

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA DE LOS  
RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**INFLUENCIA DE LA COBERTURA EN LA VARIACIÓN DE LA EROSIÓN  
HÍDRICA EN PARCELAS DEMOSTRATIVAS DEL BOSQUE RESERVADO  
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**TESIS**

**Para optar al título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**TRUJILLO FUNEGRA, LINDSAY,**

**PROMOCIÓN: 2007 - II**

**Tingo María - Perú**

**2009**

P36

T83

Trujillo Funegra, Lindsay

Influencia de la Cobertura en la Variación de la Erosión Hídrica en parcelas Demostrativas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, 2009

82 h.; 28 cuadros; 11 fgrs.; 24 anexo; 18 ref.; 30 cm.

Tesis ( Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Conservación de Suelos y Agua ) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María ( Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

EROSIÓN - SUELO / COBERTURA VEGETAL / ESCORRENTÍA /

DEGRADACIÓN / METODOLOGÍA / BRUNAS / TINGO MARÍA

/ RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de agosto de 2009, a horas 07:15 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

### “INFLUENCIA DE LA COBERTURA EN LA VARIACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN PARCELAS DEMOSTRATIVAS DEL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA”

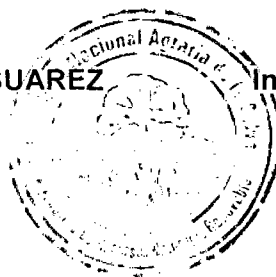
Presentado por la Bachiller: **LINDSAY TRUJILLO FUNEGRA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"MUY BUENO"**.

En consecuencia la sustentante queda apta para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 15 de setiembre de 2009

Ing. M.Sc. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ  
Presidente

Ing. JAIME TORRES GARCIA  
Vocal



AUSENTE  
Ing. WARREN RIOS GARCIA  
Vocal

Ing. RICARDO MARTIN CHAVEZ ASENCIO  
Asesor

## DEDICATORIA

A Dios nuestro creador todopoderoso, a mi querida mamá **GUADALUPE**, quien siempre estuvo en los momentos buenos y malos, que con su amor y perseverancia supo formarme como persona, a su esposo, mi segundo papá **CÉSAR**, quien desplegó su inmenso sacrificio para la culminación de mi carrera profesional. A mi hermana **ALEXANDRA**, por su amor y respeto.

A mi abuelita **JOSEFINA**, por sus estímulos, amor y apoyo moral para conseguir mi meta. A toda mi familia con gratitud y respeto.

A la memoria de mi papá **CÉSAR AUGUSTO**, quien desde arriba guía mis pasos.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables que contribuyeron sobre mi formación profesional.
- Al Ing. Ricardo Martín Chávez Asencio, asesor del presente trabajo, por su labor como formador, su amistad, su apoyo desinteresado, su valiosa dirección y supervisión de la presente tesis.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. Lucio Manrique de Lara Suárez, Ing. Jaime Torres García y al Ing. Warren Ríos García.
- A los Ing. Juan Pablo Rengifo Trigoso y Wilfredo Alva Valdivieso, por su ayuda en la revisión de tesis y artículo científico.
- A mis amigas Marianella del Aguila Angulo y Karin Sheyla del Aguila Rojas quienes comparten conmigo una amistad genuina, fueron mi apoyo físico y moral durante toda la carrera profesional y en la ejecución del presente trabajo.
- A mis amigos Johan, Hubert, Reynerio, Rudy, Harrinton, Ushi, Pizarro, Dévora, Laura Margarita, Rosita, Pily, Elena, entre otros que me ayudaron en la instalación de mi tesis.

A mis amigos Deysi Contreras, Laura Cotrina, Heydin Reátegui, Demetrio Lama, Rolando Salas, Segundo Beteta y Samuel Quispe, quienes compartieron conmigo las clases universitarias y me brindaron siempre su apoyo moral.

A todas aquellas personas que en forma directa o indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Distribución de la erosión del suelo .....	4
2.2. Mecanismos de la degradación de suelos.....	6
2.3. Degradación por erosión hídrica.....	8
2.3.1. Principales formas de erosión hídrica.....	10
2.4. Medición de la erosión en campo .....	14
2.4.1. Parcelas de escorrentía .....	14
2.4.2. Clavos de erosión.....	15
2.5. Leguminosas como cultivos protectores.....	16
2.5.1. Características de las especies utilizadas.....	18
2.5.1.1. Desmodium ( <i>Desmodium ovalifolium</i> Vahl.) .....	18
2.5.1.2. Kudzu ( <i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb) Bent.).....	19
2.5.1.3. Maní forrajero ( <i>Arachis pintoi</i> Kra.).....	19
2.5.1.4. Pasto ( <i>Brachiaria decumbes</i> ) .....	20
2.6. Ecuación Universal de Pérdida de suelos (USLE) .....	21
2.6.1. Pérdida de suelo (A) .....	22
2.6.2. Erosividad de la lluvia (R) .....	23
2.6.3. Erodabilidad del suelo (K) .....	24
2.6.4. Gradiente y longitud de la pendiente (LS) .....	25
2.6.5. Cobertura vegetal (C) .....	26

2.6.6. Prácticas de conservación de suelos (P) .....	28
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
3.3. Lugar de ejecución .....	30
3.1.1. Ubicación UTM .....	30
3.1.2. Ubicación Política .....	31
3.2. Antecedentes del campo experimental .....	31
3.3. Características agroecológicas de la zona .....	32
3.3.1. Clima .....	32
3.3.2. Suelo .....	33
3.4. Análisis de la Información .....	35
3.5. Disposición experimental.....	36
3.5.1. Características de las parcelas .....	36
3.5.2. Material en estudio .....	37
3.5.3. Factores y tratamientos en estudio.....	38
3.6. Conducción del experimento .....	38
3.6.1. Cobertura instalada .....	38
3.6.2. Evaluación de la escorrentía y pérdida de suelo después de cada evento .....	39
3.6.3. Medición de las Parcelas con clavos de erosión.....	40
3.7. Estimación de la pérdida de suelo mediante USLE.....	41
3.7.1. Cálculo del índice de Erosividad (R).....	41
3.7.2. Cálculo del índice de Erodabilidad del suelo (K).....	41
3.7.3. Cálculo de LS, C, y P .....	42



3.7.4. Niveles de intensidad del grado de erosión por tratamiento.....	42
3.7.5. Porcentaje de erosión por tratamiento.....	42
3.8. Estimación de la pérdida de suelo mediante la Ecuación de erosividad.....	42
 IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1. Variación del porcentaje de recubrimiento con cobertura vegetal, por tratamiento, en el período de ensayo julio 2008 a enero 2009.....	43
4.2. Medición de la pérdida de suelo mediante el método de las parcelas de escorrentía, por tratamiento y por mes.....	47
4.3. Medición de la Pérdida de suelo mediante el método de los Clavos de erosión .....	56
4.4. Pérdida de suelo según la USLE .....	59
4.4.1. Valores del factor erosividad de la lluvia (R)....	59
4.4.2. Valores del factor longitud y gradiente de la pendiente (LS).....	60
4.4.3. Valores del factor erodabilidad del suelo (K).....	61
4.4.4. Valores del factor de cobertura vegetal (C).....	62
4.4.5. Valores del factor prácticas de conservación de suelos (P).....	63
4.4.6. Pérdida total de suelo (A) por tratamiento.....	64
4.4.7. Pérdida total de suelo (A) por mes.....	66

4.5. Relación del grado de erosividad con la pérdida de suelo.....	68
V. CONCLUSIONES.....	73
VI. RECOMENDACIONES.....	75
VII. ABSTRACT.....	76
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
IX. ANEXOS.....	82

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Niveles de intensidad de erosión o pérdida de suelo adaptados de criterios internacionales .....	23
2. Valores del exponente (m) según gradiente de la pendiente.....	26
3. Valores de "C" según el uso de tierra.....	27
4. Valores de "P" para cultivos en contorno en función de gradiente de pendiente y su máxima longitud permitida entre obras.....	28
5. Valores de "P" para cultivos en contorno en función de gradiente de pendiente y su máxima longitud permitida entre obras.....	29
6. Análisis de textura.....	33
7. Análisis de permeabilidad.....	34
8. Análisis de materia orgánica.....	34
9. Análisis del pH del suelo.....	34
10. Análisis de la densidad aparente.....	35
11. Parámetros de evaluación.....	35
12. Tratamientos en estudio.....	37
13. Descripción de los tratamientos en estudio.....	38
14. Medición del porcentaje de cobertura vegetal por mes.....	43

15.	Pérdida total mensual de suelo por parcelas de tratamiento y meses.....	47
16.	Niveles de intensidad de erosión por cada tratamiento.....	50
17.	Porcentaje de erosión del suelo por tratamientos.....	51
18.	Pérdida de suelo, precipitación y porcentaje de cobertura por cada mes.....	52
19.	Pérdida de suelo por clavos de erosión.....	56
20.	Valores de R.....	59
21.	Valores de longitud y gradiente de la pendiente.....	60
22.	Valores de erodabilidad del suelo para cada parcela....	61
23.	Valores de "C" por parcela y mes.....	62
24.	Valores de "P".....	63
25.	Valores de "A" por tratamiento.....	64
26.	Valores de "A" por mes.....	66
27.	Erosividad y pérdida de suelo por mes, periodo febrero 2008 - enero 2009.....	68
28.	Cuadro de la pérdida de suelos en función a la erosividad promedio para cada mes.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Nomograma de erodabilidad.....	25
2.	Variación del porcentaje de la cobertura vegetal por tratamiento en el período julio 2008 a enero 2009.....	44
3.	Pérdida de suelo por tratamiento en las parcelas de escurrimiento.....	48
4.	Variación de la pérdida de suelo por cada tratamiento, de julio 2008 a enero 2009.....	49
5.	Porcentaje de la erosión del suelo por tratamientos en las parcelas de escurrimiento.....	51
6.	Variación del porcentaje de cobertura y pérdida de suelo por mes.....	53
7.	Pérdida de suelo mediante clavos de erosión.....	57
8.	Pérdida de suelo por tratamiento según la USLE.....	65
9.	Pérdida de suelo por mes según la USLE.....	67
10.	Ecuación y factor de confiabilidad de la pérdida de suelo de febrero 2008 a enero 2009.....	69
11.	Nomograma de la pérdida de suelo en función a la erosividad promedio para cada mes.....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
A. Características de parcelas y cubas receptoras.....	83
A.1. Distribución de las parcelas.....	83
A.2. Dimensiones de las cubas receptoras.....	84
A.3. Tratamientos y densidad de siembra.....	85
B. CÁLCULO DE ANÁLISIS DE SUELO.....	86
B.1. Cálculo de textura.....	86
B.2. Cálculo de la permeabilidad.....	87
B.3. Cálculo de Materia Orgánica.....	88
C. Cálculo de la pérdida de suelo medido en campo mediante el método de las cubas de escorrentía.....	89
C.1. Medición de la escorrentía depositada en las cubas (Lt).....	89
C.2. Medición los sólidos en suspensión dentro de las cubas (Kg/lit).....	90
C.3. Medición de sedimentos dentro de las cubas (Kg)	91
C.4. Pérdida total del suelo expresado en Kg.....	92
C.5. Pérdida total del suelo expresado en Kg/0.01ha/mes...	93
C.6. Pérdida total del suelo por meses y tratamiento expresado en TN/ha/7meses.....	94
D. Mediciones para pérdida de suelo con el método de clavos de erosión.....	95

D.1	Mediciones del mes de noviembre del 2008.....	95
D.2	Mediciones del mes de diciembre del 2008.....	96
D.3	Mediciones del mes de enero del 2009.....	97
E.	Cálculo de la pérdida de suelo mediante el método de la USLE.....	98
E.1	Datos de precipitación de la Estación Meteorológica José Abelardo Quiñónez de Feb 08 hasta Ene 09 y Cálculo de la Erosividad para ese periodo.....	98
E.2	Nomograma de erodabilidad del suelo - Parcela I .....	99
E.3	Nomograma de erodabilidad del suelo - Parcela II .....	100
E.4	Nomograma de erodabilidad del suelo - Parcela III.....	101
E.5	Nomograma de erodabilidad del suelo - Parcela IV.....	102
E.6	Nomograma de erodabilidad del suelo - Parcela V.....	103
F.	Pérdida de suelos en función a la erosividad promedio de la lluvia por mes.....	104
F.1	Precipitación mensual estación Abelardo Quiñónez - Tingo Maria en el periodo: 1940 – 2008.....	104
F.2	Cálculo de la Erosividad promedio por mes, utilizando datos del periodo de 1940 al 2009.....	107
G.	Fotografías.....	108

## RESUMEN

El experimento se realizó en cinco parcelas de escorrentía, ubicadas en el BRUNAS. Con el objetivo de determinar la influencia de la cobertura en la variación de la erosión hídrica en parcelas demostrativas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se evaluaron el porcentaje de la cobertura vegetal con el método del m<sup>2</sup> según TOLEDO (1982), la pérdida de suelo por erosión hídrica fue medida in situ mediante: las parcelas de escorrentía, método de DA VEIGA y DO PRADO (1993), y por los clavos de erosión, método de EIAS (2003); y calculada por la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), metodología de Wischmeier y Smith (1978) y la Ecuación de Erosividad, determinada por la relación entre la erosividad y la pérdida de suelo. La duración de las evaluaciones en campo fue de junio 2008 - enero del 2009. Los resultados indican que a los 7 meses de establecidas las coberturas: el T<sub>1</sub> logró cubrir el 85% de la parcela, T<sub>4</sub> el 78%, T<sub>2</sub> el 68% y T<sub>3</sub> el 62%. Mediante el método de las parcelas de escorrentía se determinó que la pérdida de suelo fue 34.51 TN/ha/7meses presentando un grado de erosión alto. Con el método de clavos de erosión fue 15.6 TN/ha/3meses, con el método de la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo (USLE) fue 18.32 TN/ha/año y con la Ecuación de la erosividad fue 20.33 TN/ha/año; presentando éstas un grado de erosión medio.



## I. INTRODUCCIÓN

Cada minuto se destruyen en el mundo 40 ha de selva tropical por acción del hombre. En el Perú cada año se destruyen 250 mil ha de bosques en nuestra amazonía.

En la actualidad los problemas de la degradación de los suelos de los bosques representan una de las mayores limitaciones para lograr la reactivación productiva en el campo, en especial en condiciones tropicales donde por causa de acciones antrópicas, se pierden grandes extensiones de estos bosques, provocadas por prácticas inadecuadas de manejo, las mismas que no permiten aprovechar los recursos naturales y aceleran los procesos de degradación de los ecosistemas.

El uso inapropiado de los recursos naturales renovables, que se manifiesta en el empobrecimiento del suelo, produce el círculo vicioso de la agricultura migratoria constante y agresiva. El incremento poblacional en el área incrementará aún más este círculo.

La cobertura del suelo, las hojas y el material en descomposición que cubren su superficie son los que mejor lo protegen de la erosión. Si el

suelo está desnudo, las gotas de lluvia impactan sobre los agregados del suelo iniciando el proceso de escorrentía y arrastre de las partículas finas del suelo.

La presente investigación pretende evaluar la influencia de las coberturas en la variación de la erosión hídrica en parcelas demostrativas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), planteando de ésta manera los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

- Determinar la influencia de las coberturas vegetales en la variación de la erosión hídrica en parcelas demostrativas del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

**Objetivos Específicos:**

- Determinar la variación mensual del porcentaje de cobertura de: *Arachis pintoi* (T<sub>1</sub>), *Brachiaria decumbes* (T<sub>2</sub>), *Desmodium ovalifolium* (T<sub>3</sub>), *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi* (T<sub>4</sub>), en las parcelas demostrativas, en el período de julio 2008 a enero 2009.

- Establecer la pérdida total mensual de suelo, en cada una de las parcelas, a través de dos métodos de campo: parcelas de escurrimiento y, clavos de erosión.

- Establecer la pérdida total de suelo y los niveles de intensidad de erosión por tratamiento y su variación con el porcentaje de cobertura y precipitación.

- Estimar la pérdida total del suelo, mediante la evaluación de cada una de las variables de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos y la Ecuación de la Erosividad.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Distribución de la erosión del suelo

MORGAN (1997), señala que la erosión (del latín, *erosio*, *-ōnis*, roedura) del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua, englobando consigo el proceso de sedimentación, consta de una fase de desprendimiento de partículas individuales del suelo y su suspensión, una segunda fase de transporte de partículas por agentes hídricos o eólicos, y una tercera fase cuando la energía de estos agentes no es suficiente para transportar las partículas, causando su deposición.

Desde que la Tierra se cultivó por primera vez, la erosión del suelo por el agua y el viento ha sido un problema constante. Las consecuencias de la erosión del suelo se manifiestan tanto en el lugar donde se produce como fuera de él (erosión difusa). Los efectos *in situ* son particularmente importantes en las tierras de uso agrícola, donde la redistribución y la pérdida de suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y nutriente, llevan a la pérdida de espesor del perfil cultural y al descenso de la fertilidad. La erosión reduce también la humedad disponible en el suelo, acentuando la aridez (MORGAN, 1997).

La sabiduría popular explica la erosión como una respuesta al aumento de la presión que se ejerce sobre el suelo por el crecimiento demográfico y al abandono de grandes áreas anteriormente productivas, que han dejado de serlo como resultado de la erosión, salinización y alcalinización (MORGAN, 1997).

MORGAN (1997), indica que los factores que determinan la tasa de erosión son la lluvia, la escorrentía, el viento, el suelo, la pendiente, la cobertura vegetal y la presencia o ausencia de medidas de conservación. Estos y otros factores relacionados con ellos, se pueden considerar bajo tres aspectos: energía, resistencia y protección. El aspecto energético incluye la capacidad potencial de la lluvia, la escorrentía y el viento, para provocar la erosión. Esta capacidad se denomina erosividad. También están incluidos otros factores que afectan directamente a la potencia de los agentes erosivos, como son la reducción de la longitud de la escorrentía o del recorrido del viento mediante terrazas y cortavientos, respectivamente. En el aspecto de la resistencia, resulta fundamentalmente el factor de erosionabilidad del suelo que depende, sobre todo, de sus propiedades mecánicas y químicas. Los factores que favorecen la infiltración del agua en el suelo reducen la erosionabilidad, mientras que cualquier actividad que pulverice el suelo, la aumenta. El aspecto de protección se centra en los factores relacionados con la cobertura vegetal.

