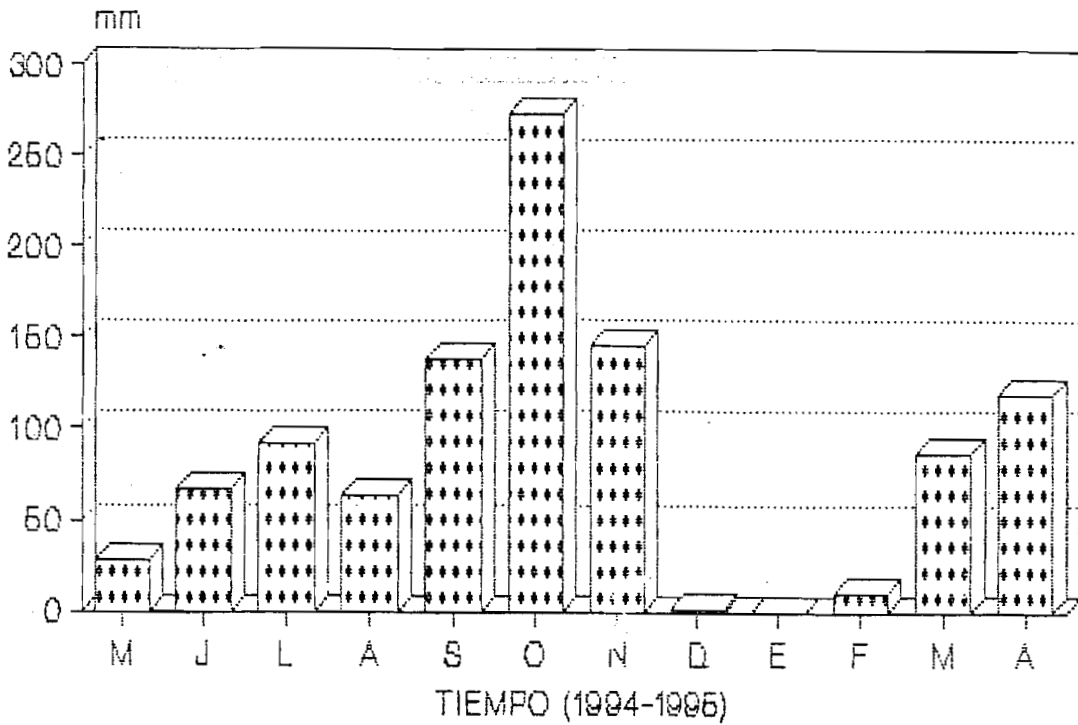
c. Potrero

Según muestran las Fig. 10 a-b, el mayor monto tanto de precipitación efectiva como de escurrimiento se presentó en el mes de octubre, en dicho mes igualmente se presentó pastoreo, lo cual determinó pérdidas de suelo considerables (Fig. 10c-d), es destacable que los montos de suelo perdido para los meses restantes son mínimos.

Aunque no es posible distinguir claramente si fue el efecto ambiental (mayores montos de precipitación y escurrimiento) o si efectivamente la entrada del ganado en octubre al potrero fue lo que determinó el aumento drástico en erosión. Es indudable (Fig.10 a-d) que el pastoreo fue factor determinante en cuanto a pérdidas de suelo se refiere. Esto coincide con las observaciones de Zobisch (1993), quien encontró que en Kenya la degradación y erosión del suelo esta directamente relacionada con el pastoreo, la densidad animal y el grado promedio de cobertura del pasto.

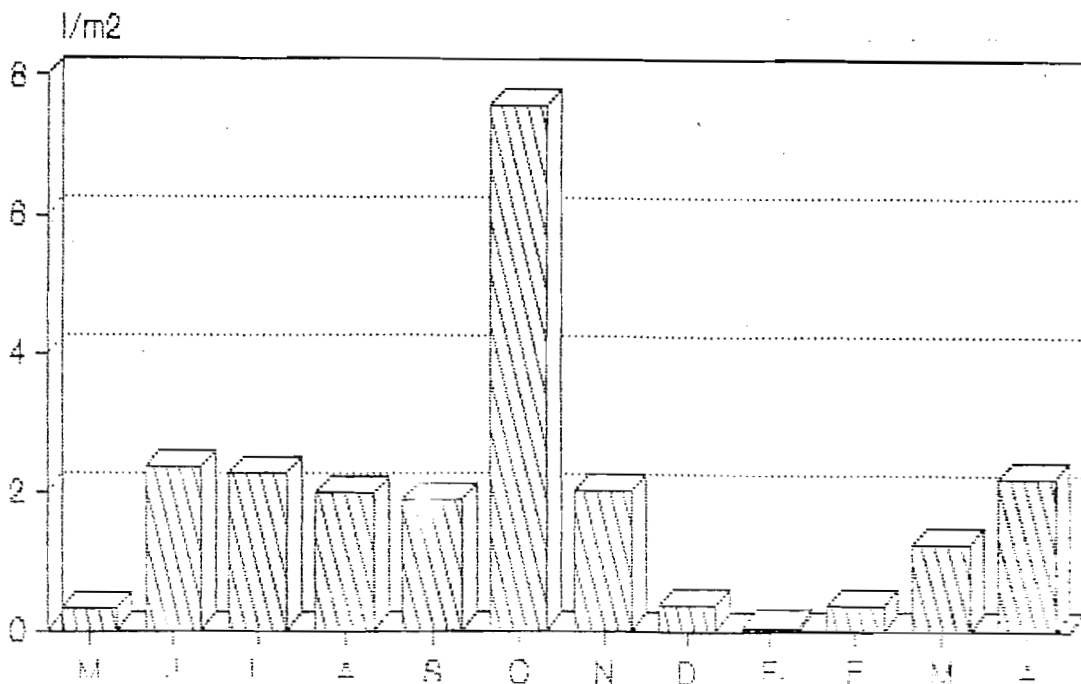
Noni y Viennot (1986), encontraron para la Sierra Volcánica Alta del Ecuador, que existe un dinámica de deslizamientos provocada por el sobre-pastoreo, el peso del ganado que se desplaza, perpendicularmente a la línea de la pendiente más fuerte, contribuye al modelado de las

PRECIPITACION EFECTIVA



g.10 a y b. Precipitación efectiva y escurrimiento (mm) en el potrero, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

POTRERO Eскурrimiento (mm)



vertientes en gradas y pequeñas terrazas, estas cuyo ancho y altura son de orden decimétrico, subrayan el trazado de las curvas de nivel. En los lugares en donde el terreno ha sido demasiado pisoteado, la estructura superficial del suelo se degrada y pierde su alta permeabilidad, en estas condiciones el trazado de dichas terracetas, tiende a debilitarse y a desaparecer. Luego los elementos finos superficiales del suelo están sometidos por una parte a una reptación lenta, y por otra parte a los efectos de un escurrimiento difuso a ligeramente concentrado en quebradillas.

Se sabe que el ganado vacuno ejerce una presión de 9 kg/cm^2 sobre los primeros centímetros de la superficie, dicha presión compacta el suelo, disminuye la porosidad y la velocidad de infiltración e incrementa el escurrimiento superficial (Anaya, 1986). Sin embargo igualmente se sabe que la mejor estructura grumosa se encuentra en los suelos pastoriles, debido a la acción favorable de las raíces de los pastos, el descanso de una pastura, generalmente aumenta su sistema radicular. Por eso es una de las medidas que más contribuye para la conservación del suelo pastoril (Primavési, 1981). Debido a que en el potrero estudiado la incursión del ganado estuvo muy limitada, el efecto de este en cuanto a compactación se refiere fue mínimo, lo cual permitió el

crecimiento del pasto y de sus raíces, que a su vez determinó una mejor estructura del suelo.

Pinzón (1991), encontró para los suelos del Caquetá, Colombia, que el pisoteo del ganado modifica sustancialmente características físicas tales como densidad aparente, la tasa de infiltración, la porosidad, y la estructura del suelo, ocasionando pérdida temporal de los primeros 5 cm de suelo. Sin embargo, en suelos de la subcuenca Las Ceibas, del alto Magdalena en Colombia, Perea y colaboradores (1991), para las condiciones en que fue realizado el estudio, encontraron que, en general se puede decir que el pastoreo rotacional con períodos de ocupación y descanso controlados, dependiendo de la abundancia o escasez de lluvia, no favorece la erosión del suelo.

Como es posible observar en el Anexo 2c, y en la Tabla 14, en las parcelas colocadas sobre el potrero *P*, ningún factor climático está significativamente relacionado con las pérdidas por erosión.

Tabla 14. Valores de correlación significativos encontrados en el potrero *P*, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

VARIABLE 1	VARIABLE 2	CORRELACION
EI30	PREC. TOTAL	0,5493
TEMPERATURA	PREC. TOTAL	0,6101
PREC. TOTAL	PREC. EFECTIVA	0,8184

Teniendo en cuenta que la erosión total en el potrero, fue relativamente baja debido a que el sitio no se encontró sometido a una alta carga animal, y a que se le permitió al pastizal un descanso prolongado, además el potrero esta rodeado por una vegetación boscosa secundaria bastante rala, dicho potrero sirve como sitio de paso del ganado hacia la carretera, es necesario aclarar que no son estas las condiciones usuales, pues gran parte de los potreros de la región son sometidos a condiciones menos benignas, sin embargo, el sitio *P* es un medio con un equilibrio relativamente frágil, ya que la incursión del ganado en el pastizal determinó pérdidas de suelo muy considerables (0,7 Mg/ha), en solo quince días. Por lo tanto, se hace necesario en general, controlar la carga animal por unidad de área, pues sí se intensificara el pastoreo existe la posibilidad de que se produzcan pérdidas considerables de suelo.

d. Cultivo en terrazas

Observando las Fig. 11 a-b, podemos apreciar como la precipitación efectiva y el escurrimiento se encuentran relacionados, en general se puede decir que a mayor precipitación efectiva, mayor escurrimiento.