## **2.2. Mecanismos de la degradación de suelos**

La erosión del suelo es un proceso con dos fases consistentes en el desprendimiento de partículas individuales de la masa del suelo y su transporte por los agentes erosivos, como las corrientes de agua y el viento. Cuando la energía de estos agentes no es suficiente para transportar las partículas, se produce su deposición (MORGAN, 1997).

FAO (1980), señala que la degradación del suelo es un proceso que disminuye la capacidad actual y/o potencial del suelo para producir (cualitativa y cuantitativamente) bienes o servicios.

MORGAN (1997), indica que los procesos de erosión hídrica están estrechamente relacionados con las rutas que sigue el agua en su paso a través de la cobertura vegetal y su movimiento sobre la superficie del suelo. Durante una lluvia, parte del agua cae directamente sobre el suelo, ya sea porque no hay vegetación, o bien porque pasa a través de los espacios de la cubierta vegetal. Esta fracción de la lluvia se denomina precipitación directa. Parte de la lluvia es interceptada por la cubierta vegetal, desde donde vuelve a la atmósfera por evaporación, o llega al suelo goteada por las hojas (componente denominado drenaje foliar), o fluye hacia abajo por los tallos. La precipitación directa y el drenaje foliar son responsables de la erosión por salpicadura o saltación. La lluvia que llega al suelo puede almacenarse en pequeñas depresiones de la superficie o puede infiltrarse contribuyendo al contenido de humedad en el suelo o, por percolación, a recargar los acuíferos.

Cuando el suelo es incapaz de almacenar más agua, el exceso se desplaza horizontalmente por el interior del suelo y a favor de la pendiente, como flujo subsuperficial o flujo interno, o contribuye a la escorrentía superficial provocando erosión como flujo laminar o en surcos y cárcavas. Es esta escorrentía superficial, el principal causante de erosión hídrica.

Lal (2001), citado por YOULTON (2005), señala que la erosión del suelo comienza con el desprendimiento de sus partículas por el impacto de las gotas de lluvia, por la fuerza de arrastre del agua, por la disolución de sus agentes cementantes mediante reacciones químicas.

El suelo también se disgrega por procesos de meteorización mecánica (alternancia de humectación y desecación, congelación y deshielo, acción del hielo), o por el pisoteo de hombres y ganado, y por el laboreo del suelo. Como resultados del golpeteo de las gotas de lluvia sobre la superficie de un suelo desnudo, las partículas del mismo pueden ser lanzadas por los aires a varios centímetros de distancia (MORGAN, 1997).

Según DERPSCH (2004), muchas veces, la erosión hídrica y la escorrentía superficial de agua son aceptadas como fenómenos inevitables, asociado a la agricultura en terrenos con pendientes. Sin embargo, la pérdida de suelo y la escorrentía no son fenómenos naturales inevitables. La importancia del control de la erosión no se reduce solamente al mantenimiento del potencial productivo y de la fertilidad de los suelos para generaciones futuras, sino también es un medio eficiente para garantizar la continuidad del

empleo de mano de obra en el campo, evitando el éxodo rural. Un control eficiente de la erosión es por lo tanto, muy ventajoso bajo el aspecto ecológico y social, además de ser altamente significativo desde el punto de vista económico.

LAL (1982), indica que el surgimiento de daños causados por la erosión en áreas cultivadas no es más que un síntoma de que fueron empleados métodos de cultivo inadecuados para determinada área y su ecosistema. En otras palabras prácticas agrícolas inadecuadas han sido utilizadas. No es la naturaleza (relieve e intensidad de lluvias), sino son los métodos irracionales de cultivo utilizados por el hombre, los responsables por la erosión y sus consecuencias nefastas. El agricultor puede, mediante la utilización de sistemas de cultivo adaptados al lugar, controlar eficazmente la erosión, reducir la escorrentía y aumentar la infiltración de agua en sus campos. El agua que sale del campo en forma de escorrentía queda perdida para las plantas, mientras que el agua infiltrada puede ser utilizada eficientemente por las plantas. Esto es muy importante en climas más secos o donde ocurren períodos sin lluvias con cierta frecuencia.

### **2.3. Degradación por erosión hídrica**

DEVIDA (2002), indica que la erosión hídrica es el proceso de separación y transporte de las partículas del suelo por acción del agua de lluvia. Es un proceso que destruye los suelos, ya que hace desaparecer el



suelo superficial, a veces hasta dejar al descubierto la roca madre. Puede ser un proceso natural o acelerado.

Según DEVIDA (2002), la erosión natural o geológica es ocasionada por la acción permanente de los diversos fenómenos del intemperismo natural, y es tan lenta que requiere miles de años para producir cambios importantes en la configuración de la superficie terrestre. El suelo en estos casos se pierde tan lentamente que suele ser repuesto por los procesos naturales de descomposición y regeneración del sistema suelo. Lo que impide la erosión de los suelos en su estado natural es la cubierta vegetal (arbustos, árboles, pastos o una capa de hojas muertas en descomposición). Sea cual fuere, la cubierta vegetal protege al suelo cuando llueve y cuando sopla el viento. Las hojas y las ramas de los árboles y de los pastos detienen el impacto de las gotas de lluvia, a la vez que el sistema radicular profundo de las plantas contribuirá a afianzarlo.

Toy *et al.* (2002), citado por YOULTON (2005), indica que la erosión ocurre en la naturaleza a través de millones de años (en tiempo geológico) mediante procesos de meteorización de rocas en la superficie de la tierra, donde las tasas de erosión prevalecen bajo condiciones ambientalmente no perturbadas o naturales. La cantidad de suelo formado, usualmente, se encuentra en equilibrio con el suelo removido por agentes erosivos.

DEVIDA (2002), señala que la erosión acelerada es el proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas de suelo causado por el

agua. Ocurre cuando el hombre realiza sus actividades de uso del suelo de manera incorrecta, particularmente cuando deja el suelo sin su cobertura vegetal durante una parte del año (deforestación, sobre pastoreo, cultivos en limpio).

Toy *et al.* (2002), citado por YOULTON (2005), señala que la erosión antrópica o acelerada se presenta bajo condiciones ambientales perturbadas, siendo incrementadas las tasas de erosión en varios órdenes de magnitud. La cantidad de suelo formado usualmente está en desequilibrio con la cantidad de suelo removido por erosión. Normalmente es el resultado de la actividad humana al remover la cobertura vegetal y dejar expuesto el suelo a los agentes erosivos

### **2.3.1. Principales formas de erosión hídrica**

Una vez desagregadas las partículas del suelo, la escorrentía puede actuar superficialmente o concentrado en cauces. En el primer caso, el agua remueve un espesor relativamente uniforme de suelo, correspondiendo a la erosión por salpicadura o saltación de las partículas del suelo; la erosión en manto o laminar, causada por el flujo laminar de pequeño espesor y gran anchura. En el segundo grupo se encuentran los flujos de agua en pequeños cauces conocidos como regueros, zanjas o surcos, y la erosión en cárcavas o barrancos (MORGAN, 1997).

Según Porta *et al.* (1993), citado por YOULTON (2005), la erosión por salpicadura se debe al impacto de las gotas de lluvia sobre agregados inestables de un suelo desnudo. Se producen pequeños cráteres de impacto, con liberación de partículas. Sus efectos son más evidentes cerca de la divisoria de aguas, pudiendo dar lugar a la formación de pedestales. La erosión de manto, o laminar, consiste en la pérdida de una capa más o menos uniforme de suelo en un terreno inclinado, afectando a las partículas liberadas por salpicadura que luego son transportadas por la corriente, dejando al suelo con nuevas posibilidades de ser erosionado por el golpe de nuevas gotas. Habitualmente imperceptible, se identifica por el hecho que después de una lluvia los elementos gruesos en superficie aparecen muy limpios.

Peralta (1976), citado por YOULTON (2005), señala que normalmente el golpe y el escurrimiento trabajan juntos, pero usualmente el desplazamiento por el impacto es más fácil en la parte alta de la pendiente, pues a medida que el escurrimiento mueve las partículas hacia abajo, la lluvia tiene que desplazar primero las partículas ya transportadas, antes de seguir desplazando las demás. Por esto, en una erosión de manto, encontramos mayor daño en las partes altas, al revés de lo que sucede en una erosión de surcos, en que el daño sube desde las partes bajas a las altas. También indica como consecuencia de la erosión laminar, a la erosión de fertilidad, que se define como el desplazamiento de partículas menores a 2 mm por el bombardeo de gotas de lluvia al explotar sobre la superficie del suelo. Estas partículas corresponden a la porción más fina del suelo, constituida por arcillas,

limo y materia orgánica, quedando una predominancia de la porción más gruesa sobre el suelo. Si el suelo pierde esta porción fina, como en ella radican principalmente los fenómenos de intercambio de nutrientes, de la vida biológica del suelo y su comportamiento frente al agua, el suelo pierde notablemente su fertilidad, teniendo como secuela los malos rendimientos y disminución del grado de cobertura, lo que origina, a su vez, más posibilidades de erosión.

Otra consecuencia de la erosión laminar es la erosión de apozamiento, se produce cuando el golpe de la lluvia produce una acción de batido en el suelo destruyendo los terrones y agregados, compactando la superficie, convirtiéndola en un charco (PERALTA, 1976).

Esta superficie se hará más densa y más impermeable a medida que las partículas finas, que van con el agua en suspensión, llenen los poros y canalículos de éste. Al disminuir la infiltración por este efecto se reduce la permeabilidad en forma drástica y el agua escurre sobre la superficie del suelo, cuando es ligeramente inclinado. Si es plano, que es lo usual para la erosión de encharcamiento, se acumulan sobre el suelo grandes cantidades de partículas dispersas que al secarse se encostran. La erosión en surcos se produce cuando la escorrentía tiende a concentrarse y formar canalículos cada vez más grandes. A medida que el agua se concentra va aumentando su cantidad, velocidad y la cantidad de materiales en suspensión, lo que le da un mayor poder socavante y transportador de partículas. La máxima erosión en surcos se produce cuando la escorrentía contiene suficiente material en suspensión, que facilita la acción abrasiva del agua, permitiendo extraer mayor cantidad de

partículas del suelo. Este fenómeno es lógico que se manifieste principalmente en la parte más baja de la pendiente porque es en ese lugar donde llega la mayor cantidad de agua, con mayor velocidad, más canalizada y con mayor cantidad de material en suspensión. Esto hace que el suelo se socave con más rapidez en este sector, originando un sector de mayor pendiente que aumenta todavía más el poder erosivo del flujo, lo que hace que más material se desprenda, aumentando el tamaño de los surcos. El surco comienza entonces a profundizar, hasta cuando la acción del agua en la zanja se encuentra con el material duro del substratum o la roca madre (PERALTA, 1976).

MORGAN (1997), señala que el último tipo de erosión posible es la erosión de cárcavas. Las cárcavas son, por lo general, canales profundos y disectados, relativamente anchos y profundos respecto del flujo que conducen y de paredes empinadas que comúnmente se presentan en áreas con subsuelos profundos y frágiles.

#### **2.4. Medición de la erosión en campo**

MORGAN (1997). Las medidas de campo pueden clasificarse en dos grupos: las diseñadas para determinar las pérdidas de suelo en áreas relativamente pequeñas, y las diseñadas para evaluar la erosión en áreas más grandes, como una cuenca hidrográfica.

En esta revisión sólo se hará referencia a la medición en áreas pequeñas, ya que se pretende cuantificar la erosión a escala de parcelas

Existen básicamente dos estrategias para medir la erosión: determinar los cambios en el volumen del suelo, y coleccionar los sedimentos removidos para su posterior pesado, expresado como masa por unidad de área (MORGAN, 1997).

#### **2.4.1. Parcelas de escorrentía**

MORGAN (1997), indica que las parcelas de escorrentía son empleadas para estudiar los factores que afectan a la erosión, ya que se pueden controlar las condiciones en cada parcela. Cada parcela es una porción aislada de terreno que tiene como datos conocidos: tamaño, grado de pendiente, longitud de la pendiente y tipo de suelo para el que mide su escorrentía y pérdida de suelo.

HUDSON (2004), señala que comúnmente se utilizan parcelas pequeñas de unos 100 m<sup>2</sup> para ensayos de prácticas de cultivo, efectos de la cobertura, rotaciones y cualquier otra práctica que se pudiera aplicar en pequeñas parcelas de la misma manera que ocurre en el campo y siempre que el efecto no sea afectado por el tamaño de la parcela. Un tamaño razonable, en unidades métricas, sería 5 m de ancho y 20 m de largo.

Uno de los mejores usos de las parcelas de escorrentía es la demostración, cuando la finalidad es demostrar hechos conocidos. En este caso las magnitudes reales de la erosión no son importantes por lo que no es necesario proceder a repeticiones ni recurrir a sistemas colectores complicados

que tratan de captar toda la pérdida de suelo. Otra utilización válida está en los estudios comparativos, por ejemplo para probar, demostrar o tener una indicación aproximada del efecto en la escorrentía o en la erosión de una simple comparación como la existencia o no de una cubierta del suelo o la cuantía de la escorrentía en la cima y en la base de una ladera. Un tercer uso posible es el de obtener datos que se van a emplear para construir o para validar un modelo o ecuación destinado a predecir la escorrentía o la pérdida de suelo (HUDSON, 2004).

#### **2.4.2. Clavos de erosión**

Sociedad EIAS (2003), citado por YOULTON (2005), indica que una medición volumétrica se realiza con clavos de erosión, que consiste simplemente en parcelas cuadrículadas, a las cuales se les entierran clavos largos que marcan la línea del suelo actual. Se realiza una medición topográfica al lado del clavo, obteniendo una medida de suelo perdido o sedimentado según el caso. Por un simple cálculo volumétrico se puede medir la cantidad de tierra perdida

El clavo debe ser de una extensión que se pueda clavar en el suelo, 30 cm es una longitud corriente, puede ser menor si se trata de un suelo poco profundo o mayor si se trata de un suelo suelto. Es preferible que tenga un diámetro de hasta unos 5 mm, ya que un espesor mayor puede interferir con la corriente de superficie y provocar su desgaste (HUDSON, 2004).

## 2.5. Leguminosas como cultivos protectores

Según SKERMAN (1991), la necesidad de proteger el suelo contra los efectos erosivos de las precipitaciones intensas y de contribuir al mantenimiento de la fertilidad fue causa de que la agricultura de plantación introdujera el sistema de sembrar leguminosas perennes de crecimiento rápido entre hileras del cultivo principal.

Los requisitos de un cultivo de protección son que sea fácil establecer, que cubra el terreno pronto y bien, que sea lo suficientemente agresivo para excluir el crecimiento de malas hierbas y que mejore realmente la fertilidad del suelo y, en consecuencia, los rendimientos del cultivo (SKERMAN, 1991).

MORGAN (1997), señala que la cobertura vegetal protege al suelo de la erosión al interceptar la lluvia y reducir la velocidad de la escorrentía y del viento. Diferentes cubiertas vegetales consiguen distintos grados de protección y, en consecuencia, las actuaciones humanas mediante determinados usos del suelo pueden controlar considerablemente la tasa de erosión.

Vargas (1989), citado por QUIROZ (2000), manifiesta que, según los resultados obtenidos sobre el control de malezas en una plantación de "achiote" *Bixa orellana* L., el "desmodium" *Desmodium ovalifolium*, alcanzó a cubrir el 100%, seguido por "kudzú" *Pueraria phaseoloides*, con el 95%. Este efecto fue importante en la reducción del crecimiento de malezas debido a que el desmodium registró una tasa de crecimiento de 3 – 44% mensual.



QUIROZ (2000), determinó el porcentaje de cobertura a los cuatro meses del establecimiento, siendo el *Desmodium ovalifolium* Vahl, la cobertura que presenta mayor porcentaje (47.73%) a tal punto de tener significación estadística frente a las coberturas de *Arachis pintoii* Kra (26.89%) y *Pueraria phaseoloides* (Roxb) Bent, (16.17%). Del mismo modo demostró que el porcentaje de cobertura a los seis meses del establecimiento es como sigue *Desmodium ovalifolium* Vahl, (56.21%), *Arachis pintoii* Kra (32.35%) y *Pueraria phaseoloides* (Roxb) Bent, (22.74%).

### **2.5.1. Características de las especies utilizadas**

#### **2.5.1.1. Desmodium (*Desmodium ovalifolium* Vahl.)**

Box (1961), citado por QUIROZ (2000), señala que *Desmodium ovalifolium* Vahl es una leguminosa perenne, con tallos verticales que sobre pasan los 60 cm de altura, de color marrón oscuro y algo leñoso, con tendencia a volverse rastrera; las hojas de forma ovalada y color verde oscuro; su inflorescencia es compacta con flores de color lila a rosada, se presenta en pares y dan nacimiento a vainas curvas, constreñidos entre las semillas, las que varían de 6 a 12 por vaina.

SKERMAN (1991), indica que esta especie puede ser lenta para establecerse, pero el hábito de crecimiento y estolonífero da buena protección del suelo. Además, resiste bien una frecuente defoliación. Son tolerables a los

suelos ácidos y a una saturación elevada de aluminio. Del mismo modo SCHMIDT y SCHULZE-KRAFT (1997), señalan que el lento establecimiento es el mayor limitante para esta especie.

Según Grof (1982), citado por SKERMAN (1991), señala que el *Desmodium ovalifolium* tiene necesidades de *Rhizobium* específicas y no padece enfermedades o plagas de insectos, aunque se tiene informes de Malasia y de Colombia en los que se indican que es sensible a los nemátodos de los nudos de las raíces. La tolerancia a la sequía también es buena.

#### **2.5.1.2. Kudzu (*Pueraria phaseoloides* (Roxb) Bent.)**

Bernal (1991), citado por QUIROZ (2000), menciona que es una leguminosa que crece en forma de enredadera, de duración perenne, sus tallos pueden alcanzar varios metros de longitud, las hojas son grandes y abundantes, las raíces son profundas, abundantes y ricas en nódulos que fijan el nitrógeno del aire, se adaptan bien en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 2000 de altura; la precipitación se considera adecuada de 2000 mm. y temperatura por encima de los 18° C; crece bien en climas cálidos, es tolerante a la sequía moderada y a la alta humedad del suelo; es una de las leguminosas que presenta mayor capacidad de adaptación a las diversas condiciones de clima y suelo.

Martinez (1971), citado por QUIROZ (2000), indica que es una leguminosa perenne, originaria de las indias orientales, de excelente

adaptación en la región tropical y sub tropical de nuestra selva, fue introducida en 1942 en la zona de Tingo María.

### **2.5.1.3. Maní forrajero (*Arachis pintoii* Kra.)**

Kerridge (1995), citado por QUIROZ (2000), señala que su hábito de crecimiento es estolonífero y de buena adaptación a las tierras bajas del trópico húmedo, se adapta bien a suelos ácidos, su crecimiento parece limitarse cuando su pH es inferior a 5.4. Como forraje tolera la sombra y es relativamente tolerante al déficit hídrico.

Box (1961), citado por QUIROZ (2000), afirma que en Colombia, esta especie, ha tenido éxito como pastura de pastoreo en suelos ácidos, sin embargo, en la zona de Pucallpa no se ha reportado resultados espectaculares pero en la zona de Tingo María presenta rendimientos y persistencia satisfactorias, pero no ha sido sometida a presiones de pastoreo para poderlo comparar con otras leguminosas, sin embargo como cultivo de coberturas en frutales perennes ha demostrado vigor y persistencia.

Kerridge (1995), citado por QUIROZ (1997), indica que esta especie requiere de bastante humedad, no se desarrolla eficientemente en terrenos pendientes, se adapta a terrenos cuya acidez no sea menor a 5.4.

#### 2.5.1.4. Pasto (*Brachiaria decumbes*)

Según GUZMAN (2005), *Brachiaria decumbes* es una planta herbácea, perenne, semierecta a postrada, rizomatosa de raíces adventicias que brotan de la base de los entrenudos y que dan origen a raicillas secundarias y terciarias, la mayoría de éstas son delgadas, largas y fuertes (raíces fibrosas). Las hojas miden entre 20 y 40 cm de largo por 10 a 20 mm de ancho y están cubiertas de tricomas con bordes duros y ásperos.

El pasto Braquiaria se puede establecer con material vegetativo (tallos o falsos estolones, cepas y cespedotes), o por medio de semilla gámica, dependiendo de la disponibilidad de material de siembra, de la mano de obra y de la maquinaria disponible. Cuando se utiliza material vegetativo la distancia entre tallos o cepas varía entre 80 cm y 1 m, y entre 8 y 12 cm de profundidad en el suelo (GUZMAN, 2005).

Vargas (1994), citado por GUZMAN (2005), realizó evaluaciones en el municipio de Coyaima, en donde *Brachiaria decumbes* 606 demostró cobertura del 70.6% y alturas de 69.6 cm a las 12 semanas y producciones de 3199 kg de MS/ha en épocas de máxima precipitación.

Según GÉLVEZ (2007). El clima favorable es el cálido, crece mejor entre 0 y 1500 m. s. n. m. con precipitación anual mayor a 1000 mm, en suelos bien drenados. El tipo de siembra es por semilla cariósida o por material vegetativo. Tolerancia a suelos ácidos y poco fértiles, bachacos, sequías y quemadas. No tolera aguachinamiento.

## 2.6. Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE)

Según FAO (1992), USLE es un método que utiliza seis factores: erosividad de la lluvia (R), susceptibilidad de erosión del suelo (K), largo de la pendiente (L), magnitud de la pendiente (S), cubierta y manejo de cultivos y residuos (C), y prácticas de conservación (P), para estimar la pérdida de suelos promedio (A) por el período de tiempo representado por R, generalmente un año.

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P$$

WISCHMEIER y SMITH (1978), describen cada uno de estos factores y proporcionan métodos para evaluarlos. El USLE fue desarrollado para:

- Predecir el movimiento promedio anual de suelos desde una pendiente específica, bajo condiciones de uso y manejo específicos.
- Orientar la selección de prácticas de conservación para localidades específicas.
- Estimar la reducción de pérdida de suelos que se puede lograr con cambios de manejo efectuados por el agricultor.
- Determinar el largo máximo de pendiente tolerable para un sistema de cultivo determinado.

Las ventajas del USLE incluyen facilidad de uso, simplicidad, y una base de datos amplia sobre la cual fue desarrollado. Sin embargo, tiene varias

limitaciones. Los métodos para estimar los seis factores no se encuentran disponibles en muchos lugares fuera de los Estados Unidos de Norteamérica. Su aplicación en praderas es limitada. Está basado sobre el supuesto de pendiente de terreno, suelos, cultivo y manejo uniformes. Es un procedimiento estadístico (empírico o "agrupado") que no contempla los procesos físicos de separación, transporte y sedimentación en forma mecánica. Finalmente, no fue diseñado para estimar rendimientos de sedimentación en cuencas complejas (WISCHMEIER y SMITH, 1978).

Esta ecuación empírica de tipo paramétrico multiplicativo, fue desarrollada sobre una gran base de datos experimentales. Su uso permite calcular la pérdida promedio anual de un suelo para una pendiente dada y bajo condiciones de uso y manejo de suelo específico; orientar la selección de prácticas de conservación; estimar la reducción de pérdidas de suelo con cambios de manejo efectuados por el agricultor a través de la aplicación de prácticas conservacionistas (WISCHMEIER y SMITH, 1978).

### **2.6.1. Pérdida de suelo (A)**

Calculada por unidad de superficie, expresada en las unidades seleccionadas para K y el período seleccionado para R, generalmente toneladas (tn) hectárea (ha)<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. (WISCHMEIER y SMITH, 1978).

**Cuadro 1. Niveles de intensidad de pérdida de suelo adaptados de criterios internacionales**

Intensidad de amenaza	Pérdida de suelo (Tn/ha/año)	Pérdida de suelo (mm)
Baja	5 – 12	0.4 - 2
Media	dic-25	02-may
Alta	mayor a 25	mayor a 5

Fuente: Wischmeier y Smith (1978).

### **2.6.2. Erosividad de la lluvia (R)**

Existen varios enfoques para la determinación de índices de erosividad. Los más conocidos al respecto fueron desarrollados por: Smith y Wischmeier (1963); Athesian (1974); Delwaulle (1973); Roose (1975); Klingebiel (1972), Hudson (1971); Lal (1976); Arnoldus (1978).

R es un índice de la erosividad (promedio anual) de la precipitación pluvial para un determinado lugar (por ejemplo una zona con determinado clima (FAO, 1992).

El índice modificado de Fournier desarrollado por ARNOLDUS (1978) es lo más práctico en zonas donde no existen datos detallados. Como base para determinar la erosividad se utilizan los datos promedios de precipitaciones mensuales. El índice se obtiene de la fórmula:

$$R = \sum_{i=1}^{i=12} p_i^2 / P$$

Donde:

$i$  : número de meses

$p$  : precipitación mensual en cm

$P$  : precipitación promedio en cm

La fórmula se puede medir por mes, por periodos al año o para todo el año.

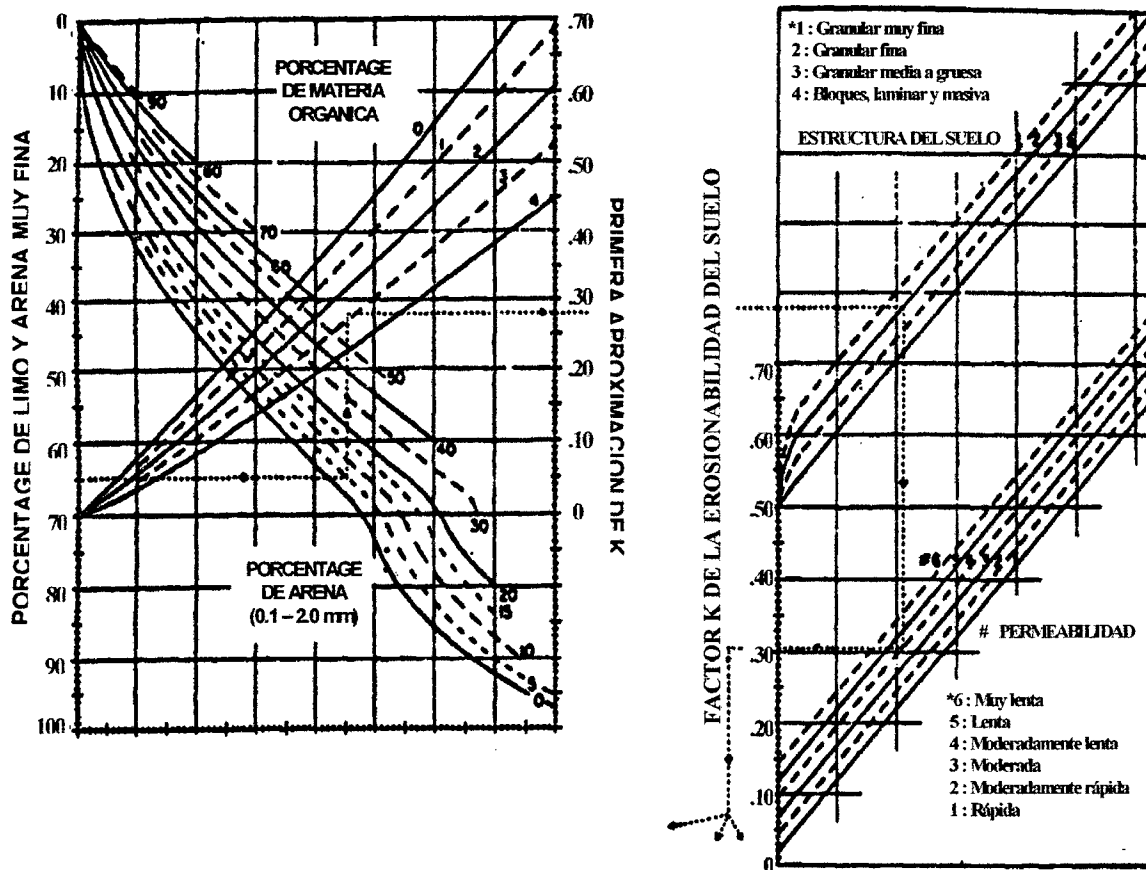
### 2.6.3. Erodabilidad del suelo (K)

WISCHMEIER *et al.* (1974) determinaron las propiedades del suelo con mayor correlación con la erodabilidad del suelo. El factor K para un suelo dado es la pérdida de suelo esperada por hectárea por unidad de E<sub>i</sub> sobre una parcela unitaria (22.1 m de longitud y 9 % de gradiente de pendiente, continuamente labrada a favor de la pendiente sin cobertura).

Valores más exactos de K pueden ser obtenidos usando el nomograma de erodabilidad (Figura 1.). El Nomograma gráficamente calcula K para un suelo dado en función de la distribución de tamaño de las partículas, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del perfil (WISCHMEIER y SMITH, 1978).



Figura 1. Nomograma de erodabilidad



#### 2.6.4. Gradiente y longitud de la pendiente (LS)

El factor, de largo de la pendiente, es la proporción de pérdida de suelos en el largo de la pendiente específica con respecto a un largo de pendiente estándar (WISCHMEIER y SMITH, 1978).

$$LS = (\lambda / 22.13)^m * (0.065 + 0.045 s + 0.0065 s^2)$$

Donde:

$\lambda$  = Longitud de la pendiente en metro

s = Porcentaje de la pendiente

$m$  = exponente que refleja la relación entre la pérdida de suelo y la gradiente de la pendiente.

Cuadro 2. Valores del exponente ( $m$ ) según gradiente de la pendiente

Exponente ( $m$ )	Gradiente de la pendiente (%)
0,2	menor a 1
0,3	1 - 3
0,4	3 - 5
0,5	5 - 10
0,6	10 - 50

Fuente: Wischmeier y Smith (1978).

### 2.6.5. Cobertura vegetal (C)

El factor cubierta y manejo, es la proporción de pérdida de suelo en una superficie con cubierta y manejo específico con respecto a una superficie idéntica en barbecho, con labranza continua (WISCHMEIER y SMITH, 1978).

Cuadro 3. Valores de "C" según el uso de tierra.

Uso de la tierra	Valor promedio anual de C
Suelo desnudo	1
Bosque denso o cultivos con mucho espesor	0.001
Sabana o pastizales sin pastoreo	0.01
Cultivos de cobertura, siembra tardía desarrollo lento	
Primer año	0.3 - 0.9
Segundo año	0.1
Cultivos de cobertura de desarrollo rápido	0.1
Maíz, sorgo	0.4 - 0.9
Arroz (cultivo intensivo, segundo ciclo)	0.1 - 0.2
Algodón, tabaco ( segundo ciclo)	0.5
Maní, soya	0.4 - 0.8
Yuca ( primer año)	0.2 - 0.8
Pasturas	0.15
Cubierta escasa (60%)	0.15 - 0.09
Cubierta inapreciable	0.45
Frutales con cobertura vegetal	0.01 - 0.8

Fuente: Roose (1977) y Ramos (2001)

### 2.6.6. Prácticas de conservación de suelos (P)

El factor de prácticas de apoyo de conservación, es la proporción de pérdida de suelo con una práctica de apoyo como cultivo en contorno, barreras vivas, o cultivo en terrazas, con respecto a aquella labranza en el sentido de la pendiente (WISCHMEIER y SMITH, 1978).

Cuadro 4. Valores de "P" para cultivos en contorno en función de gradiente de pendiente y su máxima longitud permitida entre obras.

Gradiente de pendiente (%)	Factor P	Máxima longitud de pendiente (m)
1 - 2	0.60	120 - 180
3 - 5	0.50	90 - 100
6 - 8	0.50	60 - 65
9 - 12	0.60	40
13 - 16	0.70	25
17 - 20	0.80	20
21 - 25	0.90	15

Fuente: Wischmeier y Smith (1978).

Cuadro 5. Valores de P para prácticas de conservación del suelo.

Prácticas de conservación	Factor P
Cultivo a nivel s= 0 - 1°	0.60
Cultivo a nivel s= 2 - 5°	0.50
Cultivo a nivel s= 6 - 7°	0.60
Cultivo a nivel s= 8 - 9°	0.70
Cultivo a nivel s= 10 - 11°	0.80
Cultivo a nivel s= 12 - 14°	0.90
Bancales a nivel	0.14
Bancales a contra pendiente	0.05
Bancales con pendiente	0.35
Bancales a nivel con referencia de agua	0.01
Caballones enlazados	0.10 - 0.20

Fuente: Ramos (2001)

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo se realizó en las parcelas de escorrentía, ubicadas en el campo experimental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en un área de 0.6 ha; localizada en una colina media con pendiente de 30°, distante a 1.6 Km. de la estación meteorológica José Abelardo Quiñonez – UNAS.

##### **3.1.1. Ubicación UTM**

Este : 381020

Norte : 8961052

Altitud : 660 m.s.n.m

Zona de Vida : Bosque Muy Húmedo - Pre montano Tropical (bmh-PT). Según Holdridge.

### **3.1.2. Ubicación Política**

Departamento	: Huánuco.
Provincia	: Leoncio Prado.
Distrito	: Rupa Rupa.
Lugar	: UNAS.

### **3.2. Antecedentes del campo experimental**

En el año 1960, en los Estados Unidos, se realizaron trabajos de investigación en más de 8000 parcelas de escorrentía con la finalidad de medir la pérdida de suelo, y ajustar la Ecuación universal de USLE, para diferentes condiciones ambientales y en diferentes partes del mundo; en el Perú, y particularmente en Tingo María, se instalaron parcelas de escorrentía en ese entonces en la Estación Experimental – Tingo María, que en la actualidad es la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Se construyeron aproximadamente, 20 parcelas, de las cuales algunas de ellas no fueron culminadas.

En el año 2000 la Facultad de Agronomía, trabajó con fondos del CIUNAS, en las parcelas operativas cuantificando la escorrentía y sus efectos en el proceso erosivo, determinando el factor de erodabilidad en 0.41.

En los años 2004 y 2005 la Facultad de Recursos Naturales Renovables, a través de la Especialidad de Conservación de Suelos y Agua,

realizó trabajos en dichas parcelas con los alumnos del curso de sedimentología.

En el año 2006 el Bachiller Arturo Oroz Bocangel realizó su trabajo de tesis en dicha parcelas, Influencia de las Coberturas (frijol, maíz, maní forrajero, eritrina y coca) en la Erosión Hídrica de un Suelo Ácido del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, determinando que la pérdida de suelo medida en campo en las parcelas de esorrentía fue de 25.79 Tn/Ha/4 meses y la estimada por el método de la USLE fue de 15.677 Tn/Ha/4 meses, con una precipitación total de 1308.7 mm, en los 4 meses medidos.

### **3.3. Características agroecológicas de la zona**

#### **3.3.1. Clima**

La zona en estudio corresponde a la zona de vida, según HOLDRIGE (1993), Bosque Muy Húmedo - Pre montano Tropical (bmh-PT). La Estación Meteorológica José Abelardo Quiñónez de la UNAS, registró, en los 7 meses de estudio: temperatura máxima de 30°C, temperatura mínima 20.3°C, temperatura promedio 25.2°C, precipitación 1827.6 mm. y 80% de humedad relativa.



### 3.3.2. Suelo

Se tomaron muestras de cada parcela del área en estudio y se determinaron las propiedades físicas del suelo como: textura, permeabilidad, estructura y propiedades químicas como pH y materia orgánica.

Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos y el Gabinete de Ingeniería Agrícola, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, los mismos que fueron utilizados para determinar el factor de Erodabilidad (K) de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Los resultados y análisis se muestran en los Cuadros 6, 7, 8, 9 y 10.

Cuadro 6. Análisis de textura

Parcela N°	% Ao	% Ar	% Lo	Textura
1	37.61	35.68	26.71	Franco Arcilloso
2	33.61	35.68	30.71	Franco Arcilloso
3	27.61	34.68	37.71	Franco Arcilloso
4	23.61	32.68	43.71	Franco Arcilloso
5	26.61	42.68	30.71	Arcilloso

Fuente: Laboratorio de suelos y propio.

Cuadro 7. Análisis de permeabilidad

Parcela N°	kt (m/día)	Grado
1	0.98	Moderada
2	0.78	Moderada
3	1.18	Moderada
4	0.75	Moderada
5	0.77	Moderada

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Agrícola y propia.