PRECIPITACION EFECTIVA

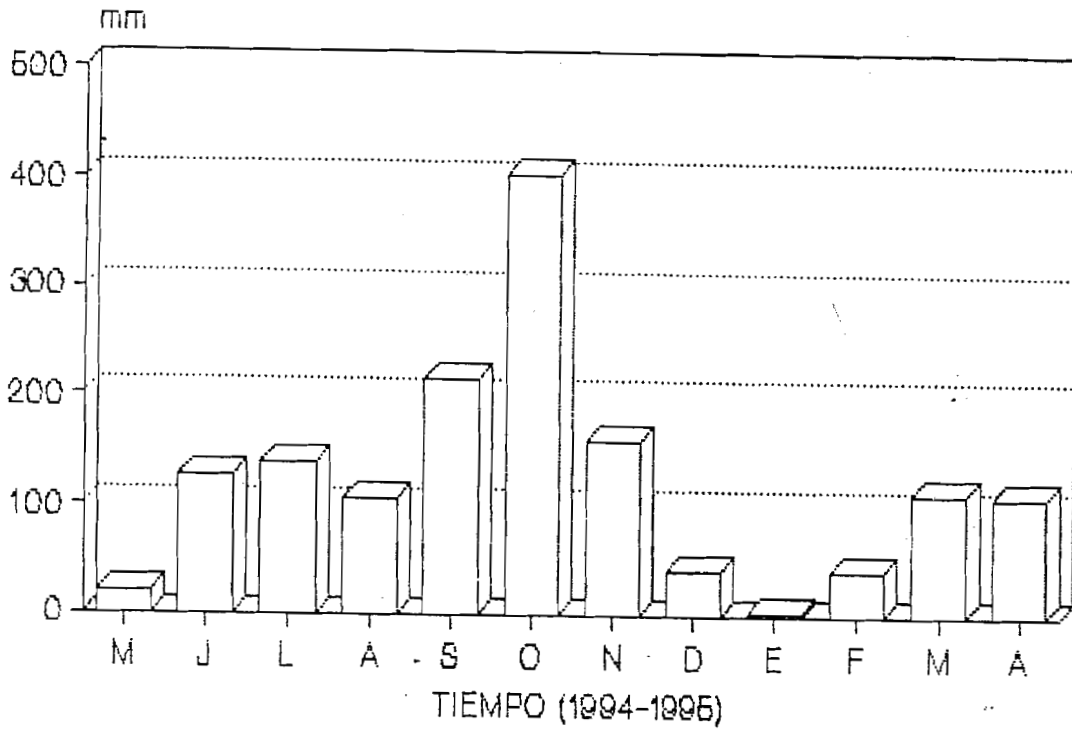
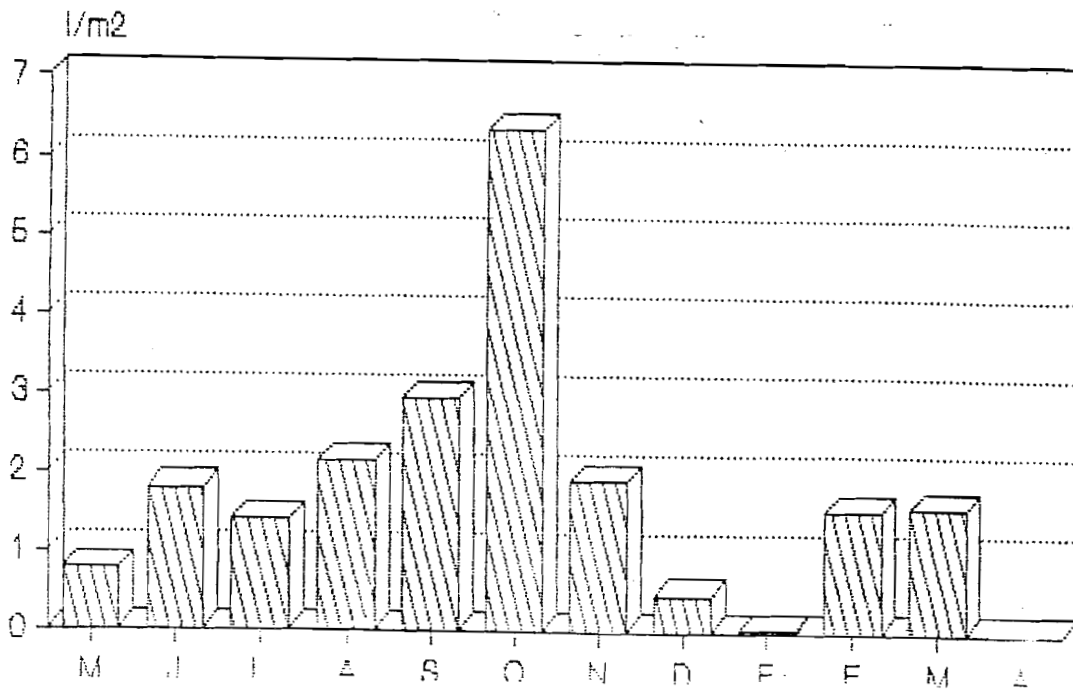
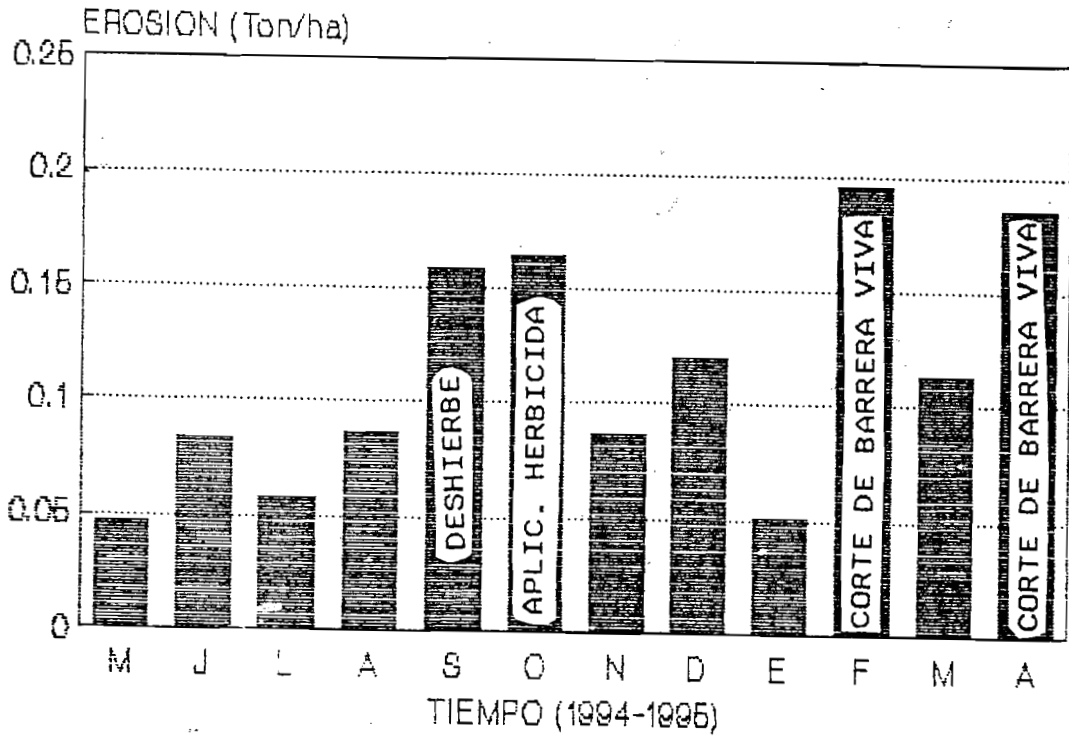


Fig.11 a y b. Precipitación efectiva y escurrimiento (mm) en el cultivo de manzano en terrazas, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

TERRAZAS Escurrimiento (mm)



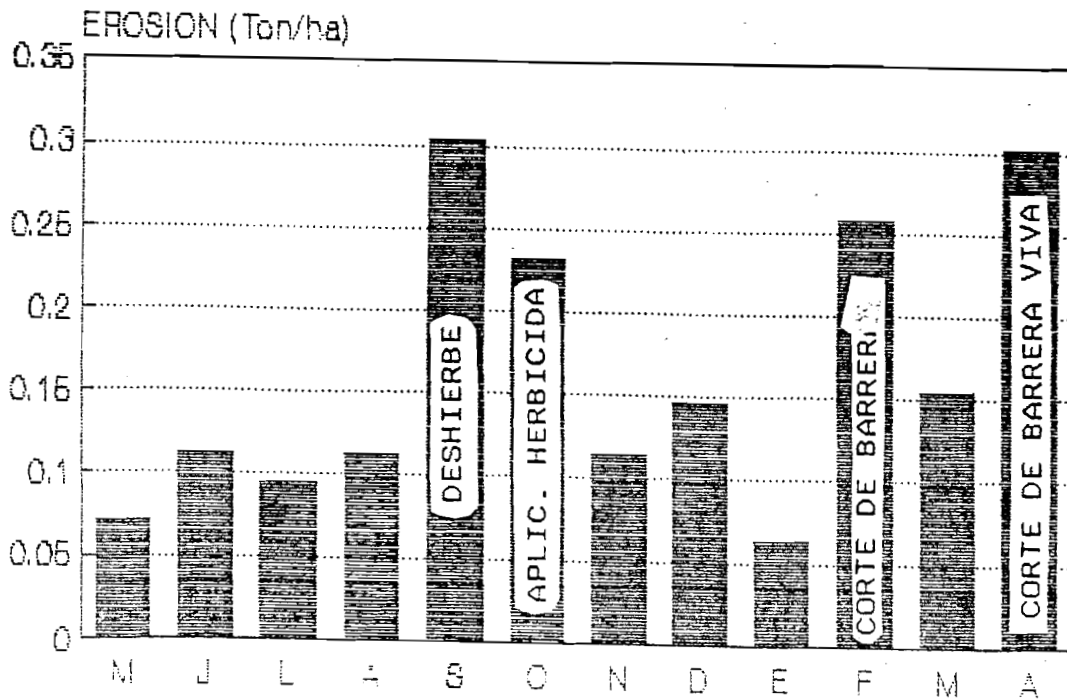
Fracc. mineral fina



1 c y d. Erosión de la fracción mineral fina y total (Mg/ha) en el cultivo de manzano en terrazas, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

TERRAZAS

Fracc. mineral total



Es posible apreciar como el mes con mayor precipitación efectiva y escurrimiento fue octubre (Fig. 11 a-b), sin embargo, la mayor cantidad de fracción mineral fina se perdió en febrero, mes en el cual la precipitación y el escurrimiento no son precisamente altos. Las mayores pérdidas coinciden con las actividades agrícolas, que implican pisoteo (Fig. 11 c-d).

En el cultivo de manzano, en terrazas sitio *T*, tal como se muestra en la Tabla 15, el EI₃₀ presentó una relación directa y significativa con: La precipitación total (0,79), con la fracción mineral fina (0,47), con la temperatura (0,91), mientras la precipitación total se encontró relacionada con la cantidad de fracción mineral gruesa (0,54).

El Anexo 2d, presenta todos los valores encontrados. Las Fig. 11 a-d muestran como la erosión está relacionada con los factores climáticos y con las incursiones en el terreno, debidas al laboreo.

Tabla 15. Valores de correlación significativos encontrados en el cultivo con terrazas sitio *T*, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

VARIABLE 1	VARIABLE 2	CORRELACION
EI30	PREC. TOTAL	0,7938
EI30	F.M. FINA	0,4702
TEMPERATURA	PREC. TOTAL	0,8755
TEMPERATURA	F.M. FINA	0,4516
TEMPERATURA	F.M. GRUESA	0,5780
PREC. TOTAL	F.M. GRUESA	0,5407

Fernández (1994), en la Estación Experimental Bajo Seco, ubicada en la cuenca del río Petaquire, Municipio Carayaca del Distrito Federal, encontró para un cultivo permanente de durazno que la pérdida de suelo fue 0,24 Mg/ha, para la unidad de suelo más arcillosa, y 0,38 Mg/ha, para la unidad de suelo más arenosa. En las dos unidades de suelo diferentes pero bajo uso de hortalizas (repollo) las pérdidas de suelo por salpique, también resultaron similares, 0,94 Mg/ha para la unidad de suelo más arcillosa y 0,83 Mg/ha para la unidad más arenosa. Llegando a la conclusión de que el uso del suelo homogeniza el comportamiento de éste ante la erosión por salpique, evidenciado por la similitud de las pérdidas encontradas en suelos diferentes bajo el mismo uso y las pérdidas de suelo son mayores con uso hortícola que con uso permanente, lo que se explica por la mayor consolidación del suelo y cobertura a ras del suelo que brinda éste último uso.

Wollenhaupt y col.- (1995) encontraron que el método de arado conservacionista reduce hasta en un 46% las pérdidas por erosión en los cultivos de alfalfa y avena.

Herrera y col. (1994) establecieron un efecto benéfico para el control de la erosión, con la implantación de barreras vivas en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y maíz (*Zea mays L.*), determinaron además que

las prácticas conservacionistas presentaron beneficios adicionales tales como: mayores rendimientos, se perdieron menos nutrientes por efecto de erosión hídrica, el terreno adquirió mayor valor por las mejoras que las prácticas de conservación implican, entre otras muchas ventajas.

El productor al pisar el borde de cada una de las terrazas, produce un pequeño deslizamiento, que va en detrimento de la conservación del terrazo, quizás un factor a tener en cuenta sea el ancho de cada terraza, el que debe ser óptimo asegurando que las actividades agrícolas se puedan practicar sin causar mayores perturbaciones.

A nuestro parecer el manejo del suelo, que depende a su vez del tipo de cultivo, es lo que determinó en mayor grado las pérdidas por erosión tanto en el cultivo en terrazas sitio *T*, como en el cultivo tradicional de apio sitio *C*.

1.4.2. Variabilidad espacial

Se eligieron pruebas no paramétricas, para establecer si existían diferencias significativas entre las muestras provenientes de las distintas réplicas.

Se realizó un análisis de varianza de una clasificación por rangos de Kruskal-Wallis (Siegel, 1989), para determinar si existían diferencias significativas entre cada una de las réplicas y para cada uno de los factores medidos (escurrimiento, diferentes fracciones hojarasca, fracción mineral fina ($<4\text{mm}$), gruesa ($>4\text{mm}$) y fracción mineral total).

La hipótesis de nulidad que supone que todas las muestras proceden de la misma población o de poblaciones idénticas con respecto a los promedios. La prueba supone que la variable en estudio tiene una distribución continua.

Se rechaza la hipótesis nula, determinándose que la desigualdad entre las sumas de rangos es tan grande que probablemente no procedan de muestras tomadas de la misma población las siguientes variables de diferentes parcelas:

SITIO	PARÁMETRO	Estadístico K-W	P
B	Frac. mineral fina	15,37	0,0005
	Frac. mineral gruesa	9,81	0,0074
C	Frac. mineral fina	15,33	0,0005
	Frac. mineral gruesa	15,44	0,0004
T	Frac. mineral fina	6,65	0,0359
P	Frac. mineral fina	20,70	<0,0001
	Frac. mineral gruesa	21,05	<0,0001

Las parcelas colocadas en el bosque, sitio *B* no presentaron diferencias significativas en: Esgurrimiento, cantidad de hojarasca y cantidad de fracción mineral total.

Las parcelas colocadas en el cultivo tradicional de apio, sitio *C*, son idénticas para el escurrimiento.

Las parcelas colocadas en el sitio *P*, el potrero, son idénticas para la cantidad de hojarasca, escurrimiento, fracción mineral gruesa y fracción mineral total.

Las parcelas colocadas en las terrazas sitio *T*, son idénticas en cuanto a la cantidad de hojarasca, escurrimiento y fracción mineral total.

Es importante señalar que en cuanto al escurrimiento no se encontraron diferencias significativas, para ninguna de las parcelas. Esto podría implicar, que si bien los factores abióticos determinantes en los procesos erosivos actúan de manera homogénea, en cada una de las parcelas, el comportamiento de dichas parcelas no es igual.

Para determinar específicamente cuales son las réplicas diferentes, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney, que prueba si cada par de réplicas han sido tomadas de la misma población, la cual estableció que la hipótesis nula que sostiene que las dos muestras tienen la misma distribución, fue rechazada para las siguientes muestras:

BOSQUE, sitio *B*, para fracción mineral fina:

PARCELAS	U1	U2	Z-Estadístico	Nivel de significancia
1-2	53,5	142,5	2,02	0,0216
2-3	179	17	3,74	0,0001

para fracción mineral gruesa:

PARCELAS	U1	U2	Z-Estadístico	Nivel de significancia
1-2	50	46	2,18	0,0145
2-3	165	31	3,10	0,0010

Para el primer caso la evidencia apoya a H₁, lo cual implica que "la masa" de la fracción mineral fina de la parcela 1 es más grande que la de la parcela 2.

Luego la parcela 2 que presentó un comportamiento diferente en el bosque, sitio *B*; es la que se está erosionando en mayor magnitud.

Dentro de las posibles razones que explican tales diferencias se pueden enumerar:

Pequeños cambios en el grado o inclinación de la pendiente podrían afectar la erosión, dicha interrelación ha sido expresada como:

$$E = aS^b$$

Donde E es la erosión, y S es el gradiente de la pendiente (%), a y b son parámetros fijos (Zing, 1940 cit. por Bradford & Wood, 1989).

En parcelas dentro de tierras cultivadas McCool y col. (1987) cit. por Bradford & Wood (1989), sugieren la ecuación siguiente:

$$E = a \sin^b q + c$$

Donde q es el ángulo de la pendiente en grados, y a, b y c son constantes.

Es así como la erosión aumenta con la inclinación de la pendiente, pero solo hasta un punto, después del cual la erosión no aumenta aunque se incremente la pendiente. El efecto de la pendiente podría no ser muy grande en bosques, como sí lo es en tierras cultivadas, pues el efecto benéfico de la cobertura vegetal, reduce la velocidad de flujo de la escorrentía (Schum 1977 cit. por Bradford & Wood, 1989).

Otro factor que podría estar determinando dichos cambios es la cobertura vegetal y la cantidad de rocas en cada parcela, no se han realizado aún las pruebas necesarias para demostrar si es homogénea la cantidad de rocas en sitio de muestreo, se sabe que la vegetación y las piedras, protegen a la superficie del suelo del impacto de las gotas de lluvia, disminuyendo la velocidad de escorrentía, los elementos rocosos de tamaño variable forman microbarreras, que impiden o frenan la pérdida de la fracción fina (De Robert, 1993) y el suelo se estabiliza mediante la vegetación, pues la penetración de las raíces, reduce la compactación, la materia orgánica (necromasa), mejora la bioestructura y por lo tanto la porosidad (Seiby cit. por Bradford & Wood, 1989). Cuando la cobertura vegetal es menor que 8% no hay control de erosión, mientras que una cobertura mayor, cercana al 70% provee mayor protección, por lo cual cambios en la dicha cobertura afectan grandemente la erosión (Schum 1977 cit. por Bradford & Wood, 1989).

Joseph y col. (1995), encontraron que al mantener la cobertura superficial a través del año se reduce sustancialmente la erosión en cultivo de cereales. Igualmente Staricka y Benoit (1995), encontraron que la estabilidad de los agregados del suelo disminuye cuando por efectos de viento o estacionales, se producen cambios debidos a pérdida de hojas, lo que a su vez aumenta el riesgo de erosión.

Si analizamos la inclinación, vemos como la parcela 1 posee 34° , la 2 tiene 38° y la 3 posee 48° de inclinación. Esto indica que evidentemente no es la inclinación de las parcelas a lo que podemos atribuir la diferencia, solo un 5 % de variación, es atribuida a la pendiente en la ecuación universal USLE, para estimar pérdidas de suelo (Vich y Pedrani, 1994).

Según el estudio de Risse y col. (1993) la cobertura, los factores topográficos y el manejo, tienen un efecto bastante significativo cuando de estimar pérdidas de suelo se trata. Es posible que las diferencias encontradas estén dadas por el porcentaje de cobertura.

CULTIVO C, para Fracción mineral fina:

PARCELAS	U1	U2	Z-Estadístico	Nivel de significancia
2-3	27	169	3,23	0,0006
1-3	24	173	3,42	0,0003

para Fracción mineral gruesa:

PARCELAS	U1	U2	Z-Estadístico	Nivel de significancia
2-3	27	169	3,23	0,0006
1-3	24	173	3,42	0,0003

Para este caso la evidencia apoya a H_1 , lo cual implica que "la masa" de la fracción mineral fina y gruesa de la parcela 1 y 2 son más grandes que la de la parcela 3. Luego la parcela que presentó problemas es la 3. La parcela 1 y la 3 tienen el mismo grado de inclinación (25°), mientras que la parcela 2 tiene un mayor grado de inclinación (28°). Con lo que se demuestra que no es necesariamente, el grado de inclinación el factor determinante de las pérdidas en el cultivo de apio, sitio C.

En la zona de cultivo la cobertura varía mucho, aunque se trata de un cultivo de ciclo largo. Dependiendo del manejo, que se le de al cultivo, la cobertura aumenta o disminuye. Sin embargo, durante casi todo el tiempo la cobertura ha sido mayor en la parcela 3, lo que podría, demostrar el gran peso que tiene este factor, cuando de estimar pérdidas de suelo se trata.

POTRERO sitio **P**, para fracción mineral fina:

PARCELAS	U1	U2	Z-Estadístico	Nivel de significancia
1-2	168,5	56,5	2,34	0,0096
2-3	62	163	2,07	0,0190

Para este caso la evidencia apoya a H_1 , lo cual implica que "la masa" de la fracción mineral fina de la parcela 1, es más grande que la 2 y la 2 es más grande que la 3.

En cuanto al grado de inclinación todas las parcelas son bastante homogéneas, las parcelas 1 y 3 poseen 22° , mientras que la parcela 2 posee 23° . Por lo tanto las diferencias no pueden ser atribuidas a la inclinación, ni tampoco a la cobertura, pues todas poseen 100% de cobertura vegetal. Las diferencias podrían estar dadas quizás por la intensidad de pastoreo o por el vigor del pasto, aunque en este aspecto no existen variaciones obvias.

TERRAZAS, sitio **T**, para fracción mineral fina:

PARCELAS	U1	U2	Z-Estadístico	Nivel de significancia
1-2	111	10	3,34	0,0004
1-3	0	121	3,3	<0,0001

para Fracción mineral fina:

PARCELAS	U1	U2	Z-Estadístico	Nivel de significancia
2-3	0	121	3.93	<0.0001

para Fracción mineral gruesa:

PARCELAS	U1	U2	Z-Estadístico	Nivel de significancia
1-2	120	1	3,93	<0,0001
1-3	0	121	3,93	<0,0001

Para el primer caso la evidencia apoya a H_1 , lo cual implica que "la masa" de la fracción mineral fina de la parcela 1 es más grande que la de la parcela 2. Este mismo razonamiento se puede aplicar a todas las demás muestras. Se tiene como conclusión que las parcelas 1 y 2, se están erosionando en mayor medida que la parcela 3.

De la inclinación de la pendiente en este caso obviamente no se trata pues, T es un sitio con terraceo. Las parcelas 1 y 2, se les está aplicando el mismo manejo, sin embargo la parcela 3 se encuentra ubicada, sobre un antiguo ensayo del FONAIAP, que tenía como objetivo establecer diferencias entre variedades de manzano, por tal motivo, en el sitio en que se encuentra ubicada esta parcela, el productor no interviene, ni realiza podas, en general es un área sobre la cual casi no se transita. Es

en este caso evidente, que el manejo aplicado al cultivo esta determinando las pérdidas de suelo.

Unger (1995) determinó que existen variaciones de las propiedades físicas del suelo, dependiendo del sitio de muestreo (zonas de paso frecuente o no muy frecuentadas), del ciclo del cultivo y del tratamiento y actividades que en el se practiquen.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS

Sin duda alguna la ocupación humana ha desencadenado los procesos erosivos pues, es bien sabido que el pisoteo durante las labores tiende a aumentar la compactación que a su vez disminuye la tasa de infiltración del suelo, aumenta la escorrentía y seguramente la erosión (Fullen, 1985).

Según Pla (1979), el principal problema de conservación de suelo en Venezuela está asociado con la producción agrícola, especialmente con algunos cultivos anuales, los principales problemas son la compactación, la formación de costras y la erosión, esta última se ve aumentada por la intensificación de las prácticas agrícolas, rotación continua acortando cada vez más los períodos de descanso y principalmente la no incorporación al suelo de los residuos del cultivo. Aunque el cultivo en cuestión, *Arracacia xanthorhiza* Banc., es uno de los cultivos que posiblemente no afectan en gran medida los procesos erosivos, pues es de ciclo largo, permanece un año o más tiempo en el terreno, y las incursiones efectuadas dentro del terreno son mínimas, pues no necesita aplicaciones frecuentes de insumos agrícolas, (fertilizantes, plaguicidas, fungicidas, etc), de hecho durante mayo de 1994-abril de 1995 se presentaron solo 4 incursiones en el terreno, en

otro tipo de cultivo de hortalizas (repollo, zanahoria, coliflor, etc), fácilmente estas pueden ascender a treinta o incluso más, dependiendo de las condiciones fitosanitarias.

Aunque para los cultivos se encontraron relaciones significativas entre las diferentes variables (precipitación, escorrentía y erosión), es evidente que no solamente los agentes erosivos, sino también, y quizá más radicalmente, es el tipo de manejo al cual se someten los cultivos lo que determina las pérdidas por erosión.

En el proceso de transformación y utilización del ambiente la elaboración de terrazas en laderas juega un papel importante como forma de intensificar el uso de suelo, facilitando el drenaje y el manejo (García, 1992). Además observamos como, realmente, es este un mecanismo apropiado para controlar la erosión reduciéndola cerca de tres veces en relación al sitio sin práctica conservacionista.

La erosión en el potrero esta muy relacionada con el pisoteo y la incursiones del ganado dentro de las parcelas, posiblemente en mayor grado que con los factores climáticos. El sobrepastoreo agota los pastos, compacta los suelos, acentúa el escurrimiento y produce erosión pues ayuda a la formación de terracetas, cárcavas y calvas. También altera las relaciones entre la planta, el suelo y el agua (Paredes, 1992).

los terrenos agrícolas, la abundancia de capital, la estabilidad de los precios de los productos agrícolas, el grado de educación del campesino, las vías de comunicación, etc., que en muchos casos explican mejor que las mismas características físicas predominantes, la magnitud y las características de la erosión de los suelos en una zona (Peña, 1975; Lamb y col., 1950).