Cuadro 8. Análisis de materia orgánica

Parcela N°	M.O	Grado de clasificación	
		La Molina	Ankerman-Large
1	3.3	Medio	Alto o rico
2	3.3	Medio	Alto o rico
3	3.4	Medio	Alto o rico
4	3.2	Medio	Alto o rico
5	3.5	Medio	Alto o rico

Fuente: Laboratorio de suelos y propio.

Cuadro 9. Análisis del pH del suelo

pH	Clasificación Scheffer y Schachtschabel
5.6	Mediamente ácido

Fuente: Laboratorio de suelos y propio.

Cuadro10. Análisis de la densidad aparente

Parcela N°	Densidad aparente (Tn/m <sup>3</sup> )
1	1.30
2	1.31
3	1.34
4	1.31
5	1.28

Fuente: Laboratorio de suelos y propio.

### 3.4. Análisis de la Información

Cuadro 11. Parámetros de evaluación

Parámetro	Símbolo	Característica
Cobertura vegetal	Cob.	Expresado en %
Precipitación total	Pt.	Registrado en el pluviógrafo expresado en cm/mes
Escorrentía depositado en las cubas	Esc.	Expresado en litros
Sólidos en suspensión	Sól.	Expresado en Kg/L
Sedimento recogido en las cubas	Sed.	Expresado en Kg
Pérdida de suelo (in situ)	P.S.	Expresado Tn/ha/7meses
Clavos de erosión	C.E.	Expresado en Tn/ha
Altura media del suelo erosionado	Y	Expresado en mm

Densidad aparente	Da	Expresado en $Tn/m^3$
Textura	Tx.	Calculada por el Método del Hidrómetro de Bouyoucos
pH del suelo	pH	Calculado por el método del potenciómetro
Permeabilidad	Kt.	Expresado en m/día
Materia orgánica	M.O	Calculada por el Método de Walkley y Black
Perdida de suelo (USLE)	A.	Expresado en $Tn/ha/año$ . Calculada por la metodología de Wischmeier y Smith (1978)

---

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Disposición experimental

#### 3.5.1. Características de las parcelas de escorrentía

Para el trabajo de investigación se consideraron 5 parcelas de escorrentía, de 4 m de ancho por 25 m de largo, cada una, cada parcela tiene 3 cubas de sedimentación. Las parcelas se encuentran instaladas en una colina media con pendiente de 30°.

### 3.5.2. Material en estudio

Se evaluó el porcentaje de cobertura vegetal que protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia a los 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 días después de la siembra. Del mismo modo la pérdida de suelo por erosión hídrica fue medida in situ, mediante las parcelas de escurrimiento y el método de los clavos de erosión, y calculada por la metodología de Wischmeier y Smith (1978), la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) y la Ecuación de Erosividad determinada por la relación entre la erosividad y la pérdida de suelo.

### 3.5.3. Factores y tratamientos en estudio

El presente trabajo de investigación comprende el estudio de la influencia de las coberturas vegetales en la erosión hídrica con parcelas demostrativas en el BRUNAS, haciendo uso de las prácticas de conservación de suelo, cuyos tratamientos son:

Cuadro 12. Tratamientos en estudio

Tratamiento	Clave	Descripción
I	T <sub>1</sub>	<i>Arachis pintoi</i>
II	T <sub>2</sub>	<i>Brachiaria decumbes</i>
III	T <sub>3</sub>	<i>Desmodium ovalifolium</i>
IV	T <sub>4</sub>	<i>Pueraria phaseoloides</i> y <i>Arachis pintoi</i>
V	T <sub>5</sub>	Testigo

Fuente: elaboración propia.

### 3.6. Conducción del experimento

#### 3.6.1. Cobertura instalada

Se instalaron las coberturas en las parcelas demostrativas. Se evaluó, cada mes posterior a la siembra, el porcentaje (%) de recubrimiento del suelo por éstas.

Cuadro 13. Descripción de los tratamientos en estudio

Parcela	Tratamiento	Descripción
I	T <sub>2</sub>	<i>Brachiaria decumbes</i> con una densidad de siembra de 0,5 m x 0,5 m.
II	T <sub>3</sub>	<i>Desmodium ovalifolium</i> Vahl. con una densidad de siembra de 0,3 m x 0,3 m.
III	T <sub>5</sub>	Testigo
IV	T <sub>4</sub>	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb) Bent. y <i>Arachis pintoi</i> Kra con una densidad de siembra de 0,3 m x 0,3 m.
V	T <sub>1</sub>	<i>Arachis pintoi</i> Kra. con una densidad de siembra de 0,3 m x 0,3 m.

Fuente: elaboración propia.

Para la evaluación del porcentaje de cobertura se utilizó el método del metro cuadrado (m<sup>2</sup>) propuesto por TOLEDO (1982), que empleó una cuadrícula de madera o metálica, de 1 m<sup>2</sup>. En este caso fue de madera, dividida con una piola en 25 cuadrados pequeños de 20 cm x 20 cm.

La evaluación del porcentaje se efectuó al azar, con 3 repeticiones, abarcando toda el área de cada tratamiento.

### **3.6.2. Evaluación de la escorrentía y pérdida de suelo mediante las parcelas de escorrentía**

Utilizando una metodología adaptada a partir de DA VEIGA y DO PRADO (1993), se realizó la medición de las pérdidas de suelo y escurrimiento después de la ocurrencia de cada evento de precipitación, evaluando:

- El volumen de escurrimiento (lt) depositado en las cubas, determinándose por medio de las lecturas en las cubas graduadas, que tienen la capacidad de 1059 l. cada una.
- Los sólidos en suspensión dentro de las cubas, determinado por la relación entre la concentración de sedimentos en suspensión en un litro de agua (Kg/l).
- La cantidad de sedimentos depositados dentro de las cubas (kg).

La pérdida total de suelo, en las parcelas demostrativas, es igual a la suma de todas las mediciones de la escorrentía depositada en las cubas (L) por los sólidos en suspensión en las cubas (Kg/L), más los sedimentos dentro de la cuba (Kg).

### 3.6.3. Medición de las parcelas con clavos de erosión

En cada parcela demostrativa se instalaron 13 varillas de fierro, pintadas de color blanco y 15 cm de largo cada una. El trabajo de medición efectuado en los clavos de erosión se realizó en períodos que oscilaron entre 30 días. Asimismo, estos trabajos consistieron en una medición topográfica al costado de cada clavo, obteniendo una medida de suelo perdido o sedimentado según fue el caso.

Para cuantificar la erosión hídrica superficial, se procedió a calcular el promedio de las mediciones realizadas en los clavos de erosión.

Para cuantificar el suelo erosionado o sedimentado en Tn/ha para el período en estudio, se multiplicó el resultado de las medias expresadas en milímetros, por la densidad aparente del suelo ( $D_a$ ) ( $Tn/m^3$ ) y por 10. (EIAS 2003). La expresión en forma matemática se presenta a continuación:

$$X(\text{ton/ha}) = Y * D_a * 10$$

Donde:

X : Suelo erosionado o sedimentado (Tn/ha)

Y : Altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm)

$D_a$  : Densidad aparente del suelo ( $Tn/m^3$ )



### **3.7. Estimación de la pérdida de suelo mediante USLE**

Se realizó la estimación de las pérdidas de suelo y del efecto de la cobertura a través de la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelos, (USLE) y se contrastó con los valores medidos en campo.

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P$$

El trabajo se llevó a cabo siguiendo la metodología de WISCHMEIER y SMITH (1978).

#### **3.7.1. Cálculo del índice de erosividad (R)**

El cálculo del índice de erosividad se realizó con la metodología del índice modificado de Fournier desarrollado por Arnoldus (1978), tomando como base de información los datos de los registros pluviométricos de la Estación Meteorológica José Abelardo Quiñónes – UNAS, desde enero de 1940 hasta enero del año 2009.

#### **3.7.2. Cálculo del índice de erodabilidad del suelo (K)**

El cálculo del índice de Erodabilidad se realizó con la metodología de Wischmeier y Smith (1978) y con los datos de los análisis de suelo, pues son función del contenido de textura, materia orgánica, estructura y permeabilidad del suelo, cuyos valores fueron utilizados en el nomograma para obtener K.

### **3.7.3. Cálculo de LS, C, y P**

El cálculo de LS, C y P fue obtenido de las fórmulas y tablas que plantea la metodología de Wischmeier y Smith (1978).

### **3.7.4. Niveles de intensidad del grado de erosión por tratamiento.**

Una vez encontrados los valores de la USLE, se estimó la pérdida total del suelo con la metodología de Wischmeier y Smith (1978) y se estableció el grado de erosión por cada tratamiento, según el Cuadro 1.

### **3.7.5. Porcentaje de erosión por tratamiento.**

Se determinó el porcentaje de erosión por cada tratamiento; se realizó la sumatoria de la pérdida de suelo de todas las parcelas, luego se dividió la pérdida de suelo de cada una de las parcelas con la sumatoria del total de las mismas, y al resultado se le multiplicó por 100.

### **3.8. Estimación de la pérdida de suelo mediante la Ecuación de erosividad.**

Se realizó la relación del grado de erosividad con la pérdida de suelo, luego se halló la ecuación y factor de confiabilidad, con ésta se determinó la pérdida de suelos en función a la erosividad, trabajando con datos de precipitación desde el año 1940 hasta enero del 2009, finalmente se graficó el nomograma de la pérdida de suelo.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. Variación del Porcentaje de recubrimiento con cobertura vegetal, por tratamiento, en el período de ensayo Julio 2008 a Enero 2009.

Cuadro 14. Medición del porcentaje de cobertura vegetal por mes.

MES	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Parcela IV	Parcela V
	T <sub>2</sub> (%)	T <sub>3</sub> (%)	T <sub>5</sub> (%)	T <sub>4</sub> (%)	T <sub>1</sub> (%)
Jul-08	2.00	1.00	0.00	1.00	1.00
Ago-08	3.29	1.93	0.00	2.47	2.83
Sep-08	9.32	4.28	0.00	6.40	6.68
Oct-08	37.32	15.60	0.00	26.68	29.12
Nov-08	50.68	33.32	0.00	42.00	46.68
Dic-08	60.00	58.00	0.00	65.00	73.00
Ene-09	68.00	62.00	0.00	78.00	85.00

T<sub>2</sub> -*Brachiaria decumbes*

T<sub>3</sub> -*Desmodium ovalifolium*

T<sub>5</sub> -Testigo

T<sub>4</sub> -*Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi*

T<sub>1</sub> -*Arachis pintoi*

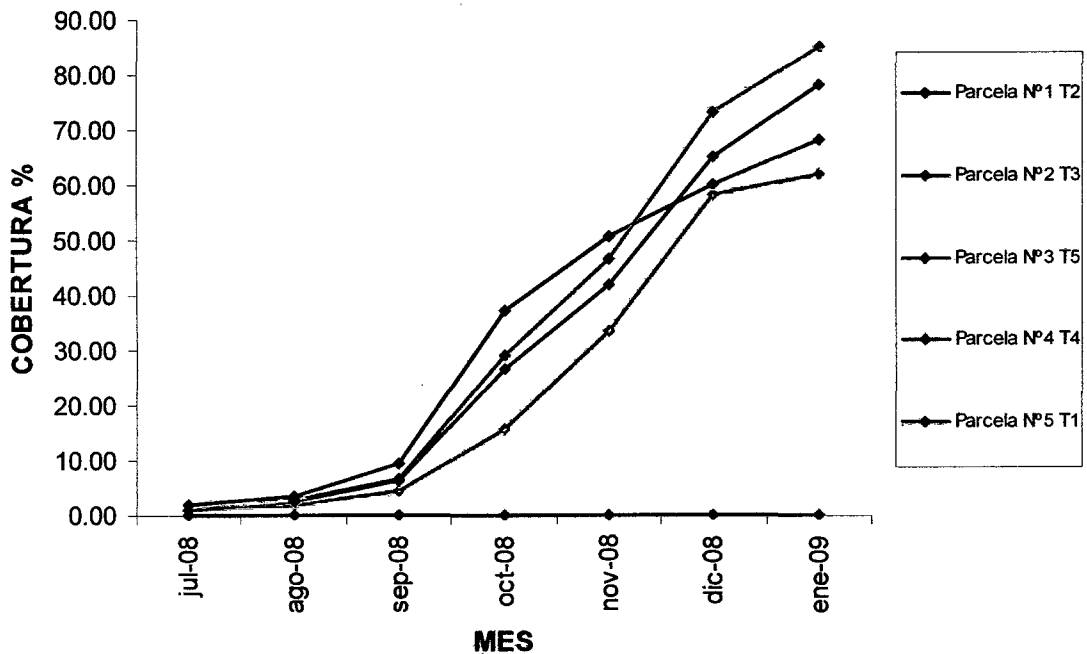


Figura 2. Variación del porcentaje de la cobertura vegetal por tratamiento en el período julio 2008 a enero 2009.

Se aprecia (cuadro 14 y figura 2) que el porcentaje de cobertura en el primer y segundo mes, después de haber sembrado las respectivas coberturas, (agosto y septiembre), no tuvo variaciones significativas entre ellas, ya que todas fueron creciendo de forma uniforme, siendo T<sub>2</sub> *Brachiaria decumbes*, T<sub>1</sub> *Arachis pintoii*, T<sub>4</sub> *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoii* y T<sub>3</sub> *Desmodium ovalifolium* el orden de cada tratamiento según el porcentaje de recubrimiento; es a partir del mes de octubre los tratamientos empiezan a diferenciarse, hasta el mes de noviembre en que, el tratamiento con mayor porcentaje de cobertura es el T<sub>2</sub> *Brachiaria decumbes* (50.68%), seguido por el T<sub>1</sub> *Arachis pintoii* (46.68%), el T<sub>4</sub> *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoii* (42%) y el tratamiento con menor porcentaje es el T<sub>3</sub> *Desmodium ovalifolium*

(33.32%). En el mes de diciembre y enero ocurre que el T<sub>1</sub> obtiene mayor porcentaje de cobertura (85%), seguido por el T<sub>4</sub> (78%), el T<sub>2</sub> (68%), y con menor porcentaje el T<sub>3</sub> (62%).

Según GÉLVEZ (2007), el clima favorable para la *Brachiaria decumbes* es el cálido, crece mejor entre 0 y 1500 m. s. n. m. con precipitación anual mayor a 1000 mm, en suelos bien drenados, tolera suelos ácidos y poco fértiles, bachacos, sequias y quemas. No tolera aguachinamiento. Por ello el tratamiento T<sub>2</sub> *Brachiaria decumbes*, fue el tratamiento que mejor se instaló y creció en los primeros cinco meses, jul – nov 2008, debido a que las precipitaciones fueron en total 964.5 mm y 192.9 mm en promedio para cada uno de esos cinco meses. Es a partir del mes de diciembre del 2008 hasta enero del 2009 que su crecimiento se ve limitado por las altas precipitaciones, que fueron en total 863.1 mm y 431.6 mm en promedio, para cada uno de esos dos meses; y a la textura del suelo Franco Arcilloso.

QUIROZ (1997), determinó el porcentaje de cobertura vivas, en el control de malezas a los cuatro meses del establecimiento, siendo el *Desmodium ovalifolium* Vahl, el que presenta mayor porcentaje de coberturas vivas (47.73%), a tal punto de tener significación estadística en las coberturas de *Arachis pintoi* Kra (26.89%) y *Pueraria phaseoloides* (Roxb) Bent, (16.17%). En este trabajo de investigación se observa que para el caso del tratamiento T<sub>3</sub>-*Desmodium ovalifolium* (15.60 %) no coincide con el autor, esto se debió a que su establecimiento fue lento en comparación con los otros, por lo tanto fue el mayor limitante para esta cobertura, concordando con SKERMAN (1991);

SCHMIDT y SCHULZE-KRAFT (1997). Sin embargo coincide con QUIROZ (1997) en el orden y porcentaje de recubrimiento con el tratamiento T<sub>1</sub>- *Arachis pintoj*, (29.16 %) y T<sub>4</sub>- *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoj*, (26.68%).

Del mismo modo QUIROZ (1997), demostró que el porcentaje de cobertura a los seis meses del establecimiento es: *Desmodium ovalifolium* Vahl, (56.21%), *Arachis pintoj* Kra (32.35%) y *Pueraria phaseoloides* (Roxb) Bent, (22.74%). En este trabajo de investigación se observó para el caso del tratamiento T<sub>3</sub>-*Desmodium ovalifolium* (58%) coincidiendo con dicho autor, sin embargo no coincide en el porcentaje de recubrimiento obtenido con el tratamiento T<sub>1</sub>- *Arachis pintoj*, (73%) y T<sub>4</sub>- *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoj*, (65%), ya que estos tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub> duplican y triplican la cantidad de porcentaje de cobertura obtenido, respectivamente.

A los 7 meses de establecidas las coberturas, el T<sub>1</sub>, *Arachis pintoj*, presentó el mayor recubrimiento, con 85%. Según Kerridge (1995), citado por QUIROZ (1997), esta especie requiere de bastante humedad, es una especie que se adapta a terrenos cuya acidez no sea menor a 5.4 por esto es que a partir del mes de octubre es donde empieza a cubrirse el terreno, teniéndose en dic-08 y ene-09 mayor recubrimiento respecto a los demás tratamientos, ya que en estos meses las precipitaciones fueron mayores, factor que no es limitante para este tratamiento.

**4.2. Medición de la pérdida de suelo mediante el método de las parcelas de escorrentía, por tratamiento y por mes.**

Cuadro 15. Pérdida total mensual de suelo por parcelas de tratamiento y meses.