- Los resultados muestran el mayor impacto en cuanto a pérdidas de suelo se refiere, lo presentó el cultivo de apio, con un monto total de 7,91 Mg/ha/año, luego el cultivo de manzano en terrazas, donde se perdieron 1,96 Mg/ha/año, en el potrero la fracción mineral total erosionada alcanzó un monto de 1,11 Mg/ha/año y el bosque fue el sitio que se erosionó en menor magnitud 0,54 Mg/ha/año.

- Los sitios que perdieron la mayor cantidad de fracción mineral, son a la vez aquellos donde las condiciones edáficas y en general de erosionabilidad y erosividad fueron menos favorables.

- Resultó complejo separar y definir el efecto de las variables en forma individual pues la textura, la conductividad eléctrica, el pH, el contenido de materia orgánica, la infiltración básica, la densidad aparente, el tipo de agregados y la estabilidad de estos al agua, entre otras muchas variables, en especial las de orden biológico y su interrelación, no pueden predecir de forma aislada, el comportamiento del suelo ante la erosión, son la suma y las interrelaciones que se establecen entre dichos factores lo que puede determinar la susceptibilidad del suelos ante la erosión, teniendo en cuenta esto se determinó que el sitio con mayor riesgo de erosión fue el cultivo de

apio, seguido por el potrero, el cultivo de manzano en terrazas y por último el bosque.

- Se encontró que existen variaciones temporales en cuanto a los montos de suelo erosionado, dichas variaciones estuvieron relacionadas de manera general con factores climáticos, tales como precipitación total y efectiva, y erosividad de las lluvias.

- En el bosque se encontró que la erosión está relacionada con la precipitación y el escurrimiento; mientras que en el potrero el factor más importante en cuanto a pérdidas de suelo se trata fue el pastoreo.

- A nuestro parecer una de las causas principales de erosión en los sitios de cultivo tanto de apio como de manzano, fueron las actividades agrícolas, las cuales dependen a su vez del tipo de cultivo, los resultados sugieren la conveniencia de aplicar prácticas de manejo adecuadas.

- Se encontró que existe una variabilidad espacial que esta dada por el microrelieve, la cobertura y el manejo dado a cada parcela.

- Se intuye que existen algunos aspectos tales como la distribución de la población y de los terrenos agrícolas, la abundancia de capital, la estabilidad de los precios de los productos agrícolas, el grado de educación del campesino, las vías de comunicación, etc., que en muchos casos explican mejor que las mismas características físicas y climáticas predominantes, la magnitud y las características de la erosión, factores que se proponen sean estudiados.

- Se destaca la importancia de continuar recabando información, lo que permitiría apreciar a largo plazo el impacto de la pérdida de suelo, en diferentes cultivos hortícolas.

APENDICES Y ANEXOS

Anexo 1a. Valores de correlación encontrados en el Bosque Siempre Verde Seco, sitio B, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

VARIABLE 1	VARIABLE 2	CORRELACION		
EIB0	TEMPERATURA	0.9152		
	PREC. TOTAL	0.4856		
	PREC. EFECTIVA	8.2329 E-02		
	ESCORRENTIA	-7.7756 E-02		
	HOJARASCA	-3.2287 E-02		
	F. M. FINA	0.1417		
	SEDIMENTOS	-8.5353 E-02		
	F.M. FINA TOTAL	5.6284 E-02		
	F.M. GRUESA	0.4782		
	F.M. TOTAL	-35614 E-02		
TEMPERATURA	PPEC. TOTAL	0.5768		
	PREC. EFECTIVA	5.4178 E-02		
	ESCORRENTIA	-8.7942 E-02		
	HOJARASCA	-2.9287 E-02		
	F. M. FINA	5.4639 E-02		
	SEDIMENTOS	-0.1489		
	F.M. FINA TOTAL	0.1213		
	F.M. GRUESA	0.4669		
	F.M. TOTAL	-3.7235 E-02		
	PREC. TOTAL	PREC. EFECTIVA	0.7542	
ESCORRENTIA		-3.3556 E-02		
HOJARASCA		0.2103		
F. M. FINA		0.1446		
SEDIMENTOS		0.3142		
F.M. FINA TOTAL		0.5217		
F.M. GRUESA		0.3061		
F.M. TOTAL		0.1896		
PREC. EFECTIVA		ESCORRENTIA	4.9315 E-02	
		HOJARASCA	0.2723	
	F. M. FINA	0.2154		
	SEDIMENTOS	0.5525		
	F.M. FINA TOTAL	0.5186		
	F.M. GRUESA	-3.8785 E-03		
	F.M. TOTAL	0.2615		
	ESCORRENTIA	HOJARASCA	2.4079 E-02	
		F. M. FINA	0.1301	
		SEDIMENTOS	-0.1808	
F.M. FINA TOTAL		2.5890 E-02		
F.M. GRUESA		-5.3827 E-02		
F.M. TOTAL		-1.0670 E-03		
HOJARASCA		F. M. FINA	-9.3108 E-02	
		SEDIMENTOS	0.4130	
		F.M. FINA TOTAL	0.1182	
		F.M. GRUESA	-2.7235 E-02	
	F.M. TOTAL	0.9971		
	F. M. FINA	SEDIMENTOS	6.9792 E-02	
		F.M. FINA TOTAL	0.1712	
		F.M. GRUESA	0.2453	
		F.M. TOTAL	-8.3428 E-02	
		SEDIMENTOS	F.M. FINA TOTAL	0.2122
F.M. GRUESA			-0.1162	
F.M. TOTAL			0.4153	
F.M. FINA TOTAL			F.M. GRUESA	-7.6452
			F.M. TOTAL	0.1057
F.M. GRUESA			F.M. TOTAL	1.9748

Anexo 1b. Valores de correlación encontrados en el cultivo de apio, sitio C, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

VARIABLE 1	VARIABLE 2	CORRELACION
EI30	TEMPERATURA	0.9152
	PREC. TOTAL	0.6079
	PREC. EFECTIVA	6.7731 E-03
	ESCORRENTIA	-8.0409 E-02
	HOJARASCA	5.9837 E-02
	F. M. FINA	0.6780
	SEDIMENTOS	0.1582
	F.M. FINA TOTAL	0.1366
	F.M. GRUESA	0.5341
	F.M. TOTAL	-0.0353
TEMPERATURA	PREC. TOTAL	0.7074
	PREC. EFECTIVA	-3.7746 E-02
	ESCORRENTIA	-0.0723
	HOJARASCA	0.1717
	F. M. FINA	0.4612
	SEDIMENTOS	0.1999
	F.M. FINA TOTAL	0.2715
	F.M. GRUESA	0.3900
	F.M. TOTAL	-3.5817 E-02
PREC. TOTAL	PREC. EFECTIVA	0.5468
	ESCORRENTIA	9.6800 E-02
	HOJARASCA	0.1278
	F. M. FINA	0.2796
	SEDIMENTOS	0.2015
	F.M. FINA TOTAL	0.2951
	F.M. GRUESA	0.2617
	F.M. TOTAL	-3.1402 E-02
PREC. EFECTIVA	ESCORRENTIA	0.1331
	HOJARASCA	-4.4808 E-02
	F. M. FINA	0.1534
	SEDIMENTOS	5.4782 E-02
	F.M. FINA TOTAL	4.6010 E-02
	F.M. GRUESA	-8.1741 E-02
	F.M. TOTAL	-4.8406 E-04
ESCORRENTIA	HOJARASCA	-5.0356 E-02
	F. M. FINA	-4.3019 E-02
	SEDIMENTOS	0.1743
	F.M. FINA TOTAL	-4.0304 E-02
	F.M. GRUESA	-5.1531 E-02
	F.M. TOTAL	-2.8240 E-02
HOJARASCA	F. M. FINA	-2.8077 E-02
	SEDIMENTOS	-4.6578 E-02
	F.M. FINA TOTAL	6607
	F.M. GRUESA	4.8063 E-02
	F.M. TOTAL	-92322 E-03
F. M. FINA	SEDIMENTOS	5.1992 E-03
	F.M. FINA TOTAL	-2.9213 E-02
	F.M. GRUESA	0.1781
	F.M. TOTAL	-2.1356 E-02
SEDIMENTOS	F.M. FINA TOTAL	-5.6101 E-02
	F.M. GRUESA	-1.2035 E-02
	F.M. TOTAL	0.1150
F.M. FINA TOTAL	F.M. GRUESA	5.4985 E-02
	F.M. TOTAL	-1.3719 E-02
F.M. GRUESA	F.M. TOTAL	-3.6374 E-02

Anexo 1c. Valores de correlación encontrados en el potrero, sitio P, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

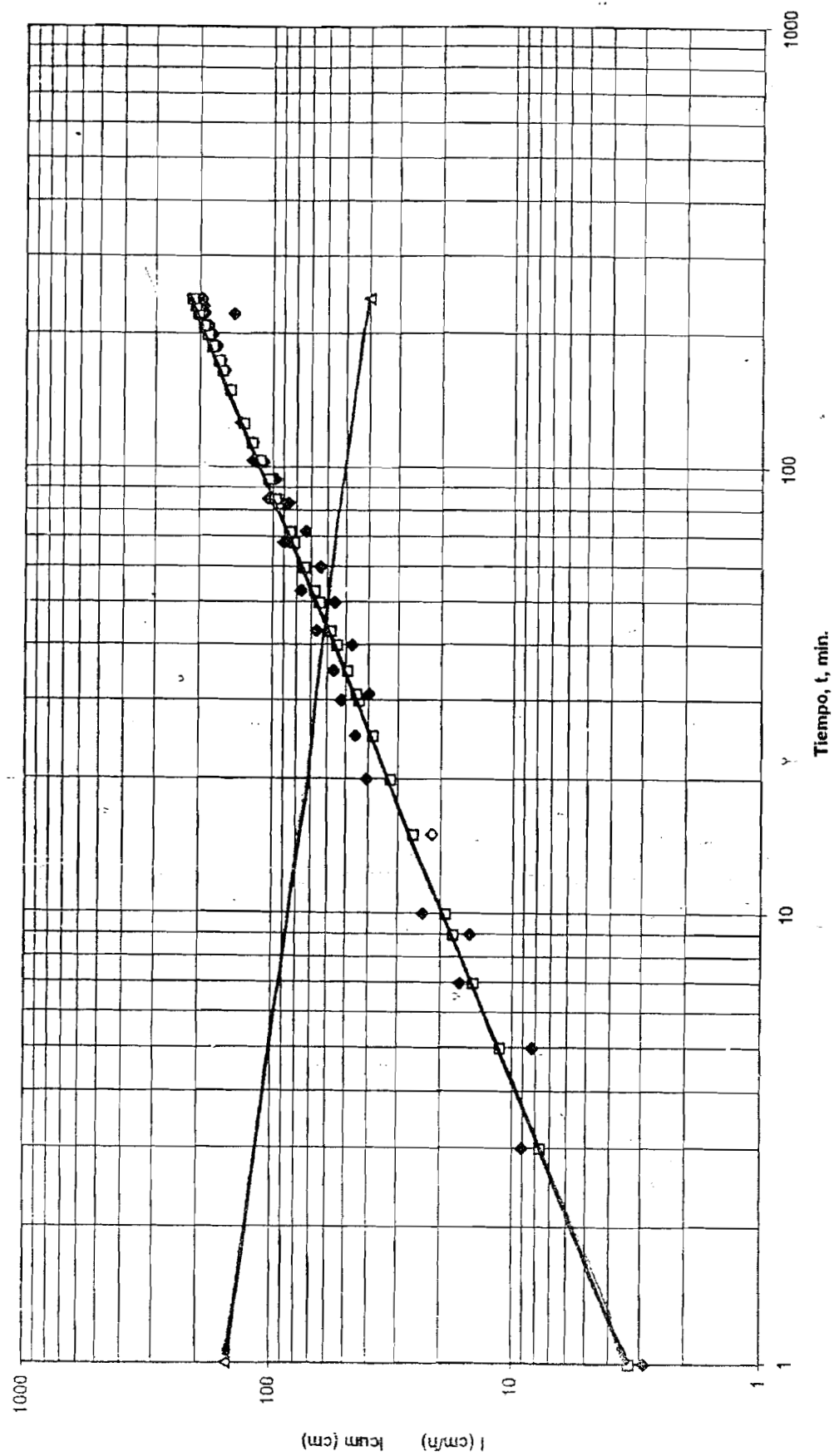
VARIABLE 1	VARIABLE 2	CORRELACION	
EI30	TEMPERATURA	0.9156	
	PREC. TOTAL	0.5493	
	PREC. EFECTIVA	5.4974 3E-02	
	ESCORRENTIA	-5.7115 E-02	
	HOJARASCA	-1.6186 E-02	
	F. M. FINA	0.3294	
	SEDIMENTOS	0.3002	
	F.M. FINA TOTAL	0.2368	
	F.M. GRUESA	0.3217	
	F.M. TOTAL	0.3247	
TEMPERATURA	PREC. TOTAL	0.6101	
	PREC. EFECTIVA	0.1344	
	ESCORRENTIA	-6.9371 E-02	
	HOJARASCA	-8.8316 E-02	
	F. M. FINA	0.2252	
	SEDIMENTOS	0.1845	
	F.M. FINA TOTAL	0.3042	
	F.M. GRUESA	0.2868	
	F.M. TOTAL	0.3173	
	PREC. TOTAL	PREC. EFECTIVA	0.8184
ESCORRENTIA		-2.2732 E-02	
HOJARASCA		8.5677 E-02	
F. M. FINA		-3.3348 E-02	
SEDIMENTOS		0.3692	
F.M. FINA TOTAL		0.2155	
F.M. GRUESA		0.3028	
F.M. TOTAL		0.1593	
PREC. EFECTIVA		ESCORRENTIA	2.5974 E-02
		HOJARASCA	0.1410
	F. M. FINA	-0.2105	
	SEDIMENTOS	0.3142	
	F.M. FINA TOTAL	0.1450	
	F.M. GRUESA	0.2097	
ESCORRENTIA	F.M. TOTAL	5.6038 E-02	
	HOJARASCA	0.1976	
	F. M. FINA	-5.3591 E-02	
	SEDIMENTOS	-4.8253 E-02	
	F.M. FINA TOTAL	-1.2132 E-02	
	F.M. GRUESA	0.0368	
HOJARASCA	F.M. TOTAL	-4.6474 E-02	
	F. M. FINA	-0.1437	
	SEDIMENTOS	6.7316 E-02	
	F.M. FINA TOTAL	-3.4643 E-02	
	F.M. GRUESA	-0.1399	
	F.M. TOTAL	-9.0170 E-03	
F. M. FINA	SEDIMENTOS	1.4654 E-02	
	F.M. FINA TOTAL	-5.0385 E-03	
	F.M. GRUESA	0.0515	
	F.M. TOTAL	0.1070	
SEDIMENTOS	F.M. FINA TOTAL	-4.9591 E-02	
	F.M. GRUESA	0.2334	
	F.M. TOTAL	-8.5002 E-02	
F.M. FINA TOTAL	F.M. GRUESA	-2.9428 E-02	
	F.M. TOTAL	0.7744	
	F.M. GRUESA	-4.9385 E-02	

Anexo 1d. Valores de correlación encontrados en el cultivo de manzano en terrazas, sitio T, El Cobre, Edo. Táchira, Venezuela, 1994-1995.

VARIABLE 1	VARIABLE 2	CORRELACION	
EJO	TEMPERATURA	0.9142	
	PREC. TOTAL	0.7938	
	PREC. EFECTIVA	-0.1702	
	ESCORRENTIA	-5.9091 E-02	
	HOJARASCA	-9.8967 E-02	
	F. M. FINA	0.4702	
	SEDIMENTOS	0.3688	
	F.M. FINA TOTAL	0.1539	
	F.M. GRUESA	0.3484	
	F.M. TOTAL	-8.8277 E-04	
TEMPERATURA	PREC. TOTAL	0.8755	
	PREC. EFECTIVA	-0.1705	
	ESCORRENTIA	-5.6676 E-02	
	HOJARASCA	-0.1017	
	F. M. FINA	0.4541	
	SEDIMENTOS	0.2047	
	F.M. FINA TOTAL	0.3005	
	F.M. GRUESA	0.5780	
	F.M. TOTAL	8.6499 E-03	
	PREC. TOTAL	PREC. EFECTIVA	0.2488
ESCORRENTIA		2.3350 E-02	
HOJARASCA		-6.5942 E-02	
F. M. FINA		0.3797	
SEDIMENTOS		0.2870	
F.M. FINA TOTAL		0.3086	
F.M. GRUESA		0.5407	
F.M. TOTAL		4.4874 E-02	
PREC. EFECTIVA		ESCORRENTIA	4.7524 E-02
		HOJARASCA	-8.7871 E-03
	F. M. FINA	-5.3911 E-02	
	SEDIMENTOS	0.1558	
	F.M. FINA TOTAL	-4.2017 E-02	
	F.M. GRUESA	-0.1147	
	F.M. TOTAL	2.1234 E-02	
ESCORRENTIA	HOJARASCA	0.3076	
	F. M. FINA	-7.5707 E-02	
	SEDIMENTOS	-9.4840 E-03	
	F.M. FINA TOTAL	3.0473 E-02	
	F.M. GRUESA	-4.3329 E-02	
HOJARASCA	F.M. TOTAL	-0.0303	
	F. M. FINA	-0.1446	
	SEDIMENTOS	-0.1078	
	F.M. FINA TOTAL	4.4032 E-02	
	F.M. GRUESA	-8.1121 E-02	
F. M. FINA	F.M. TOTAL	-8.6334 E-02	
	SEDIMENTOS	9.0323 E-02	
	F.M. FINA TOTAL	0.3191	
	F.M. GRUESA	7.7999 E-02	
SEDIMENTOS	F.M. TOTAL	-8.9880 E-03	
	F.M. FINA TOTAL	-8.4483 E-02	
	F.M. GRUESA	3.4798 E-02	
	F.M. TOTAL	3.5699 E-02	
F.M. FINA TOTAL	F.M. GRUESA	1.7165 E-02	
	F.M. TOTAL	9.1071 E-02	
F.M. GRUESA	F.M. TOTAL	-5.1579 E-02	

Fig. A.1. Curvas promedio de infiltración acumulada (I_{cum}) e instantánea (I).

BOSQUE

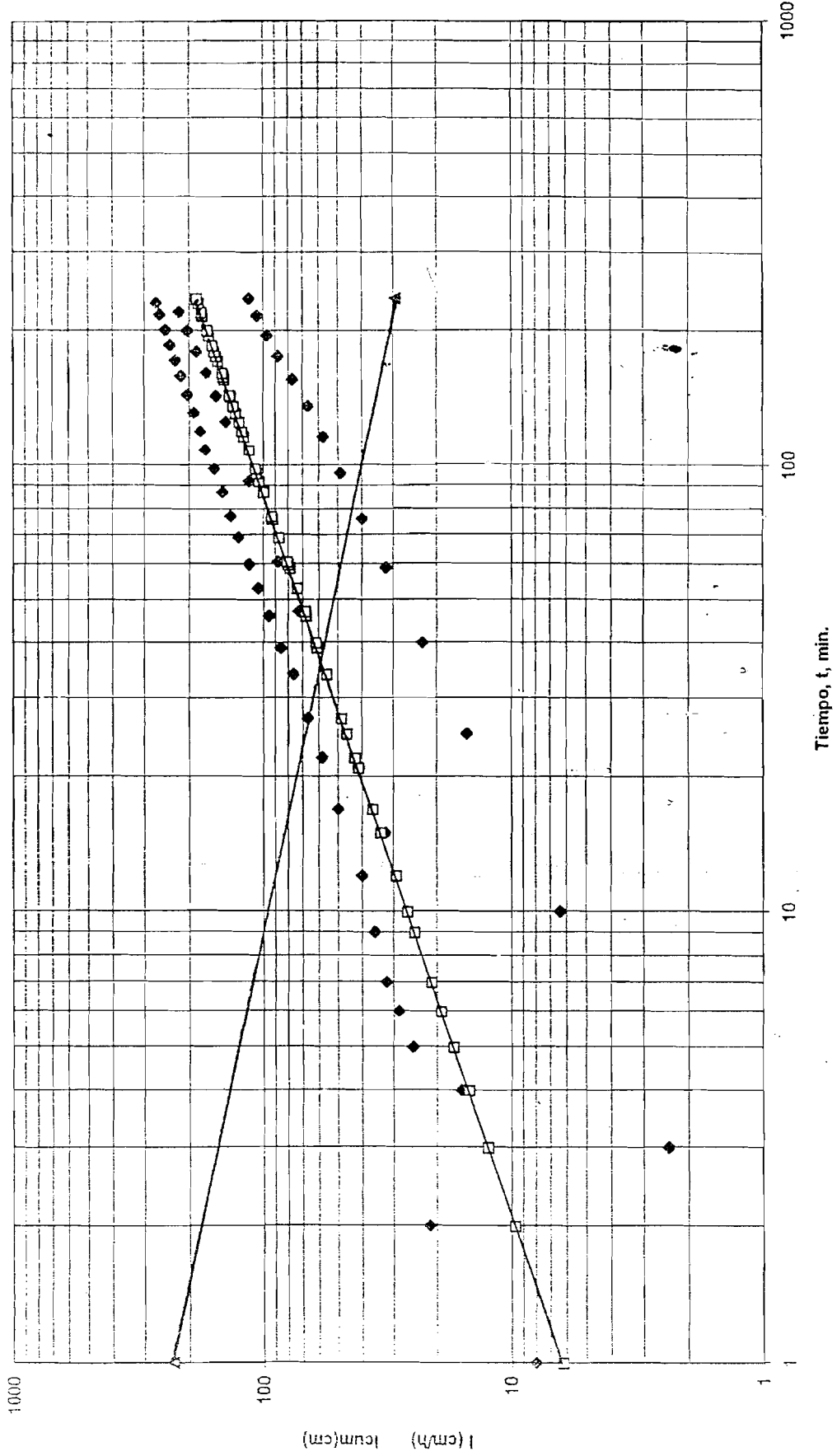


$$I = 150 t^{-0.24}$$

$$I_{cum} = 3,29 t^{0,76}$$

Fig. A.2. Curvas promedio de infiltración acumulada (Icum) e instantánea (i).

CULTIVO

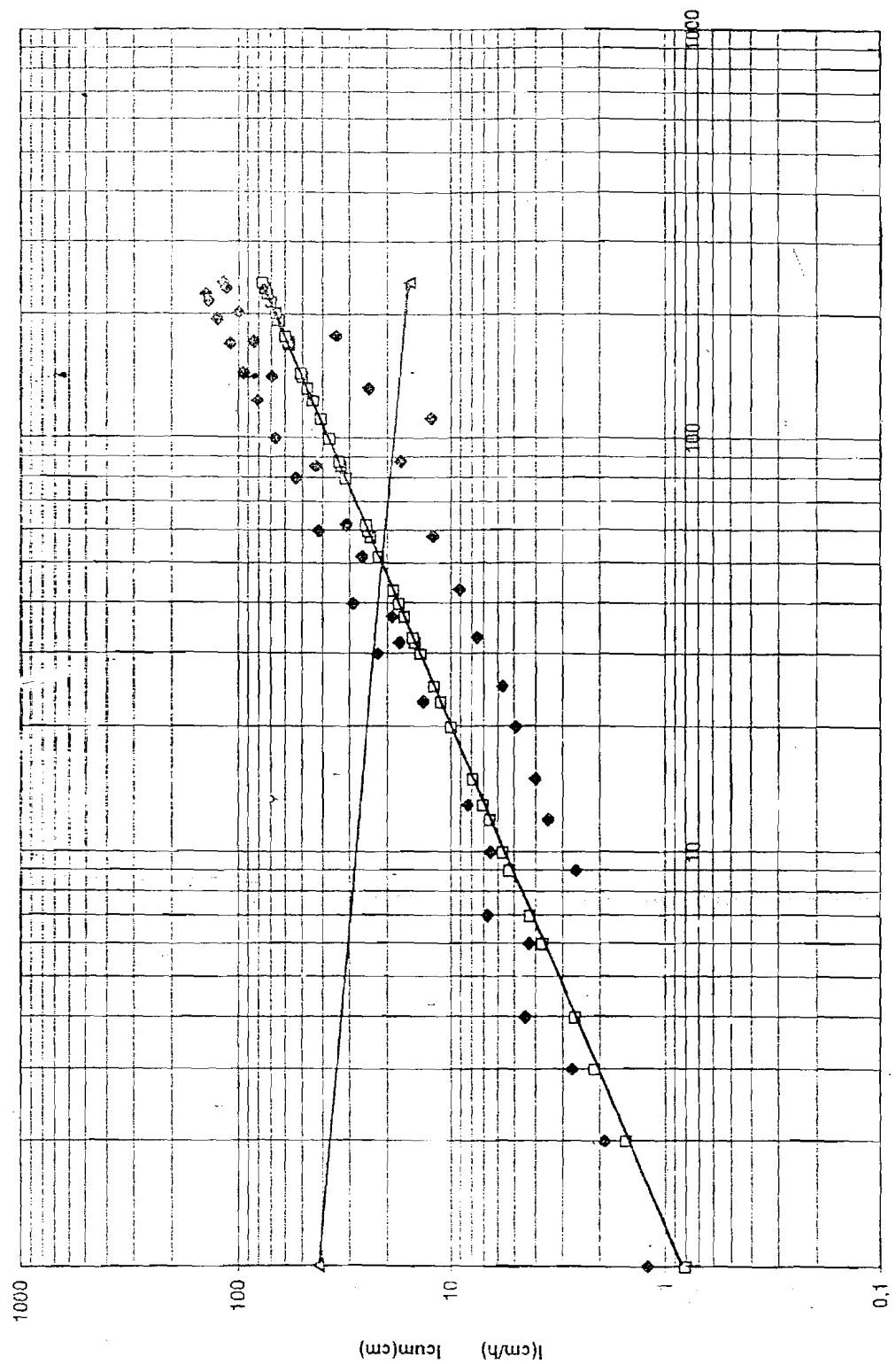


$$i = 232.15 t^{-0.38}$$

$$I_{cum} = 6.24 t^{0.62}$$

FIG. A.3. Curvas promedio de infiltración acumulada (mm/h) vs tiempo (min)