TRATAMIENTO	TOTAL DE SEDIMENTOS EROSIONADOS (Tn/ha/7meses)							Total
	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	
Parcela I - T2	0.06	0.00	0.02	5.27	0.04	0.18	0.67	6.24
Parcela II - T3	0.32	0.01	0.12	29.79	0.73	2.79	15.32	49.08
Parcela III - T5	0.47	0.03	0.19	36.35	1.49	3.91	25.90	68.35
Parcela IV - T4	0.28	0.01	0.11	24.50	0.58	0.44	1.27	27.19
Parcela V - T1	0.10	0.01	0.09	17.45	0.08	0.52	3.43	21.68
	1.23	0.06	0.54	113.36	2.91	7.84	46.58	$\Sigma = 172.53$ Tn/5ha/7meses
								X= 34.51 Tn/ha/7meses

T<sub>2</sub> -*Brachiaria decumbes*

T<sub>3</sub> -*Desmodium ovalifolium*

T<sub>5</sub> - Testigo

T<sub>4</sub> - *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi*

T<sub>1</sub> - *Arachis pintoi*

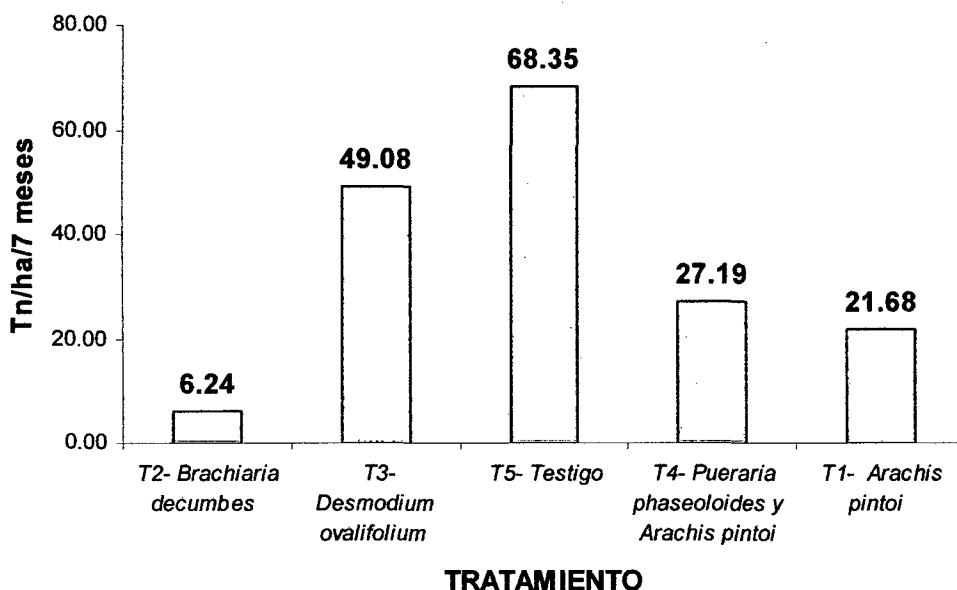


Figura 3. Pérdida de suelo por tratamiento en las parcelas de escurrimiento.

Se observa (cuadro 15 y figura 3) que la mayor pérdida de suelo, después de la parcela testigo (68.35 Tn/ha/7meses), se obtiene en la Parcela II -T<sub>3</sub> (*Desmodium ovalifolium*), con 49.08 Tn/ha/7meses, seguida por la Parcela IV - T<sub>4</sub> (*Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi*) con 27.19 Tn/ha/7meses, Parcela V - T<sub>1</sub> (*Arachis pintoi*) con 21.68 Tn/ha/7meses y la Parcela I - T<sub>2</sub> (*Brachiaria decumbes*) con 6.24 Tn/ha/7meses.

Existe diferencia significativa entre la pérdida de suelo de cada tratamiento (Cuadro15), ya que la Parcela III (T<sub>5</sub> Testigo) presenta: 10.9 veces más pérdida de suelo que la Parcela I (T<sub>2</sub> *Brachiaria decumbes*), 3.15 veces más pérdida de suelo que la Parcela V (T<sub>1</sub> *Arachis pintoi*), 2.51 veces más pérdida de suelo que la Parcela IV (T<sub>4</sub> *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi*) y 1.39 veces más pérdida de suelo que la Parcela II (T<sub>3</sub> *Desmodium ovalifolium*).



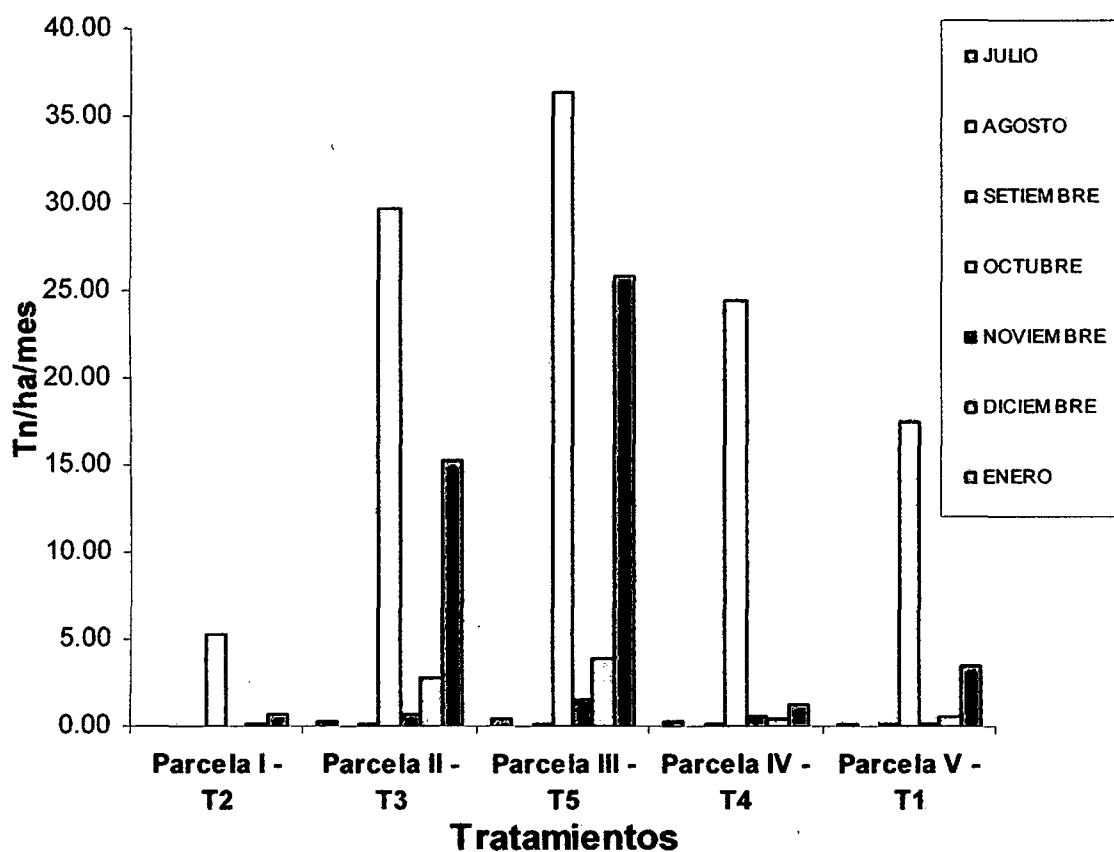


Figura 4. Variación de la pérdida de suelo por cada tratamiento, de julio 2008 a enero 2009.

La mayor pérdida de suelo se presentó en el mes de Octubre-08 con 113.36 Tn/ha, seguido por el mes de enero-09 con 46.58 Tn/ha y diciembre-08 con 7.84 Tn/ha. Estas pérdidas se deben a las fuertes precipitaciones producidas en estos meses: 339.7 mm (oct-08), 490 mm (ene-09) y 373.1 mm (dic-08). (Cuadro 15 y figura 4).

Cuadro 16. Niveles de intensidad de erosión por cada tratamiento.

PARCELA	TRATAMIENTO	PÉRDIDA DE SUELO (Tn/ha/7meses)	GRADO DE EROSIÓN
I	T <sub>2</sub> - <i>Brachiaria decumbes</i>	6.24	Bajo
II	T <sub>3</sub> - <i>Desmodium ovalifolium</i>	49.08	Alto
III	T <sub>5</sub> - Testigo	68.35	Alto
IV	T <sub>4</sub> - <i>Pueraria phaseoloides</i> y <i>Arachis pintoi</i>	27.19	Alto
V	T <sub>1</sub> - <i>Arachis pintoi</i>	21.68	Medio
Promedio		34.51	Alto

Según el Cuadro 1, niveles de intensidad de erosión o pérdida de suelo, adaptados de criterios internacionales, Wischmeier y Smith (1978). La parcela I - T<sub>2</sub> *Brachiaria decumbes* presenta un grado de erosión bajo, 6.24 Tn/ha/7meses. La parcela II - T<sub>3</sub> *Desmodium ovalifolium*, a parcela III - T<sub>5</sub> Testigo, IV - T<sub>4</sub> *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi*, presentan un grado de erosión alto, con 49.08, 68.35 y 27.19 Tn/ha/7meses respectivamente. La parcela V - T<sub>1</sub> *Arachis pintoi* presenta un grado de erosión medio con 21.68 Tn/ha/7meses. La pérdida de suelo promedio con esta metodología es de 34.51 Tn/ha/7meses presentando un grado de erosión alto.

Cuadro 17. Porcentaje de erosión del suelo por tratamientos

Tratamiento	Pérdida de suelo Tn/ha/7meses	% de erosión
T <sub>2</sub> - <i>Brachiaria decumbes</i>	6.24	3.62
T <sub>3</sub> - <i>Desmodium ovalifolium</i>	49.08	28.44
T <sub>5</sub> - Testigo	68.35	39.61
T <sub>4</sub> - <i>Pueraria phaseoloides</i> y <i>Arachis pintoi</i>	27.19	15.76
T <sub>1</sub> - <i>Arachis pintoi</i>	21.68	12.57
	172.53	100.00

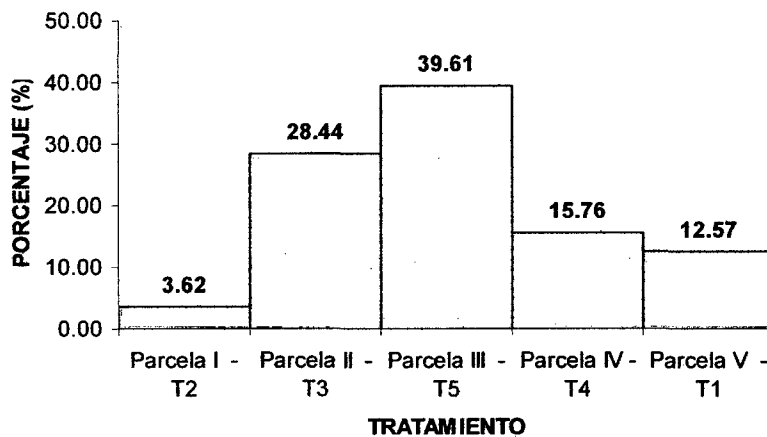


Figura 5. Porcentaje de la erosión del suelo por tratamientos en las parcelas de escorrentía.

Se muestra (Cuadro 17 y figura 5) que después de la parcela III con el T<sub>5</sub> Testigo (39.61%), la parcela II - T<sub>3</sub> es la que mayor porcentaje de erosión tuvo 28.45% con respecto a las demás, ya que el *Desmodium* tardó en sus fase de instalación y crecimiento con respecto a las demás, produciéndose de esta manera menor soporte del suelo ante las precipitaciones.

Cuadro 18. Pérdida de suelo, precipitación y porcentaje de cobertura por cada mes.

MES	PERDIDA DE SUELO	PRECIPITACIÓN	PORCENTAJE DE COBERTURA (%)				
	Tn/ha/7meses	mm/mes	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Parcela IV	Parcela V
jul-08	1.2	265.6	2.0	1.0	0	10	1.0
ago-08	0.1	54.2	3.3	1.9	0	2.5	2.8
sep-08	0.5	166.3	9.3	43	0	6.4	6.7
oct-08	113.4	339.7	37.3	15.6	0	26.7	29.1
nov-08	2.9	138.7	50.7	33.3	0	42.0	46.7
dic-08	7.8	373.1	60.0	58.0	0	65.0	73.0
ene-09	46.6	490.0	68.0	62.0	0	78.0	85.0

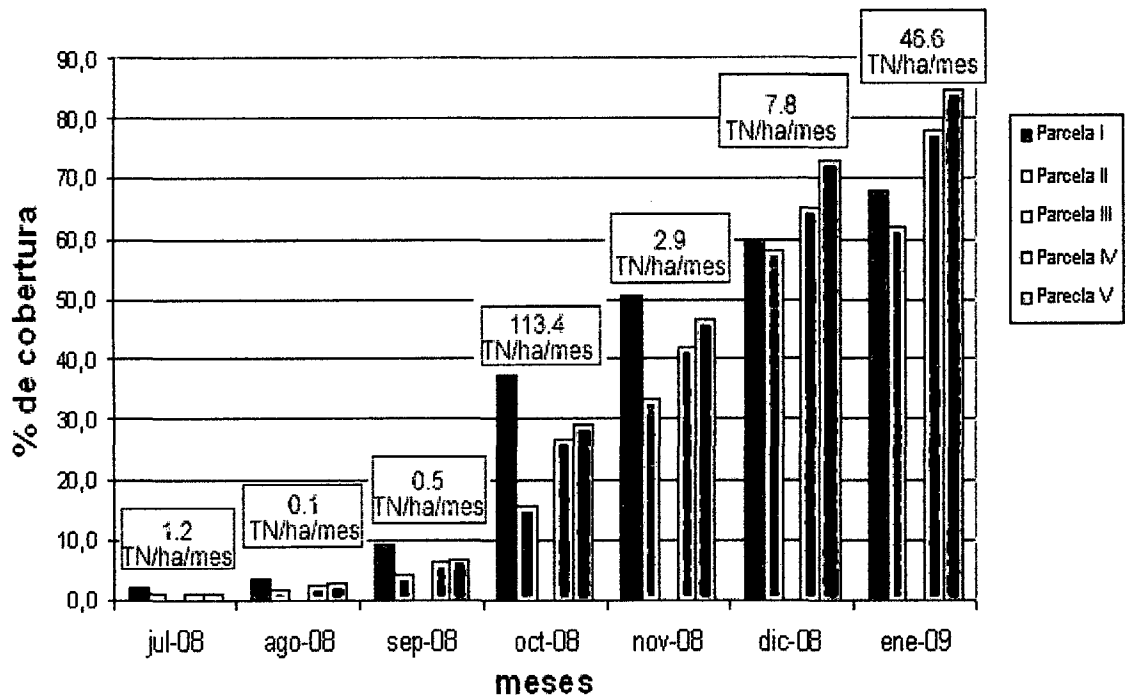


Figura 6. Variación del porcentaje de cobertura y pérdida de suelo por mes.

Se aprecia (Cuadro 18 y figura 6) que la mayor pérdida de suelo ocurre en el mes de octubre (113.4 Tn/Ha) con una precipitación de 339.7 mm, debido a que el porcentaje de cobertura fueron de 37.3, 15.6, 0, 26.7 y 29.1 % para los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>1</sub> respectivamente. En el mes de Enero del 2009, se presentó la precipitación más alta, de los 7 meses en estudio, con 490 mm., pero se obtiene una pérdida de suelo de 46.6 Tn/ha (2.5 veces menor que la de octubre), debido a que el porcentaje de cobertura fueron 68, 62, 0, 78 y 85% para los tratamientos T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>1</sub> respectivamente (2.9 veces mayor que el % de cobertura en el mes de octubre).

Con este método se demostró la pérdida total del suelo, siendo 172.53 Tn/5ha/7meses la sumatoria de la pérdida de suelo de los tratamientos y 34.51 Tn/ha/7meses el promedio de las mismas. Del mismo modo se

estableció que la pérdida de los suelos tiene una relación directamente proporcional a la erosividad de la lluvia e inversamente proporcional con el porcentaje de cobertura de los suelos. A mayor erosividad de lluvia y menor porcentaje de cobertura de suelos existe una mayor pérdida de suelos. A mayor erosividad de lluvia y mayor porcentaje de cobertura existe una menor pérdida de suelos, coincidiendo con HUDSON (2004). Uno de los mejores usos de las parcelas de escorrentía es la demostración, cuando la finalidad es demostrar hechos conocidos. Otra utilización válida está en los estudios comparativos, por ejemplo para probar, demostrar o tener una indicación aproximada del efecto en la escorrentía o en la erosión de una simple comparación como la existencia o no de una cubierta del suelo o la cuantía de la escorrentía en la cima y en la base de una ladera.

OROZ (2006), determinó que la pérdida de suelo medida en campo en las parcelas de escorrentía era 25.79 Tn/5Ha/4 meses con una precipitación total de 1308.7 mm (desde octubre 2005 hasta enero 2006). En este trabajo de investigación se determinó una pérdida de suelo de 172.53 Tn/5ha/7 meses con una precipitación total de 1827.6 mm (desde julio 2008 hasta enero 2009). Esta diferencia se puede deber a varios factores, uno de ellos es que el autor sólo tomó en cuenta 26 lluvias representativas en 4 meses, de las cuales evaluó la pérdida de suelo en las parcelas de escorrentía; en cambio en este trabajo se tomaron en cuenta todas las lluvias que se produjeron en los 7 meses de investigación, de este modo se fue acumulando la pérdida de suelo y por ende es mayor. Otro factor también podría ser los tratamientos aplicados por OROZ

(2006), ya que en nuestro caso solo se aplicaron coberturas vegetales, una especie para cada parcela, mientras que OROZ aplicó coberturas asociadas a cultivos. Un ultimo factor podría ser que el autor haya cometido error en el momento de convertir sus unidades en la pérdida de suelo, de  $\text{Kg}/100\text{m}^2$  a  $\text{Tn}/\text{ha}$  o en la sumatoria de las pérdidas de suelo por tratamiento, de  $\text{tratamiento}/\text{ha}$  a pérdida de suelo de los tratamientos/ $\text{has}$ .

#### 4.3. Medición de la Pérdida de suelo mediante el método de los Clavos de erosión

Cuadro 19. Pérdida de suelo por clavos de erosión

TRATAMIENTO	Promedios de mediciones			Promedio (mm)	Y (mm)	Da (Tn/m <sup>3</sup> )	X (Tn/ha)	
	Nov	Dic	Ene					
Parcela I - T2	141.9	137.6	144.8	141.4	8.6	1.30	11.1	
Parcela II - T3	133.3	136.2	138.4	136.0	14.0	1.31	18.4	
Parcela III - T5	134.7	133.4	133.0	133.7	16.3	1.34	21.8	
Parcela IV - T4	140.2	138.9	140.6	139.9	10.1	1.31	13.2	
Parcela V - T1	138.8	142.1	137.9	139.6	10.4	1.28	13.3	
						Sumatoria	77.9	Tn/5ha/3meses
						Promedio	15.6	Tn/ha/3meses



Para hallar la pérdida de suelo por el método de los clavos de erosión (Cuadro 19), se utilizaron los promedios de las mediciones de los meses de nov 08, dic 08 y ene 09, obtenidos de las mediciones de las 13 varillas de fierro instaladas en cada parcela, cuyos datos se muestran en los anexos D.1, D.2 y D.3. Del mismo modo se utilizaron los valores de la densidad aparente de cada una de las parcelas.

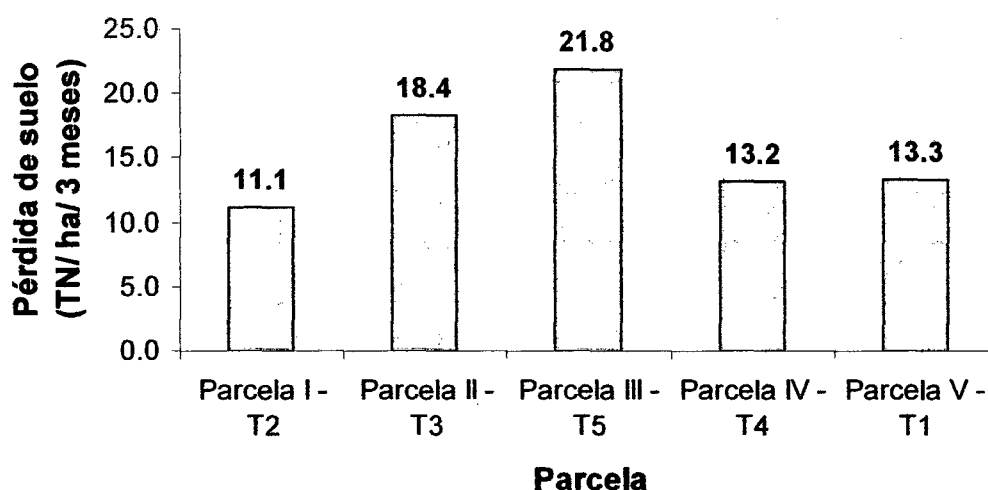


Figura 7. Pérdida de suelo mediante clavos de erosión

Apreciamos (Cuadro 19 y figura 7) que la mayor pérdida de suelos por éste método ocurre en la Parcela III - T<sub>5</sub> Testigo, obteniéndose en ésta 21.8 Tn/Ha, seguida por la parcela II - T<sub>3</sub> *Desmodium ovalifolium* con 18.4 Tn/Ha, la parcela V - T<sub>1</sub> *Arachis pintoii* con 13.3 Tn/Ha, la parcela IV - T<sub>4</sub> *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoii* con 13.2 Tn/Ha y la parcela I - T<sub>2</sub> *Brachiaria decumbes* con 11.1 Tn/Ha.

La pérdida total del suelo obtenida por esta metodología es de 77.8 Tn/5ha/3meses y en promedio 15.6 Tn/ha/3meses, la cual difiere de la obtenida con la metodología de las cubas de sedimentación que fue de 172.53 Tn/5ha y en promedio 34.51Tn/ha/7meses; esto se debe a que para el método de los clavos de erosión se instalaron los clavos, en las parcelas de escurrimiento, en el mes de noviembre, teniéndose las primeras mediciones a finales de ese mes, por lo tanto solo se evaluaron 3 meses; en el caso de la metodología de las cubas de sedimentación se evaluó la pérdida de suelo desde el mes de julio, teniéndose las evaluaciones en total de 7 meses. A eso se debe la diferencia de las pérdidas, sobre todo al mes de octubre, en el que se produjeron fuertes precipitaciones y un alto grado de pérdida de suelo en las cubas de sedimentación.

#### 4.4. Pérdida de suelo según la USLE

##### 4.4.1 Valores del factor erosividad de la lluvia (R)

Cuadro 20. Valores de R

		p	R
i	Mes	(cm/mes)	( $pi^2/P$ )
1	Feb-08	60.84	2.20
2	Mar-08	40.05	5.79
3	Abr-08	23.26	7.57
4	May-08	13.04	7.54
5	Jun-08	11.78	10.65
6	Jul-08	26.56	34.58
7	Ago-08	5.42	9.61
8	Sep-08	16.63	38.50
9	Oct-08	33.97	99.54
10	Nov-08	13.87	50.18
11	Dic-08	37.31	163.32
12	Ene-09	49.00	255.26
P = 27.64			684.75

Se hallaron los valores de la erosividad de las lluvias para el periodo de febrero del 2008 hasta enero del 2009, con los datos y cálculos que se muestran en el anexo E.1.

Se obtuvo un R total de 684.75, el cual será utilizado para la aplicación de la USLE. (Cuadro 20).

#### 4.4.2 Valores del factor longitud y gradiente de la pendiente (LS)

Cuadro 21. Valores de longitud y gradiente de la pendiente.

Tratamiento	$\Lambda$	m	s	LS
T <sub>2</sub>	25	0.6	0.33	0.09
T <sub>3</sub>	25	0.6	0.33	0.09
T <sub>5</sub>	25	0.6	0.33	0.09
T <sub>4</sub>	25	0.6	0.33	0.09
T <sub>1</sub>	25	0.6	0.33	0.09

Para hallar el gradiente de longitud y pendiente (LS), se utilizaron: la longitud de la pendiente (25 m.), el porcentaje de la pendiente (0.33), obtenidos de las características morfológicas de las parcelas de escorrentía, y el exponente "m" obtenido del Cuadro 2.

#### 4.4.3 Valores del factor erodabilidad del suelo (K)

Cuadro 22. Valores de erodabilidad del suelo para cada parcela.

Tratamiento	% Li + Ao	% Ao	% MO	Estructura	Permeabilidad	K
T <sub>2</sub>	64.32	37.61	3.3	granular media a gruesa(3)	moderada (3)	0.41
T <sub>3</sub>	64.32	37.61	3.4	granular media a gruesa(3)	moderada (3)	0.41
T <sub>5</sub>	65.32	27.61	3.4	granular media a gruesa(3)	moderada (3)	0.38
T <sub>4</sub>	67.32	23.61	3.2	granular media a gruesa(3)	moderada (3)	0.42
T <sub>1</sub>	57.32	26.61	3.5	granular media a gruesa(3)	moderada (3)	0.31

Para hallar los valores de Erodabilidad del suelo (K), se utilizaron los valores de textura, permeabilidad y porcentaje de materia orgánica, los cálculos se muestran en los anexos B.1, B.2 y B.3 respectivamente. Los cuales finalmente se utilizaron en los nomogramas para hallar los valores de la Erodabilidad de cada parcela, que se muestran en los anexos E.2, E.3, E.4, E.5 y E.6.

#### 4.4.4 Valores del factor de cobertura vegetal (C)

Cuadro 23. Valores de "C" por parcela y mes

FECHA	Valores del factor C					Mes
	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	
Feb-08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mar-08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Abr-08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
May-08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Jun-08	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Jul-08	0.98	0.99	1.00	0.99	0.99	0.99
Ago-08	0.97	0.98	1.00	0.98	0.97	0.98
Sep-08	0.91	0.96	1.00	0.94	0.93	0.95
Oct-08	0.63	0.85	1.00	0.73	0.71	0.78
Nov-08	0.50	0.67	1.00	0.58	0.53	0.66
Dic-08	0.40	0.42	1.00	0.35	0.27	0.49
Ene-09	0.32	0.38	1.00	0.22	0.15	0.41
Tratamiento	0.82	0.86	1.00	0.83	0.81	

Para hallar los valores obtenidos, en este cuadro, se utilizaron los valores del "C" el uso de tierra que se muestran en el Cuadro 3.

#### 4.4.5 Valores del factor prácticas de conservación de suelos(P)

Cuadro 24. Valores de "P"

Tratamiento	P
T <sub>2</sub>	0.9
T <sub>3</sub>	0.9
T <sub>5</sub>	1.00
T <sub>4</sub>	0.9
T <sub>1</sub>	0.9

Para hallar los valores del factor de prácticas de conservación de suelos (P), se utilizaron los valores de P para cultivos en contorno en función de gradiente de pendiente y prácticas de conservación del suelo, que se muestran el Cuadro 4 y 5.

#### 4.4.6 Pérdida total de suelo (A) por tratamiento

Cuadro 25. Valores de "A" por tratamiento

Tratamiento	FACTORES DE LA USLE					Pérdida de suelo
	R	K	LS	C	P	
Parcela I - T <sub>2</sub>	684.75	0.41	0.09	0.82	0.90	17.82
Parcela II - T <sub>3</sub>	684.75	0.41	0.09	0.86	0.90	19.03
Parcela III - T <sub>5</sub>	684.75	0.38	0.09	1.00	1.00	22.61
Parcela IV - T <sub>4</sub>	684.75	0.42	0.09	0.83	0.90	18.66
Parcela V - T <sub>1</sub>	684.75	0.31	0.09	0.81	0.90	13.49
Sumatoria (Tn/5ha/año)						91.61
Promedio (Tn/ha/año)						18.32

Para hallar los valores de la Pérdida de Suelo (A) por tratamientos (Cuadro 25), se utilizaron los valores de R, K, LS, C y P para cada parcela y tratamiento, que se muestran en los cuadros 20, 22, 21, 23 y 24 respectivamente.



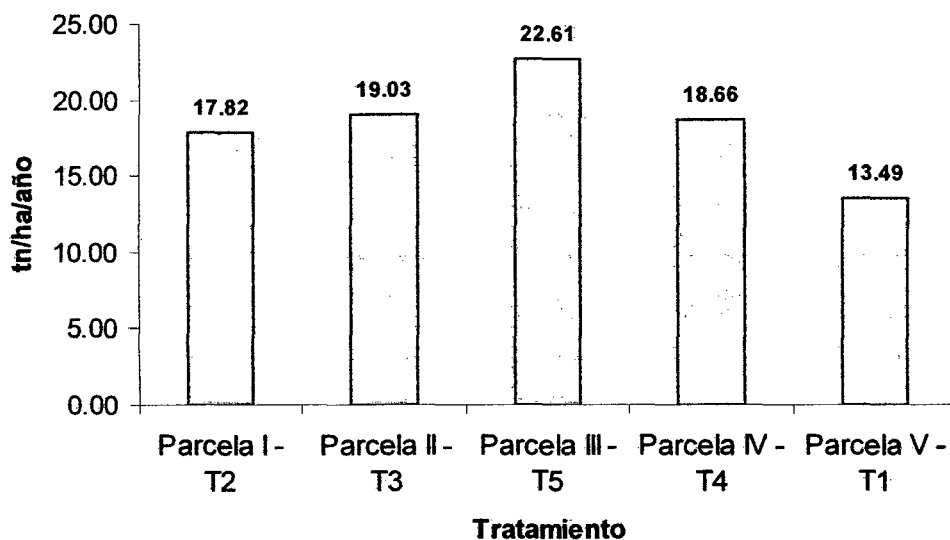


Figura 8. Pérdida de suelo por tratamiento según la USLE

Apreciamos (Cuadro 25 y figura 8) que la mayor pérdida de suelo por el método USLE ocurre en la Parcela III - T<sub>5</sub> Testigo, con 22.61 Tn/Ha, seguido por la parcela II - T<sub>3</sub> *Desmodium ovalifolium* con 19.03 Tn/Ha, la parcela IV - T<sub>4</sub> *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoii* con 18.66 Tn/Ha, la parcela I - T<sub>2</sub> *Brachiaria decumbes* con 17.82 Tn/Ha y la parcela V - T<sub>1</sub> *Arachis pintoii* con 13.49 Tn/Ha.

La pérdida total del suelo obtenida por este método es de 91.61 Tn/5ha/año y en promedio 18.32 Tn/ha/año, la cual difiere de la obtenida con la metodología de los Clavos de erosión, 77.8 Tn/5ha/3meses o 15.6 Tn/ha/3meses, y de la obtenida por las cubas de sedimentación, 172.53 Tn/5ha/7meses o 34.51Tn/ha/7meses. Esto se debe a que el método de USLE es un método teórico y fue adaptado a criterios internacionales, por ello se tienen los diversos valores de los factores, como C y P, adaptados a otra realidad; coincidiendo con WISCHMEIER Y SMITH (1978) que los métodos

para estimar los seis factores del USLE no se encuentran disponibles en muchos lugares fuera de los Estados Unidos de Norteamérica. Está basado sobre el supuesto de pendiente de terreno, suelos, cultivo y manejo uniformes. Es un procedimiento estadístico que no contempla los procesos físicos de separación, transporte y sedimentación en forma mecánica.

#### 4.4.7 Pérdida total de suelo (A) por mes

Cuadro 26. Valores de "A" por mes

MES	FACTORES DE LA USLE					Pérdida de suelo
	R	K	LS	C	P	Tn/ha/año
feb-08	2.20	0.39	0.09	1.00	0.92	0.10
mar-08	5.79	0.39	0.09	1.00	0.92	0.26
abr-08	7.57	0.39	0.09	1.00	0.92	0.34
may-08	7.54	0.39	0.09	1.00	0.92	0.34
jun-08	10.65	0.39	0.09	1.00	0.92	0.48
jul-08	34.58	0.39	0.09	0.99	0.92	1.53
ago-08	9.61	0.39	0.09	0.98	0.92	0.42
sep-08	38.50	0.39	0.09	0.95	0.92	1.63
oct-08	99.54	0.39	0.09	0.78	0.92	3.48
nov-08	50.18	0.39	0.09	0.66	0.92	1.47
dic-08	163.32	0.39	0.09	0.49	0.92	3.55
ene-09	255.26	0.39	0.09	0.41	0.92	4.72
						18.32

Para hallar los valores de la pérdida de suelo (A) por meses, (Cuadro 26), se utilizaron los valores de R, K, LS, C y P para cada mes, que se muestran en los cuadros 20, 22, 21, 23 y 24 respectivamente.

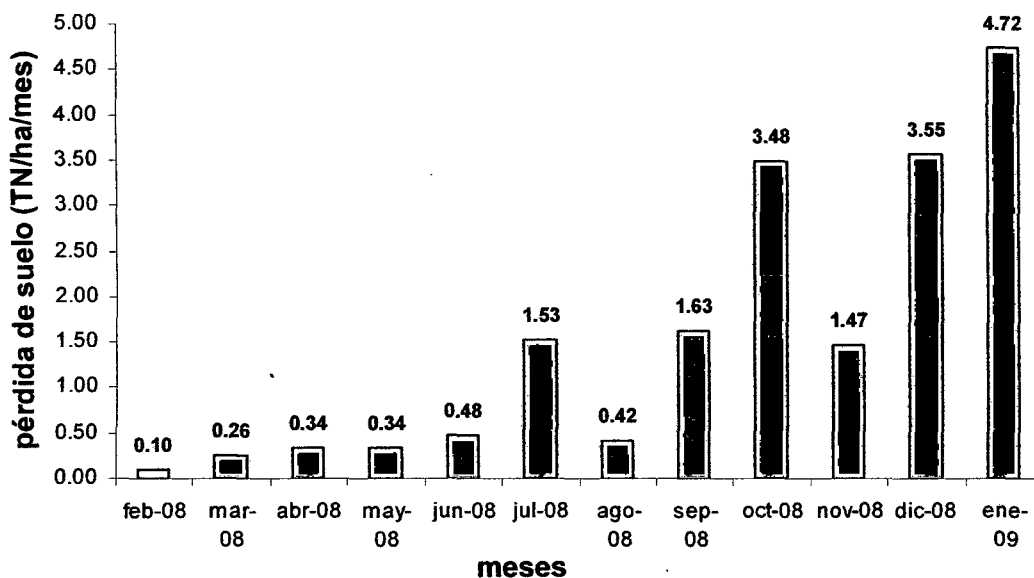


Figura 9. Pérdida de suelo por mes según la USLE

La pérdida de suelo, hallada con el método de la USLE (Cuadro 26), presenta diferencias significativas entre los meses de estudio, teniéndose un orden de los meses, de mayor a menor pérdida de suelo, siendo el mes de ene-09 en el que se muestra la mayor pérdida de suelo con 4.72 Tn/ha, seguido por el mes de dic-08 con 3.55 Tn/ha, oct-08 con 3.48 Tn/ha, sep-08 con 1.63 Tn/ha, jul-08 con 1.53 Tn/ha, nov-08 con 1.47Tn/ha, jun-08 con 0.48 Tn/ha, ago-08 con 0.42 Tn/ha, abr-08 con 0.34 Tn/ha, may-08 0.34 Tn/ha, mar-08 con 0.26 Tn/ha y feb-08 con 0.10 Tn/ha, el mes con menor pérdida de suelo, según el método de la USLE.

En la pérdida de suelo por el método de las cubas de sedimentación o parcelas de escorrentía, se observa que la mayor pérdida de suelo se presentó en el mes de oct-08 con 113.36 Tn/ha, seguido por el mes de ene-09 con 46.58 Tn/ha, y dic-08 con 7.84 Tn/ha (Cuadro 15). Mientras que con el método de la USLE, se observa que la mayor pérdida de suelo ocurre en el mes de ene-09 con 4.72 Tn/ha, seguido por el mes de dic-08 con 3.55 Tn/ha y oct-08 con 3.48 Tn/ha (Figura 9). Esta diferencia se debe a que en la USLE adoptamos a la erosividad de la lluvia (R) como el principal factor determinante de la pérdida de suelo (WISCHMEIER Y SMITH 1978).

#### 4.5. Relación del grado de Erosividad con la Pérdida de suelo

Cuadro 27. Erosividad y pérdida de suelo por mes, periodo febrero 2008 - Enero 2009.