POTRERO

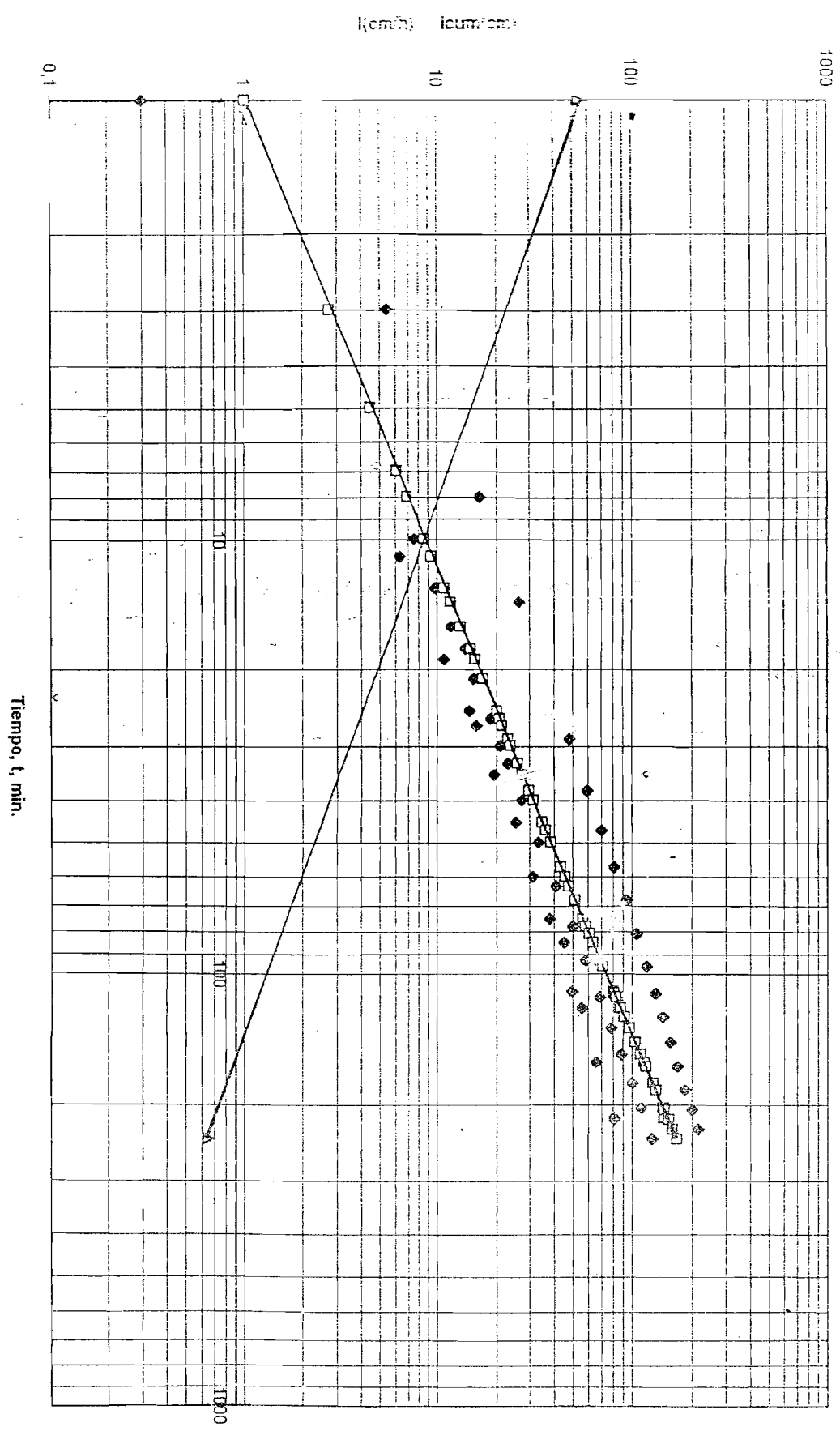


$$I_{cum} = 1,82 t^{-0,18}$$

$$I_{cum} = 0,85 t^{0,82}$$

Fig. A.4. Curvas promedio de infiltración acumulada (icum) e instantánea (i).

TERRAZAS



$i = 54,1 t^{-0,06}$

$i_{cum} = 0,96 t^{0,94}$

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, D. y SARMIENTO, G., 1990. Intercepción de la lluvia, escorrentia superficial y drenaje profundo en una pastura tropical y en un cultivo de maíz en Barinas, Venezuela. Revista de la Sociedad Venezolana de Ecología ECOTROPICOS. Vol.3-1:2-32.

ANDRESSEN, L. 1987. Precipitación, erosividad y erodabilidad de los suelos en la cuenca montañosa tropical (Río Nuestra Señora, Estado Mérida). III Encuentro Nacional de Clima, Agua y Tierra. II Jornadas Nacionales de Hidrología, Meteorología y Climatología. 26p.

ANDRESSEN, R. L., AGUILAR, F.V. y PETIT, J.C. 1994. Propuesta metodológica para la evaluación de los posibles efectos de las variaciones del clima sobre los procesos erosivos en la cuenca del río Motatán. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 74 p.

AGUERO, H.V., 1986. Determinación de riesgos de erosión hídrica, selección y diseño de alternativas de uso conservacionista de la tierra en la zona de la Paragua (Edo. Bolívar). Tesis de grado Universidad Central de Venezuela., Facultad de Agronomía, Maracay. 141 p.

AGUILAR, L. y RONDON V. 1986. Índices para determinar la agresividad climática con fines de predecir la erodabilidad de los suelos en la explotación del ecosistema bosque: Caso Ticoporo (Parte 1). ULA-MARNR. 33 pp.

AGUILAR, L. y RONDON, V., 1988, Indices para determinar la agresividad climática con fines de predecir la erodabilidad de los suelos en la explotación del ecosistema bosque caso Ticoporo, Venezuela (Parte I). Revista-Forestal-Venezolana. 1988, No. 30, 41-77.

ALTUVE, G. y DAVILA F.M. 1990. Uso de la tierra y erosión de la cuenca de Nuestra Señora, Quebrada Tostos, Estado Mérida, período 1952-1972. Tesis de Grado. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía. Mérida. 120 pp.

RHEIMER, B. y LINDERSON, M. L. 1990. Erosion survey in an integrated project-some experience from Venezuela. Erosions studie inom ett integrerat

projekt-erfarenheter fran Venezuela. Inst. Naturgeografiska, Lunds Univ., Sweden. Svensk-Geografisk-Arsbok. 1990, 66, 128-139.

ARHEIMER, B. y LINDERSON, M. L. 1991. Evaluación de la erosión y de la capacidad de uso agropecuario en un proyecto integrado. Papel de trabajo. Centro Internacional de Desarrollo, -Swedish-University-of-Agricultural-Sciences. 1991, No. 164, 50 pp.

ATAROFF M. y MONASTERIO M., 1993. Impacto ecológico de los agroecosistemas cafetaleros en el Estado Táchira. En GIACALONE, R. Mérida através del tiempo. ULA., Mérida. Capitulo 9.

ATAROFF M. y MONASTERIO M., 1993. Cambios en la erosión relacionados con la forma de manejo de los cafetales en los Andes Venezolanos. International Workshop on Soil Erosion Processes on Steep Lands Evaluation and Modelling, Mérida, Venezuela.

ANAYA, M.G., 1986. Problemas de erosión y desertificación en suelos de America Latina. Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Volumen XVI, No. 1:7-22.

ANDRESSEN, L. 1987. Precipitación, erosividad y erodabilidad de los suelos en la cuenca montañosa tropical (Río Nuestra Señora, Estado Mérida). III Encuentro Nacional de Clima, Agua y Tierra. II Jornadas Nacionales de Hidrología, Meteorología y Climatología. 26p.

ALTUVE, G. y DAVILA F.M. 1990. Uso de la tierra y erosión de la cuenca de Nuestra Señora, Quebrada Tostos, Estado Mérida, período 1952-1972. Tesis de Grado. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía. Mérida. 120 pp.

AUERSWALD, K., 1995. Percolation stability of aggregates from arable topsoils. Soil Science Vol. 159. No.2:142-148.

AUXTERO E., VAN RANS and SAKAGAMI K. 1996. Propierties and related management implications of major soils in Bukinon, Philippines. Soil Science. Vol. 161 No. 1:46-57.

BARRY D.A., J. Y. PARLANGE, R. R. HAVERKAMP and P.J. ROSE, 1995. Infiltration under ponded conditions: 4An explicit predictive infiltration formula. Soil Science. Vol. 160. No.1:8-17.

BRADFORD P.W. and WOOD K., 1989. Factors influencing interrill erosion from semiarid slopes in New Mexico. Journal of Range Management 42(1):66-70.

OLARTE, L.I. MUÑOZ, B.M., BENAVIDES G.E. GARAVITO F.N., LUNA C., MEJIA L. y DE ROZO E., 1979. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá D.E. 664 p.

BURGOS, A.G., 1987. El manejo inadecuado de la ganadería como factor de erosión en los suelos de ladera. Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Volumen XVII. No. 2:257-260.

CACUA, F.A. 1989. Levantamientos de los suelos y evaluación de los riesgos a la erosión hídrica, en la cuenca media inferior del río Chama, margen derecha. Tesis de Grado. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía. Mérida. 93 p.

CAHUAYA, A.C., 1981. Proyecto de control de cárcavas en el torrente "El Chao", río Araray, Santo Domingo. Estado Mérida. Informe de pasantía ULA. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal.

CAPRILES, MAX y TOPEL. 1986. Estudios de la erosión hídrica en suelos Mollisoles de Maracay. Parte II. Estrategias de uso conservacionista utilizando la USLE. Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 105 p.

CARVALLO, J.A. y PANTANO, P. 1994. Aplicación de los sistemas de información ambiental y la gestión de cuencas. Caso: Modelo potencial de la erosión de las subcuencas alta y media del río Tuy. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 78p.

CASANOVA, E; PAEZ M.L. y RODRÍGUEZ. 1989. Pérdida de nutrimentos por erosión bajo diferentes manejos en dos suelos agrícolas. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 33-43.

CASTELLANO, W.; DEBIA, J. y SILVA, O. 1994. Construcción de plazoletas de sedimentación como alternativa conservacionista y de beneficio comunal. Caso cuenca media del río Pao. Estado Cojedes. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela.

CASTILLO, J.A., 1986. Evaluación del impacto de la erosión hídrica en Alfisoles de los Llanos Altos Centrales (Chaguaramas, Edo. Guarico). Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 104 p.

CASTILLO, J. A. y PAEZ, M. L., 1989. Effect of erosion on the productivity of Alfisols. Impacto de la erosión en la productividad en suelos Alfisoles. Revista de la Facultad de Agronomía U.C.V. No. 37, 137-147pp.