Mes	Erosividad	Pérdida de suelo
	Feb 08 / Ene09	Tn/ha/mes
Feb	2.20	0.1
Mar	5.79	0.26
Abr	7.57	0.34
May	7.54	0.34
Jun	10.65	0.48
Jul	34.58	1.53
Ago	9.61	0.42

Sep	38.50	1.63
Oct	99.54	3.48
Nov	50.18	1.47
Dic	163.32	3.55
Ene	255.26	4.72

Se hallaron los valores de la erosividad de las lluvias y la pérdida de suelo (USLE), para el periodo de febrero del 2008 hasta enero del 2009 con los datos y cálculos que se muestran en el anexo E.1

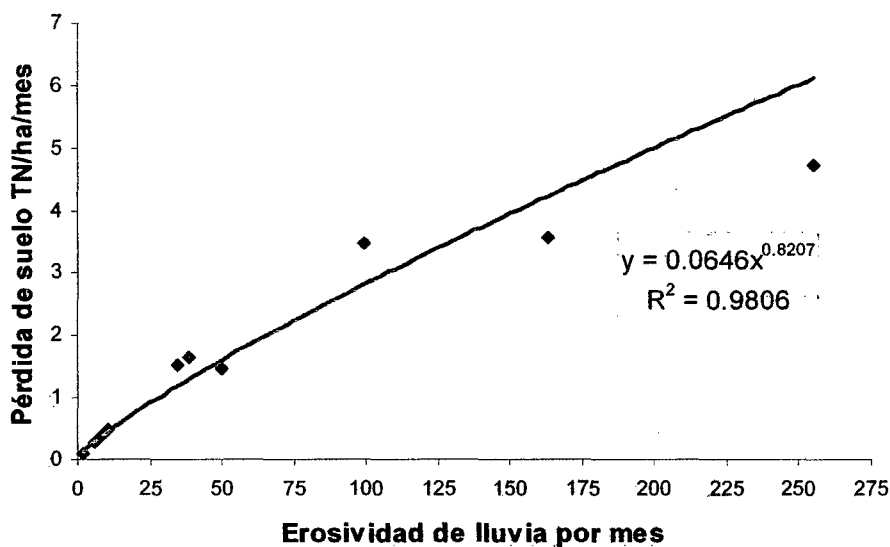


Figura 10. Ecuación y factor de confiabilidad de la pérdida de suelo de febrero 2008 a enero 2009.

Se muestra un Coeficiente de erosividad (R) para cada mes (Cuadro 27), los cuales fueron utilizados para aplicar la ecuación de la pérdida de suelo para el periodo de febrero 2008 hasta enero 2009.

Se obtiene que para un factor de confiabilidad de 0.9809, la ecuación de ajuste para la pérdida de suelo es  $Y = 0.0646 X^{0.8207}$  (Figura 10). Estableciéndose de esta manera una ecuación con la cual se pueda determinar la pérdida de suelo mensual con solo conocer la erosividad de la lluvia mensual. Donde Y= Pérdida de suelo y X= Erosividad de un mes

Cuadro 28. Cuadro de la pérdida de suelos en función a la erosividad promedio para cada mes.

MES	Erosividad Promedio desde 1940 - 2009	Pérdida promedio de suelo (Tn/Ha/mes)
Febrero	1.45	0.09
Marzo	5.51	0.26
Abril	9.45	0.41
Mayo	12.58	0.52
Junio	13.19	0.54
Julio	18.64	0.71
Agosto	21.06	0.79
Septiembre	40.17	1.34
Octubre	82.52	2.42
Noviembre	125.93	3.42
Diciembre	172.68	4.43
Enero	220.46	5.41
Pérdida de suelo anual (Tn/ha/año)		20.33

Se muestran los valores de la erosividad de la lluvia (Cuadro 28), estimado para cada mes, en de un periodo de tiempo desde el año 1940 hasta 2009, cuyos datos y cálculos se encuentran en el Anexo F.1 y F.2. Con la ecuación para la pérdida de suelo ( $Y= 0.0646 X^{0.8207}$ ), de la Figura 10, se calculó la pérdida de suelo para cada mes, (Tn/ha/mes). Obteniéndose de esta forma, un estándar de pérdida de suelo para la zona en estudio, que es de 20.33 Tn/ha/año.

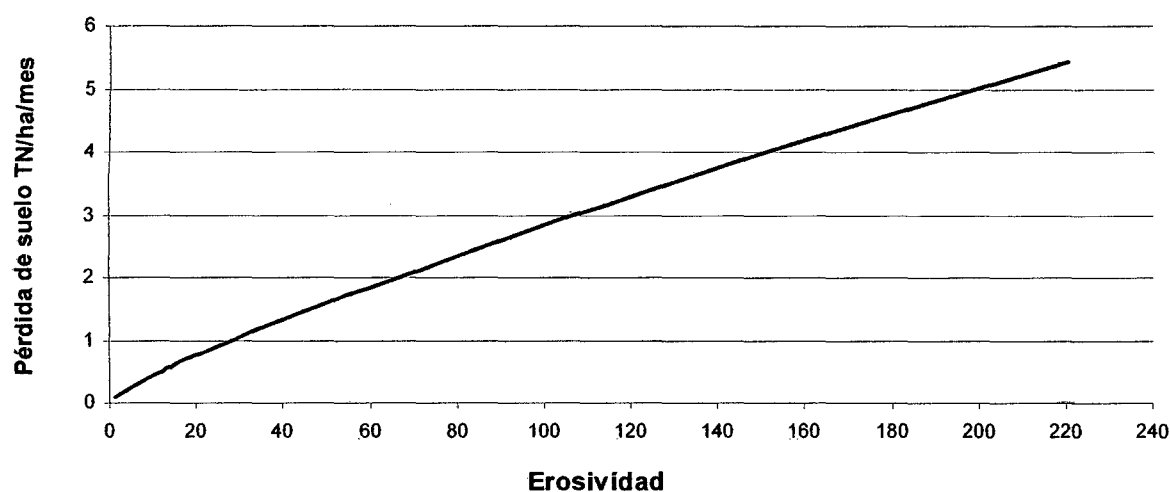


Figura 11. Nomograma de la pérdida de suelo en función a la erosividad promedio para cada mes.

Con la ecuación de la pérdida de suelo (Figura 10) y la erosividad promedio para cada mes (tomados en el periodo de tiempo 1940 hasta el 2009) se obtuvo la Figura 11, que es un nomograma para la obtención inmediata de la pérdida de suelo, en el cual se tiene como factor principal a la erosividad de la lluvia, coincidiendo con HUDSON (2004).

El uso de esta metodología podría establecerse en la obtención de datos a emplear en la construcción y validación de un modelo o ecuación destinada a predecir la pérdida de suelo.

Al realizar el estudio de la pérdida de suelo en cada una de las parcelas de escorrentía (Cuadro 16), se determinaron los niveles de amenaza de erosión de cada una de ellas, en la cual la cobertura con la que se obtiene menor grado de erosión es la *Brachiaria decumbes*, con un peligro o amenaza de erosión bajo (6.24 Tn/ha/7meses). Luego tenemos al *Arachis pintoii* que presenta un grado de erosión medio (21.68 Tn/ha/7meses). Por lo tanto se debe trabajar con estas dos coberturas para el control de la erosión.



## V. CONCLUSIONES

1. A los 7 meses de establecidas las coberturas: *Arachis pintoi* (T<sub>1</sub>) logró cubrir el 85%, *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi* (T<sub>4</sub>) el 78%, *Brachiaria decumbes* (T<sub>2</sub>) el 68% y el *Desmodium ovalifolium* (T<sub>3</sub>), el 62%.
2. Mediante el método de las parcelas de esorrentía, empleado para estimar la pérdida de suelo, se determinó que fue de 34.51 Tn/ha en los 7 meses de trabajo. Determinándose que el nivel de amenaza o peligro de erosión es alto. El porcentaje de erosión de suelo fue mayor, después del testigo, para el T<sub>3</sub> con 28.45%. La pérdida del suelo tiene una relación directamente proporcional a la erosividad de la lluvia e inversamente proporcional con el porcentaje de cobertura de los suelos.
3. Mediante el método de clavos de erosión, se determinó que la pérdida de suelo fue de 15.6 Tn/ha en 3 meses de mediciones, presentando un nivel de amenaza o peligro de erosión medio.

4. Mediante el método de la USLE empleado en la predicción de pérdida de suelo, se determinó que fue 18.32 Tn/ha/año, presentando un nivel de amenaza o peligro de erosión medio.
  
5. Se determinó la ecuación que relaciona el grado de Erosividad y la Pérdida del suelo, para la zona de estudio, siendo  $Y = 0.0646 X^{0.8207}$ , obteniéndose con éste método una pérdida de suelo de 20.33 Tn/Ha/año, presentándose un nivel de amenaza o peligro de erosión medio.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Cuando se desee estimar la pérdida de suelo en el campo, ya sea con el método de las parcelas de escorrentía (cubas de sedimentación) o el método de clavos de erosión, se debe evaluar por un periodo mínimo de 1 año para tener datos más precisos.
2. Instalar las coberturas en un tiempo favorable para el establecimiento y crecimiento de las mismas. Recalzar si es necesario. Para el caso del *Desmodium ovalifolium* no es recomendable sembrar en el mes de julio ni agosto, ya que el mes de agosto es el mes con menor precipitación con respecto a los demás, y el establecimiento de esta especie es lento.
3. Para hallar el factor erosividad de las lluvias, se debe trabajar con datos de precipitaciones históricas no menores a 50 años, de esta manera tendremos mayor precisión en la determinación de una ecuación para la pérdida de suelos.
4. Continuar con este tipo de trabajo de investigación en diferente espacio y tiempo o en toda una cuenca para establecer mejor la ecuación de la pérdida de suelos para esta zona u otra que se desee estudiar.

## VII. ABSTRACT

The experiment was realised in five parcels of runoff, located in the BRUNAS. With the aim of determining the influence of the coverage in the variation of the hydric erosion in demonstrative parcels of the Reserved Forest of the Universidad Nacional Agraria de la Selva, they evaluated the percentage of the vegetal cover with the method of  $m^2$  according to TOLEDO (1982), the loss of soil by hydric erosion was measured in situ by means of: the runoff parcels, method of DA VEIGA and DO PRADO (1993), and by the nails of erosion, method of EIAS (2003); and calculated by the Universal Equation of Loss of Soil (USLE), methodology of Wischmeier and Smith (1978) and the Equation of erosivity, determined by the relation between the erosividad and the lost one of soil. The duration of the evaluations in field went of June 2008 - January of the 2009. The results indicate that to the 7 months of established the coverages: the T1 managed to coverage 85% with the parcel, T4 78%, T2 68% and T3 62%. By means of the method of the runoff parcels one determined that the loss of ground was 34,51 TN/ha/7 months presenting a high degree of erosion. With the method of erosion nails it was 15,6 TN/ha/3 months, with the method of the Universal Equation of the Loss of Soil (USLE) he was 18.32 TN/ha/year and with the Equation of the erosivity he was 20.33 TN/Ha/year; presenting these an half degree of erosion.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DERPSCH, R. 2004. Entender el proceso de la erosión y de la infiltración de agua en el suelo. [En línea]: (<http://www.rolf-derpsch.com/erosion-es.html>, documentos, 14 Abr. 2008).

DERPSCH, R., ROTH, C., SIDIRAS, N. & KÖPKE, U. 1991. Controle da erosão no Paraná, Brasil. Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Sonderpublikation der GTZ, No. 245 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Rossdorf, 272 p.

DEVIDA. 2002. Degradación de suelos por erosión hídrica en la amazonía peruana. Lima, Perú. [En línea]: VRAE, (<http://www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/Estudio%20Integral%20del%20Proceso%20de%20Degradaci%C3%B3n%20del%20suelo%20%20VRAE.pdf>, documentos, 27 Abr. 2008)

FAO. 1992. Proyecto FAO-GCP/RLA/107/JPN. Taller sobre la utilización de un sistema de información geográfica (SIG) en la evaluación de la erosión actual de suelos y la predicción del riesgo de erosión potencial.

Proyecto GCP/RLA/107/JPN Apoyo para una agricultura sostenible mediante conservación y rehabilitación de tierras en América Latina. Santiago, Chile. 158p.

GÉLVEZ L. D. 2007. Animales y producción. *Brachiaria decumbes*. Universidad Nacional Experimental del Táchira. [En línea]: Mundo pecuario ( [http://www.mundopecuario.com/tema\\_191/gramineas/pasto\\_barrera\\_-1048.html](http://www.mundopecuario.com/tema_191/gramineas/pasto_barrera_-1048.html)), documentos, 15 Ago. 2008 ).

GUZMAN A. C 2005. *Brachiaria*: Biología, Agronomía y Mejoramiento. La publicación conjunta por el CIAT, Cali, Colombia y Embrapa / CNPGC, Campo Grande, Brasil. [En línea]: Tropical forages ([http://translate.google.com.pe/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Brachiaria\\_decumbes.htm](http://translate.google.com.pe/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Brachiaria_decumbes.htm)), documentos, 08 Oct. 2008)

HOLDRIGE, L. R. 1993. Guía explicativa del mapa ecológico del Perú. Cap. 1, Clasificación de las zonas de vida del mundo. Lima, Perú. 14p.

HUDSON, N. W. 2004. Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía, Boletín de Suelos de la FAO. N° 68, [En línea]: FAO (<http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s00.htm#Contents>, 11 May. 2008).

- LAL, R. 1982. Management of clay soils for erosion control. *Tropical Agric.*, 59 (2), 133 – 138.
- MORGAN, R. P. C. 1997. *Erosión y Conservación del Suelo. Distribución de la Erosión del Suelo.* P. Urbano Terrón y J. de M. Urbano López de Meneses. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. Editorial Aedos. 339p.
- OROZ B. A. 2006. *Influencia de las coberturas en la erosión hídrica en un suelo ácido del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables.* Tingo María, Perú. 80p.
- QUIROZ, A. B. G 2000. *Costo de establecimiento de coberturas vivas en el control de malezas con leguminosas en plantación de Shihuahuaco *Dipterys alata* Linn, Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables.* Tingo María, Perú. 88p.
- SCHMIDT, A. y SCHULZE-KRAFT, R.1997. *Desmodium ovalifolium – la conocemos? Memorias del primer taller de trabajo del proyecto “Interacción Genotipo con el medio ambiente en una colección seleccionada de la leguminosa forrajera tropical *Desmodium ovalifolium*”. Documento de trabajo N° 171. Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania y Centro Internacional de Agricultura*

Tropical (CIAT), Cali, Colombia Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 87p. [En línea]: CIAT (<http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/Desmodium%20Project%20Workshop%20CIAT%201996.pdf>, 22 Ene. 2009)

SKERMAN P.J.,CAMERON D.G., RIVEROS F. 1991. Leguminosas Forrajeras Tropicales. La función de las leguminosas en la agricultura. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal N° 2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, Italia. 707p.

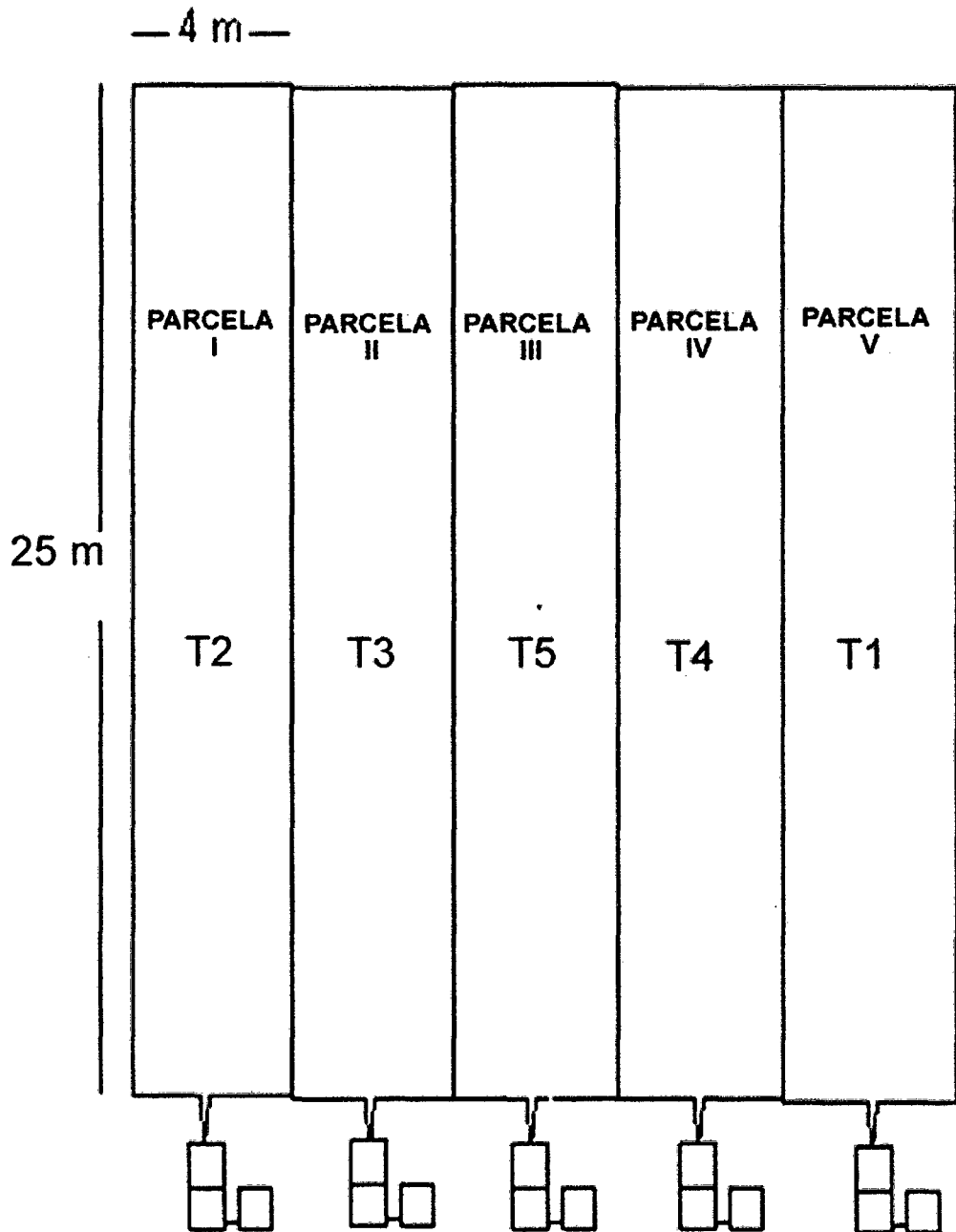
SKERMAN, P. J., CAMERON, D. G., RIVEROS F. 1991. Leguminosas Forrajeras Tropicales. Leguminosas pratenses tropicales. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal N° 2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, Italia. 707p.