COIRAN, G., DUARTE, D., FIGUERA, M., MENDOZA, G y NINO, O. 1989. Diagnostico y planificación del municipio foraneo Vargas. Seminario Geografía Regional Universidad de los Andes. Núcleo Universitario del Táchira. San Cristobal. Edo. Táchira. Venezuela. 77 p.

CORNIELES, M., MOREAU, O., RIBOLZI, Y TRAVI y V. VALLES., 1994. estudio de la erosión mecánica y de la alteración química del Río Boconó (Andes Venezolanos) Enfoque metodológico y primeros resultados sobre el funcionamiento de la cuenca. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela.

CORPOANDES, 1971. Lineamiento de estrategia para manejo de agua y control de erosión. Subregión Motatán, Mérida, Venezuela. 221 p.

CORPORACION DE LOS ANDES, 1988. Programa de urbanismo y conservación región de los Andes. San bartolome de El Cobre, Edo. Táchira. Editado por la corporacion de los Andes. Oficina de Relaciones Públicas. Mérida. 212 p.

COLECTIVO DE AUTORES., 1991. Morfotectónica de Cuba oriental. Editorial Academia. La Habana. Cuba. 43 p.

CURIEL, A.B., 1986. Degradación y conservación de suelos forestales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. Vol XVI. N. 1. 32-40 pp.

DANIELS R.B. y GUILLIAM J.W., 1996. Sediment and chemical load reduction by grass and riparian filters. Soil Sci. Soc. Am. J.60:246-251.

DE FREITAS P.L., ZOBEL. R.W. and SNYDER V.A., 1996. A method for studying the effects of soil aggregate size and density. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:288-290.

DE ROBERT, P., 1993. Prácticas campesinas en el páramo de Apure: Fundamentos ecológicos, económicos y sociales de un sistema de producción andino (Cordillera de Mérida, Venezuela). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. 341 p.

DELGADO, L.E. 1949. La erosión en el sistema de riego de Cumaná y plan para su control. Tesis Doctor en Ingeniería Agronómica. Universidad Central de Venezuela. 39 p.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA, 1970. Diagnostico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Traducción del texto original en inglés. Centro Regional de Ayuda Técnica. A.I.D. México Buenos Aires. 172 p.

DULOHERY C.J., LAWRENCE A. MORRIS and RICHARC LOWRANCE, 1996. Assesing forest soil disturbance through biogenic gas fluxes. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:291-298.

ESCALANTE, M.A., 1957. Importancia del drenaje y de la vegetación para el control de la erosión en las carreteras. Universidad de los Andes. Tesis Facultad de Ciencias Forestales. Mérida. 75 p.

ESCOBAR, O., 1994. Evaluación del escurrimiento directo y la erosión en condiciones de altas pendientes. Caso Macao, Estado Cojedes. Resúmenes 2o. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas. Mérida, Venezuela. 189 p.

FERNÁNDEZ, N., 1989. Evaluación de prácticas de conservación de suelos en cultivos hortícolas. Rev. Fac. Agron. (Maracay) Alcance 37:87-96.

FERNÁNDEZ, F.A. y SIMON R.J. 1989. Riesgos de la erosión hídrica y alternativas para su control en los llanos altos centrales de Venezuela. Tesis Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía, Maracay, (en mimeógrafo).

FERNÁNDEZ, L., 1994. Pérdida de suelo por salpique y su relación con el uso y manejo de suelos en una cuenca alta venezolana. Resúmenes 2o. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas. Mérida, Venezuela. 244 p.

FERRER, O.C., 1987. Desarrollo erosional de un sistema de cárcavas en los Andes venezolanos: su significado como umbral crítico, en geomorfología. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales.

Trabajo presentado en el primer Congreso Venezolano de Geografía. Mérida. 25 p.

FLETCHER, J.J. 1986. Conserving soil: Economic insights. Jour. of Soil & Water Conservation. Vol 41. N 5:304-310.

FOLLET, R.F. y STEWART B.A. 1985. Soil erosion and crop productivity. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of American. Madison, Wisconsin, USA. 533 p.

FORSTER, D.L., CHRIS, P.B. and DOUGLAS, D.S. 1987. Soil erosion and water treatment cost. Jour. of Soil & Water Conservation. Vol 42, N 5:349-352.

FULLEN, M.A., 1985. Erosion of arable soils in Britain. Intern. J. Environmental Studies. Vol 26. p. 55-69.

GAMERO, H.G., 1983. Diseño de prácticas de control de una cárcava representativa de la zona maicera de la cuenca media del río Yaracuy. Tesis Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay (en mimeógrafo).

GARCIA, O.F., 1992. Las terrazas prehispánicas de México: un patrón de distribución. Etnoecológica. Vol 1. Número 1. p. 57-65.

GASPERI, M., 1982. Principios básicos de erosión y conservación de suelos. Suplemento técnico No. 28. FUDECO. Barquisimeto, Venezuela. 105 109 pp.

GONZÁLEZ, B.A., 1955. Causas, consecuencias y control de la erosión en los Andes merideños. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Tesis. Mérida. 88 pp.

GUERRERO, M., 1994. Avances en el control del sistema de cárcavas de San José, Municipio Uribante, Estado Táchira. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 181 pp.

HERPA C.A., 1994. Importancia de la dinámica de sedimentos en la cuenca del río Motatán. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 181 pp.

HERRERA M., TOBIAS H., REVOLORIO A., LOPEZ J., PINEDA P. y CHAN M., 1994. Evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la subcuenca del río Pensativo, Sacatepequez, Guatemala. Resúmenes 2o. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas. Mérida. Venezuela. 244 p.

HOWELER, R. H., 1986. El control de la erosión con prácticas agronomicas sencillas. Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Volumen XVI. No. 1:70-74.

HUANG J., S.T. LACEY and P.J. RYAN, 1995. Impact of forest harvesting on the hydraulic properties of surface soil. Soil Science. Vol 161. No. 2:79-86.

KAO C.S. and HUNT J.R., 1996. Prediction of wetting front movement during one-dimensional infiltration into soil. *Water Resource Research*. Vol. 32 No.1:55-64.

KIRKBY, M.J. y MORGAN R.P.C. 1984. *Erosión de suelos*. editorial Limusa. México. 375 p.

LAMB, J., CARLETON, E.A., y FREE, G.R. (1950). Effect of past management and erosion of soil on fertilizer efficiency. *Soil Sci.*, 70, 385-392.

LENTZ R.D., R.E. SOJKA and D.L. CARTER, 1996. Furrow irrigation water-quality effects on soil loss and infiltration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:238-245.

LIZASO, J.I. 1980. *Erosión laminar bajo diferentes coberturas y pendientes en un palehumunt de las cuencas altas del programa Guanare-Masparro*. Tesis de Maestría Centro interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. ULA. Mérida.

LOPEZ. F. R., 1978. *Evaluación de diferentes materiales orgánicos, como mejoradores de estructura, en suelos de la depresión de Quibor, bajo condiciones de riego*. Tesis de Maestría Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. 151 p.

LÓPEZ, F. R., 1991. *Erosión y Productividad del suelo*. Serie: Suelos y Clima. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. CIDIAT. Mérida. Venezuela. 45 p.

LÓPEZ, F. R., 1991 (2). *Aspectos económicos de la conservación de suelos*. Serie: Suelos y Clima. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. CIDIAT. Mérida. Venezuela. 34 p.

MALAGON, C.D., 1976. *Propiedades físicas de los suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Vol. XII. No.7.. Bogotá-Colombia. 622 pp.

MANEIRO, L.A., 1983. Estudio de la erodabilidad de seis suelos del orden Mollisol ubicados en la cuenca del Lago de Valencia. Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay .73 p.

MANZANILLA, R. y DEL CURA, F. 1994. Diagnostico y posibilidades de tratamiento de los problemas de erosión concentrada movimientos de masa y eventos torrenciales que afectan a los sistemas agrícolas y al embalse Felix de los Ríos (Dos Cerritos). Cuenca alta del río Tocuyo, Edo. Lara. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 223 p.

MANZANILLA, R. y DEL CURA, F. 1994(1). Diagnostico y tratamiento de los problemas de erosión concentrada, movimientos en masa y eventos torrenciales y su impacto sobre el sistema vial y economía de la cuenca del río Bocono-Estado Trujillo. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 223 p.

MARQUEZ, B.A. y MOLINA A.J. 1988. Interrelación entre la cobertura vegetal y procesos erosivos en el sector alto de la cuenca del río Motatan. Tesis de Grado. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía. Mérida. 120 p.

MATEO, J. 1984. Apuntes para la geografía de los paisajes. La Habana. 466 p.

MATOS, V.M., 1953. Pérdida de la capacidad del embalse de Suata desde el año 1947 hasta el año 1952, Estado Aragua, Venezuela. Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela.

MAZURAK, A.P., 1950. Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates. Soil Sci. 69:135-148.

McCUNE, B., 1987. Multivariate analysis on the PC-ORD System. A software Documentation Report. A biotic Resource Program Report. Holcomb Research Institute. HRY Report N.75. Butler University. indianapolis, Indiana 6-5 pp.

McINTYRE, D.S. (1958). Permeability measurements of soil crust formed by raindrop impact. Soil Sci., 85, 185-189.

MICHELENA, R; FRANCO, W. 1987. Caracterización físico hidrológica de los suelos y su relación con procesos erosivos en la microcuenca La Virgen, Mérida, Venezuela. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Revista-Forestal-Venezolana. 1987, No. 31, 139-161.

MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS, 1956. Lexico Estratigrafico de Venezuela, Boletín de Geología, Publicación especial N.1. Editorial Sucre, Caracas. 727 p.

MOAR, M.J. 1984. Análisis evolutivo de la cárcava de San José, Pregonero, Estado Táchira: Bases geomorfológicas para su corrección. Tesis de Grado. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía. 88 p.

MOGOLLON L.F. y COMERMA J., 1994. Suelos de Venezuela. Editorial Ex Libris C.A. Caracas, 313 p.

MORENO, J.A., 1986. Estudios de la erosión hídrica en suelos Mollisoles de Maracay. Parte Y. Evaluación de parámetros de la USLE bajo diferentes alternativas de uso agrícola. Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 87 p.

MONASTERIO, M. y CELECIA, J., 1991. El Norte de los Andes Tropicales, Sistemas naturales y agrarios en la cordillera de UNESCO. Mérida. 6 p.

MONTESDEOCA, O.L., 1989. Evaluación de algunas prácticas culturales conservacionistas, en tierras agrícolas de la región andina venezolana. Tesis de Postgrado,. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de los Andes. Mérida. 173 p.

NONI, G. y VIENNOT, M., 1986. Estudio de algunos procesos de erosión en la Sierra Volcanica Alta del Ecuador. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo. Volumen XVI. No.1.23-27 pp.

ORTIZ, N.R., 1992. Diseño e introducción de modificaciones en la construcción de terrazas y bancales para una explotación de árboles frutales. Universidad nacional Experimental del Táchira.

Convenio UNEN-CETA. 25 p.

ORTIZ, L.A., 1994. Corrección de la cárcava "La Barinesa". Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela, 185 p.

ORTIZ, L.A., 1994 (1). Evaluación económica en proyectos de control de erosión y torrentes según método Austrico-Japones, aplicado a Venezuela. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela, 224 p.

PADOVANO, C., CASTILLO, G., BRICEÑO M., PARRA S., SALCEDO A., MORALES E. y JAIMES E. 1994. Estimación de pérdidas de suelo en las microcuencas "Quebrada de Ramos", "Alto Castan" y "Mocoy" subcuenca del río Castan, Estado Trujillo. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas. Talleres gráficos del CIDIAT. Mérida, Venezuela. 244 p.

PAEZ, M. L.; BASTIDAS, D.; BASTIDAS, M. y MEJIA F. 1994. Algunas experiencias en conservación de suelos en áreas de laderas a través del programa de infraestructura social conservacionista: Cuenca alta del río Guanare. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela.

PAEZ, M. L., 1989. Riesgos de erosión hídrica y alternativas de conservación en las tierras agrícolas del Valle Medio del Río Yaracuy. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 113-136.

PAEZ, M. L. y RODRÍGUEZ. 1989. El riesgo de erosión hídrica como criterio de diagnóstico en la evaluación de tierras. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 9-19.

PAEZ, M. L. y RODRÍGUEZ, 1989 (2). Factores de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo en Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 21-31.

PAEZ, M. L y PLA, I, 1989. Erodabilidad relativa e índices de erodabilidad en suelos agrícolas de Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 59-72.

PAEZ, M. L.; RODRIGUEZ, O. S y LIZASO, J., 1989(3). Potencial erosivo de la precipitación en tierras agrícolas de Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 45-58.

PAEZ, M. L., 1992. Diseño de prácticas de conservación con la ecuación universal de pérdidas de suelo. Serie Suelos y Clima. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. CIDIAT. Mérida. Venezuela. 130 p.

PAREDES, R.M., 1992. Informe Preliminar Proyecto: Suelos Centro de Ecología de las Tierras Altas (sin publicar). 16 p.

PEÑA, G.A., 1975. Conservación de Suelos y Aguas: Aspectos generales. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Boletín Técnico N.1.-36 p.-

PERDOMO, A. R. 1991. Estudio de la erosión de las cuencas secas de los ríos Tostos, Viscaina y San Pablo del Estado Mérida. Tesis de Grado. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía. Mérida. 100 p.

PEREA, J., PACHONR, y FIERRO A., 1991. Efecto del pastoreo en pastos de corte (*Sacharum sinense* y *Pennisetum purpureúm*) en algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Subcuenca Las Ceibas. Alto Magdalena. Suelos Ecuatoriales. revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Volumen XI. No. 1:91-98.

PÉREZ, G.U., 1989. Evaluación del efecto de la cobertura del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) y de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* H.) sobre la erosión de los suelos bajo prácticas agronómicas de manejo comunmente

aplicadas en la región andina venezolana. Tesis Magister Scientiae. Universidad de los Andes. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida. 146 p.

PEREZ, F. L., 1992. Processes of turf exfoliation (Rasenabschalung) in the high Venezuelan Andes. Department of Geography, University of Texas, Texas 78712, USA. *Zeitschrift fur Geomorphologie*. 1992, 36: 1, 81-106.

PÉREZ, R. y FERRER, C., 1994. Relación entre las concentración de precipitaciones y flujos de detritus en los Andes Venezolanos. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 201 p.

PETERS D.L., J. M. BUTTLE, TAYLOR C. H. and LAZERTE B.D. 1995. Runoff production in a forested, shallow soil, Canadian Shield basin. Vol 31. No. 5:1291-1304.

PIETRANGELI, M., 1992. Esquema de las formaciones geológicas presentes en la cuenca del río "El Valle" Edo. Táchira. Venezuela. Sin publicar.

PIKUL, J. y AASE K. 1995. Infiltration and soil properties as affected by annual cropping in the northern great plains. *Agron. J.* julio-agosto 87:656-662.

PINZON, A. P., 1991. Compactación por ganadería intensiva en algunos suelos del Caquetá (Colombia). *Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*. Volumen XXI, No.1. 105-111 pp.

POUYLLAU, D., POUYLLAU, M; SEURIN, 1990. Geomorpho-pedogenesis in some alluvial sediments of an Andean piedmont: a study area in the Andes-Llanos, western Venezuela (Guanare-Barinas region). Centre d'Etudes de Géographie Tropicale, Centre National de la Recherche Scientifique, Esplanade des Antilles, Domaine Universitaire, 33405-Talence Cedex, France. *Pirineos*. 1990, No. 135, 55-72.

PLA I., 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales.

U.C.V. Facultad de agronomía. Instituto de Edafología. Maracay. Venezuela 112 p.

PLA I., 1979. Soil erosion in Humid Tropics of Latin America with Particular Reference to Venezuela. En Greenland D.J. 1979. Soil Conservation and Management in the Humid Tropics. 279 p.

PLA, I., 1980. Soil characteristics and erosion risk assessment of some agricultural soils in Venezuela. Reunión de Conservación de Suelos. Sisoe, Inglaterra. p. 123-138.

PLA, I., 1987. Desarrollo de los índices y modelos para el diagnóstico y prevención de la degradación de los suelos agrícolas en Venezuela. Ediciones Banco Consolidado.

PLA, I., 1990. La degradación de los suelos y el desarrollo agrícola en Venezuela. Agronomía Tropical. Vol. 40. No.1-3:7-27.

PRIMAVESI, A. 1981. Manejo ecológico del Suelo. La agricultura en regiones tropicales. Editorial Librería El Ateneo. 184-229 pp.

REICHERT J.M. and NORTON D., 1996. Fluidized bed combustion bottom-ash effects on infiltration and erosion of variable-charge soil. Soil Soc. Am. J. 60:275-282.

RINCON, I., 1994. Aplicación de un modelo para la evaluación de procesos erosivos en cuencas altas. Caso: Cuenca del río Limón. Estado Aragua. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 188 p.

RISSE, L.M., M.A. NEARING, A.D. NICKS, and M. LAFLEN., 1993. Error assesment in the Universal Soil Loos Equation. Soil Soc. Am. J. 57:825-833.

RIVERO, P. y ESPEJO, I., 1994. Sistema de alerta contra flujo de lodo y escombros en las cuencas de los ríos Limón y Castaño, Edo. Aragua. Resúmenes

2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 202 p.

RODRÍGUEZ, O. S., 1985. Efectos de la labranza y de los residuos en superficie sobre el proceso de erosión hídrica y pérdidas de agua por escorrentía en tres suelos agrícolas de Venezuela. Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 90 p.

RODRIGUEZ, O. S; PAEZ, M. L. 1989. Efecto de la labranza y los residuos en superficie sobre la erosión hídrica. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 73-86.

RODRIGUEZ, O. S; PAEZ, M. L y MENDOZA, C., 1989 (2). Obtención computarizada de un mapa isoerodante para los Llanos Altos Centrales. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 97-102.

RODRIGUEZ, O. S. y RODRIGUEZ, O. E., 1989. Adaptación de un simulador de lluvia para investigación en conservación de suelos. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 103-112.

ROJAS, S.D. 1991. Factores que afectan la estabilidad estructural del suelo en deslizamientos de la región andina. Tesis Magister Scientiae. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios Forestales de postgrado. Mérida. 67 p.

ROJAS, S.D., 1988. Degradación de los suelos en la unidad experimental de Ticoporo (Barinas, Venezuela). Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Revista Forestal Venezolana. 1988, No. 32, 55-71.

RUIZ, C.L. 1986. Características de las lluvias como agente erosivo de la cuenca de la quebrada La Sucia, E. Táchira. Tesis de Grado. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía. Mérida. 51 p.

SAAVEDRA, R. y JAIMES E., 1994. Plan de recuperación de suelos en sectores afectados por la empresa SILBOCA, Santa Rosa de Monay, Parroquia Cuica,

Municipio Carache, Estado Trujillo. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 188 p.

SARMIENTO, G., MONASTERIO, M., AZOCAR A., CASTELLANO E. y SILVA J., 1971. VEGETACION NATURAL. Estudio integral de la cuenca de los ríos Chama y Capazón. Inst. de Geografía, ULA, Mérida, Venezuela.

SHAN C. y STHEPHENS D. 1995. Steady infiltration into a two-layered soil from a circular source. *Water Resource Research*, agosto, Vol 31. No. 8. 1945-1952.

SCHNEE, L. 1984. Plantas Comunes de Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca, Caracas. 43 p.

SIEGEL, S., 1989. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. Mac Graw B. C. México. 344 pp.

SILVA, O. 1994. Evaluación del escurrimiento directo y la erosión en condiciones de altas pendientes. Caso Macapo, Estado Cojedes. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas. Talleres gráficos del CIDIAT. Mérida, Venezuela. 244 p.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. 1990. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Memorias del Seminario Taller efectuado en Bogotá. 134 pp.

SOLORZANO, G., 1989. Evaluación del material en suspensión en el agua de riego por surcos bajo las condiciones de San Juan de Lagunillas, Edo. Mérida. *Agronomía Tropical Maracay*. 1989, 39: 1-3, 151-161; 11 ref FONAIAP, Est. Exp. Mérida, Mérida 5001, Venezuela.

STARICKA, J.A. y BENOIT, G.R., 1995. Freeze-drying effects on wet and dry soil aggregate stability. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 59:218-223.

STEPHEN, B., LOVEJOV and NAPIER L. 1986. Conserving soil: Sociological insights. *Jour. of Soil & Water Conservation*. Vol 41. N 5:304-305.

TEJAD, B; RODRIGUEZ, O. S., 1989. Metodologías para evaluar la cobertura de residuos en el control de la erosión. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 1989, No. 37, 149-167.

TISDALL, J.M. y OADES J.M., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soil. Journal of Soil Science, Vol. 33. pp.141-163.

TRUMAN, C.C. y BRADFORD, 1995. Laboratory determination of interrill soil erodibility. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:519-526.

UNGER, P., 1995. Organic matter and water stable aggregate distribution in ridge-tiled surface soil. Soil. Sci. Soc. Am. J. 59:1141-1145.

VARELA, P.H. 1987. Aproximación de un índice aditivo para caracterización de la erosión. Area de San Juan de Lagunillas. Tesis de Grado. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía. Mérida. 67 p.

VASQUEZ, C., 1994. Experiencias en la utilización de estructuras metálicas en control de cárcavas y torrentes en el Estado Trujillo. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela. 190 p.

VELASQUEZ, F., 1994. Mediciones de caudales y sedimentos en cuencas bajo tratamiento conservacionista. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Mérida, Venezuela.

VERA, E., CHASSAICNE, L., PALACIOS L., MOLINA Y. y RODRÍGUEZ N. 1994. Perdidas de suelo por escurrimiento en parcelas de erosión, sector Ojo de Agua, Curimagua, Estado Flacón, Venezuela. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas. Talleres gráficos del CIDIAT. Mérida, Venezuela. 191 p.

VEGA, J.E., PITY A. y BARLETA H., 1992. Labranza cero en el trópico seco centroamericano. Agricultura de las Américas. Nov-Dic:16-21.

VICH A. y PEDRANI A.R., 1994. Aplicabilidad de la ecuación universal de pérdidas de suelo en el área pedemontana de Mendoza (Argentina). Resúmenes 2o. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas. Mérida, Venezuela 244 p.

VILLEGAS, S.; TORRES C. y JAIMES E. 1994. Estudio de conservación de suelos y aguas de la subcuenca "La Quebrada", Cuenca media del río Motatán. Edo. Trujillo. Resúmenes 2do. Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas. Talleres gráficos del CIDIAT. Mérida, Venezuela. 193 p.

VIVAS, L.R., 1968. Estudio de los procesos geomorfológicos de las eárcavas de San José, cuenca alta del río Uribante. Mérida. Universidad de los Andes. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Trabajo de Ascenso. 43 p.

VIVAS, R., 1992. Efecto de la erosión y residuos vegetales sobre la productividad de un alfisol del Estado Guarico, cultivado con sorgo bajo condiciones simuladas. Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 81 p.

WALL, P.C., 1989. Yield limitations in two contrasting cropping systems of Latin America. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, C. C. 3206, Asunción, Paraguay: Fertilizer Latin America-International Conference held Caracas, Venezuela, April 9-12, 1989. Preprints. 1989, 9-23; 24 ref. London, WC1X 0AD, UK; The British Sulphur Corp., Ltd. XVI, No. 1:7-22.

WIELEMAKER, W.G. and A.L. LANSU. 1991. Land-Use Changes affecting classification of a Costa Rican Soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:1621-1624.

WISCHMEIER, W.W. & SMITH, D.D. 1960. A universal soil-loss estimating equation to guide conservation farm planning. Trans. 7Th International Congress of Soil Science. 1:418-425.

WOLENHAUPT, N.C. A.H. BOSWORTH, J.D. and D.J. UNDERSANDER, 1995. Erosion from alfalfa established with oat under conservation tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:538-543.

YODER, R.E., 1936. A direct method of aggregate analysis of soil and study and the physical nature of erosion losses. Amer. Soc. Agron. Jour. 28:337-351.

ZACHAR, D. 1982. Soil erosion. *Developments in Soil Science* 10. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 547 p.

ZOBISCH, M.A., 1993. Erosion susceptibility and soil loss on grazing lands in some semiarid and subhumid locations of Eastern Kenya. *J. Soil and Water Cons.* 48(5):445-448.