SOCIEDAD EIAS Ltda. 2003. Roberto Pizarro T., Hernán Cuitiño M., J. Pablo Flores V., Claudia Sangüesa P., Enzo Martínez A. Metodología de los clavos de erosión para la evaluación cuantitativa de la erosión hídrica superficial. Proyecto FDI - CORFO 00C7FT - 08: Determinación de Estándares de Ingeniería para Obras de Conservación y Aprovechamiento de Aguas y Suelos, para la Mantención e Incremento de la Productividad Silvícola. 3p. [En línea]: UACH, ([http://www.uach.cl/externos/epicforce/pdf/guias%20y%20manuales/eias/manuales/j\\_metodologia\\_clavos\\_erosion.pdf](http://www.uach.cl/externos/epicforce/pdf/guias%20y%20manuales/eias/manuales/j_metodologia_clavos_erosion.pdf), 07 Oct. 2008)

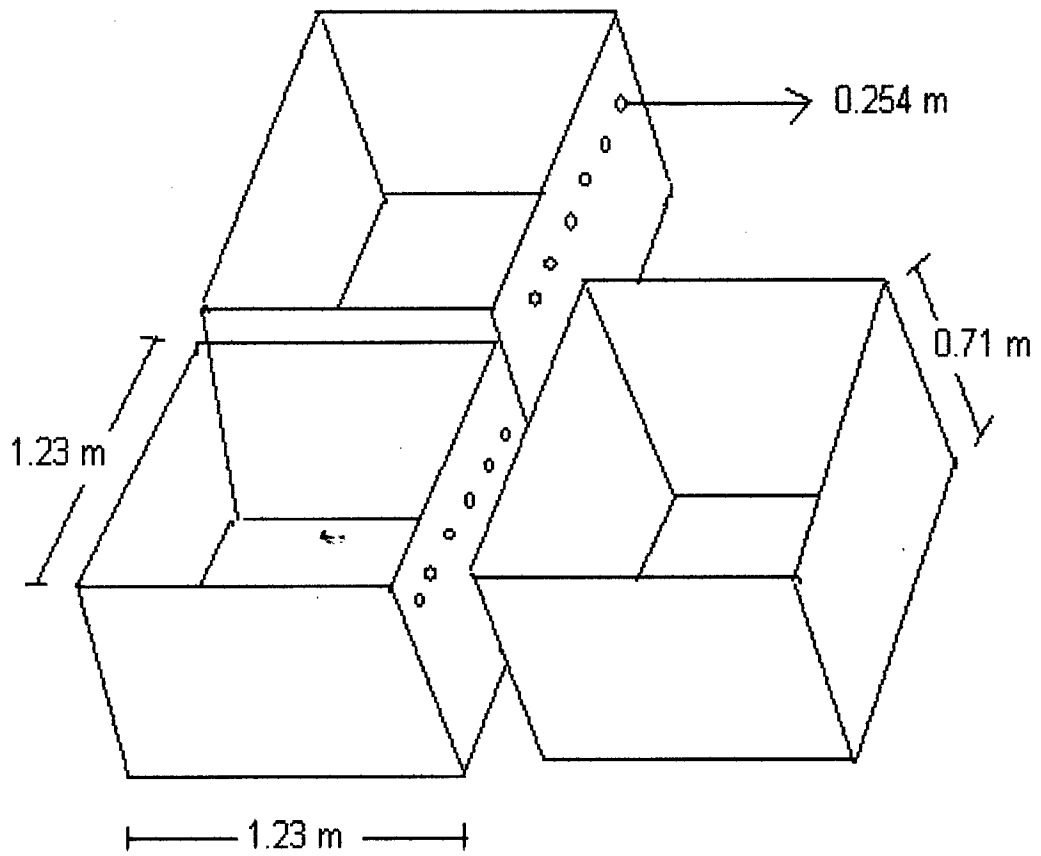


- WISCHMEIER, W y SMITH, A. 1978. Predicting Rainfall erosion Losses. Aguide to Concervation Planning. Agricultural Handbook No. 537. United States Department of Agriculture, Washington DC., USA. 258 p.
- YOULTON, M. C. 2005. Cuantificación de la erosión en camellones a favor de pendiente para el cultivo frutal de laderas en el Valle de Quillota, V Región, Chile. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Fundación Isabel Caces de Brown. Laboratorio de Medio Ambiente. Quillota, Chile. 66 p. [En línea]: Altavoz, ([http://ucv.altavoz.net/prontus\\_unidacad/site/artic/20061206/asocfile/20061206101136/youlton\\_cristian.pdf](http://ucv.altavoz.net/prontus_unidacad/site/artic/20061206/asocfile/20061206101136/youlton_cristian.pdf), documentos, 05 Ene. 2009).

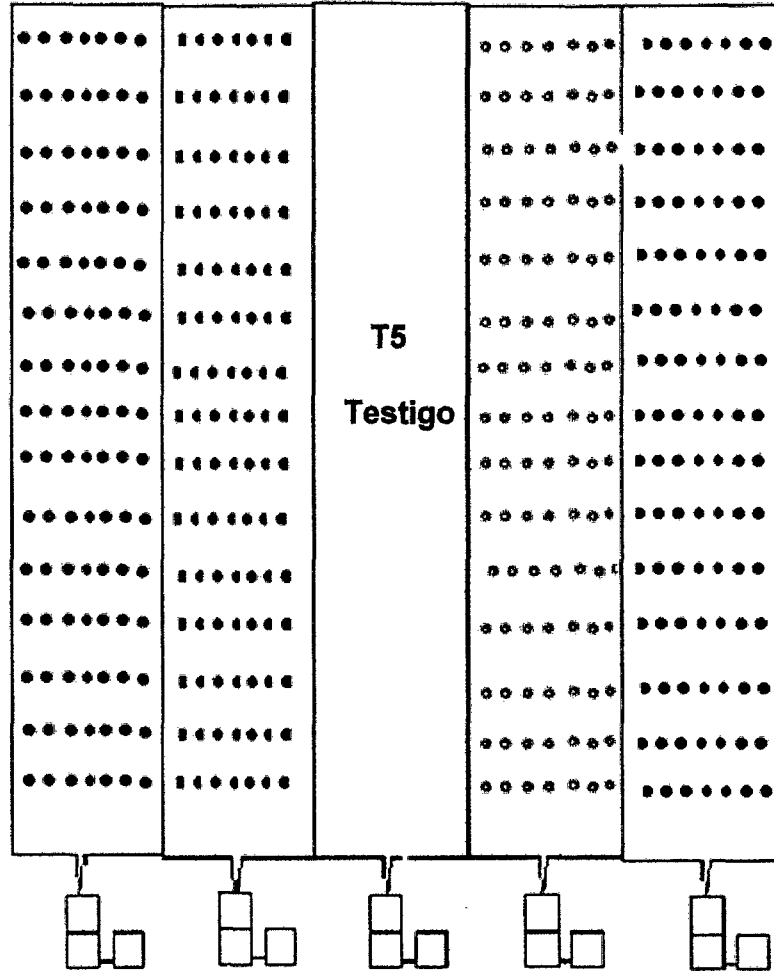
## **IX. ANEXOS**

**ANEXO A. CARACTERÍSTICAS DE PARCELAS Y CUBAS RECEPTORAS****A.1. Distribución de las parcelas**

## A.2. Dimensiones de las cubas receptoras



### A.3. Tratamientos y densidad de siembra



Tratamientos y densidad de siembra	
T2	● <i>Brachiaria decumbes</i> D= 0.5m X 0.5m
T3	● <i>Desmodium ovalifolium</i> D= 0.3m X 0.3m
T4	○ <i>Pueraria phaseoloides y</i> <i>Arachis pintoi</i> D= 0.3m X 0.3m
T1	● <i>Arachis pintoi</i> D= 0.3m X 0.3m

## ANEXO B. CÁLCULO DE ANÁLISIS DE SUELO

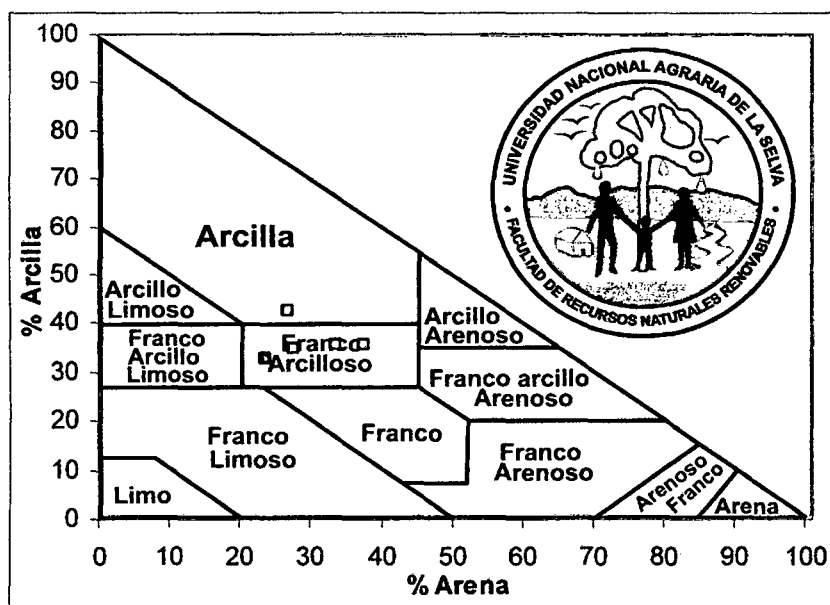
### B.1. Cálculo de textura: Método de Boyoucos

Peso de muestra (gr). 50

Temp. a 40 seg. (°C) 26.1

Temp. a 2 horas. (°C) 26.5

Parcela N°	Lect. 1	Lect. 2	% Ao	% Ar	% Lo	SUMA	TX
1	29.0	15.5	<b>37.61</b>	<b>35.68</b>	<b>26.71</b>	100.00	Franco Arcilloso
2	31.0	15.5	<b>33.61</b>	<b>35.68</b>	<b>30.71</b>	100.00	Franco Arcilloso
3	34.0	15.0	<b>27.61</b>	<b>34.68</b>	<b>37.71</b>	100.00	Franco Arcilloso
4	36.0	14.0	<b>23.61</b>	<b>32.68</b>	<b>43.71</b>	100.00	Franco Arcilloso
5	34.5	19.0	<b>26.61</b>	<b>42.68</b>	<b>30.71</b>	100.00	Arcilloso



## B.2. Cálculo de la permeabilidad

$$K_T = \frac{2.3}{T} \frac{\log \frac{h_1}{h_2}}$$

Factor	PARCELA 1	PARCELA 2	PARCELA 3	PARCELA 4	PARCELA 5
<b>L</b>	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
<b>t</b>	756.00	780.00	820.00	860.00	871.00
<b>H1</b>	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
<b>H2</b>	5.20	5.10	4.90	5.30	4.80
<b>kt (cm /seg)</b>	0.0011	0.0009	0.0014	0.0009	0.0009
<b>kt (m/día)</b>	<b>0.98</b>	<b>0.78</b>	<b>1.18</b>	<b>0.75</b>	<b>0.77</b>
<b>Grado</b>	<b>Moderada</b>	<b>Moderada</b>	<b>Moderada</b>	<b>Moderada</b>	<b>Moderada</b>

<b>Grado</b>	<b>Conductividad Hidráulica (m/día)</b>
Muy lenta	menor 0,03
Lenta	0,03 - 0,12
Moderadamente lenta	0,12 - 0,5
<b>Moderadamente</b>	<b>0,5 - 1,5</b>
Moderadamente rápida	1,5 - 3,0
Rápida	3,0 - 4,5
Muy rápida	mayor 4,5

### B.3. Cálculo de Materia Orgánica: Método de Walkley y Black

$$\%M.O = \frac{(a - bf) 0.003 \times 1.724}{p} * 100$$

p

	<b>Parcela</b>	<b>Parcela</b>	<b>Parcela</b>	<b>Parcela</b>	<b>Parcela</b>
<b>Factor</b>	<b>N° 1</b>	<b>N° 2</b>	<b>N° 3</b>	<b>N° 4</b>	<b>N° 5</b>
a	10	10	10	10	10
b	1.8	1.8	1.7	1.9	1.6
p	1	1	1	1	1
f	2	2	2	2	2
M.O=	3.3	3.3	3.4	3.2	3.5
<b>Según:</b>	La Molina	Medio	Medio	Medio	Medio
	Ankerman-L	Alto o rico	Alto o rico	Alto o rico	Alto o rico



**ANEXO C. CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE SUELO MEDIDO EN CAMPO MEDIANTE EL MÉTODO DE LAS CUBAS DE  
ESCORRENTIA**

**C.1. Medición de la escorrentía depositada en las cubas (Lt)**

Fecha de medición		Parcela N°1	Parcela N°2	Parcela N°3	Parcela N°4	Parcela N°5
De	Hasta	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>
01-Jul	31-Jul	79.84	243.46	562.34	164.86	115.19
01-Ago	31-Ago	9.42	19.87	30.26	9.42	5.23
01-Sep	30-Sep	15.13	45.39	98.37	12.10	7.56
01-Oct	24-Oct	574.90	469.00	590.03	453.87	499.26
25-Oct	31-Oct	1596.11	1623.80	2783.74	1134.68	1028.77
01-Nov	08-Nov	30.26	75.65	226.94	55.96	49.86
09-Nov	19-Nov	15.13	128.60	181.55	43.27	30.26
20-Nov	30-Nov	15.13	75.65	166.42	39.34	31.77
01-Dic	31-Dic	181.55	892.61	1195.19	332.84	484.13
01-Ene	31-Ene	650.55	1059.03	1724.71	877.48	1301.09

### C.2. Medición los sólidos en suspensión dentro de las cubas (Kg/lt)

Fecha de medición		Parcela N°1	Parcela N°2	Parcela N°3	Parcela N°4	Parcela N°5
De	Hasta	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>
01-Jul	31-Jul	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
01-Ago	31-Ago	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
01-Sep	30-Sep	0.003	0.008	0.002	0.002	0.002
01-Oct	24-Oct	0.001	0.001	0.003	0.001	0.001
25-Oct	31-Oct	0.013	0.014	0.014	0.011	0.011
01-Nov	08-Nov	0.003	0.009	0.012	0.004	0.004
09-Nov	19-Nov	0.001	0.003	0.005	0.002	0.002
20-Nov	30-Nov	0.002	0.003	0.005	0.002	0.002
01-Dic	31-Dic	0.006	0.014	0.015	0.007	0.009
01-Ene	31-Ene	0.006	0.009	0.0016	0.008	0.010

### C.3. Medición de sedimentos dentro de las cubas (Kg)

Fecha de medición		Parcela N°1	Parcela N°2	Parcela N°3	Parcela N°4	Parcela N°5
De	Hasta	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>
01-Jul	31-Jul	0.61	2.96	4.17	2.67	0.92
01-Ago	31-Ago	0.03	0.10	0.29	0.12	0.10
01-Sep	30-Sep	0.12	0.86	1.72	1.10	0.93
01-Oct	24-Oct	0.05	0.12	0.29	0.18	0.14
25-Oct	31-Oct	31.28	274.53	322.46	231.91	162.59
01-Nov	08-Nov	0.03	0.98	1.26	0.19	0.06
09-Nov	19-Nov	0.14	2.69	4.90	2.70	0.28
20-Nov	30-Nov	0.09	2.33	4.25	2.50	0.14
01-Dic	31-Dic	0.73	15.40	21.20	2.08	0.80
01-Ene	31-Ene	2.77	143.67	256.26	5.65	21.25

#### C.4. Pérdida total del suelo expresado en Kg

Fecha de medición		Parcela N°1	Parcela N°2	Parcela N°3	Parcela N°4	Parcela N°5
De	Hasta	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>
01-Jul	31-Jul	0.65	3.20	4.73	2.75	0.98
01-Ago	31-Ago	0.03	0.10	0.29	0.12	0.10
01-Sep	30-Sep	0.17	1.22	1.92	1.12	0.95
01-Oct	24-Oct	0.62	0.59	2.06	0.63	0.64
25-Oct	31-Oct	52.03	297.26	361.43	244.39	173.91
01-Nov	08-Nov	0.12	1.66	3.98	0.41	0.26
09-Nov	19-Nov	0.16	3.08	5.81	2.79	0.34
20-Nov	30-Nov	0.12	2.56	5.08	2.58	0.20
01-Dic	31-Dic	1.82	27.90	39.13	4.41	5.16
01-Ene	31-Ene	6.67	153.20	259.02	12.67	34.26
		<b>62.39</b>	<b>490.77</b>	<b>683.45</b>	<b>271.88</b>	<b>216.79</b>

**C.5. Pérdida total del suelo expresado en Kg/0.01ha/mes**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>TOTAL DE SEDIMENTOS EROSIONADOS (Kg/0.01ha/mes)</b>							
	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>PARCELA</b>
Parcela N°1 - T2	0.65	0.03	0.17	52.65	0.40	1.82	6.67	<b>62.39</b>
Parcela N°2 - T3	3.20	0.10	1.22	297.85	7.29	27.90	153.20	<b>490.77</b>
Parcela N°3 - T5	4.73	0.29	1.92	363.49	14.87	39.13	259.02	<b>683.45</b>
Parcela N°4 - T4	2.75	0.12	1.12	245.03	5.78	4.41	12.67	<b>271.88</b>
Parcela N°5 - T1	0.98	0.10	0.95	174.55	0.80	5.16	34.26	<b>216.79</b>
	<b>12.32</b>	<b>0.64</b>	<b>5.37</b>	<b>1133.57</b>	<b>29.15</b>	<b>78.41</b>	<b>465.82</b>	<b>1725.28</b>

**C.6. Pérdida total del suelo por meses y tratamiento expresado en Tn/ha/7meses**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>TOTAL DE SEDIMENTOS EROSIONADOS (Tn/ha/7meses)</b>							<b>PARCELA</b>
	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	
Parcela N°1 - T2	0.06	0.00	0.02	5.27	0.04	0.18	0.67	<b>6.24</b>
Parcela N°2 - T3	0.32	0.01	0.12	29.79	0.73	2.79	15.32	<b>49.08</b>
Parcela N°3 - T5	0.47	0.03	0.19	36.35	1.49	3.91	25.90	<b>68.35</b>
Parcela N°4 - T4	0.28	0.01	0.11	24.50	0.58	0.44	1.27	<b>27.19</b>
Parcela N°5 - T1	0.10	0.01	0.09	17.45	0.08	0.52	3.43	<b>21.68</b>
	<b>1.23</b>	<b>0.06</b>	<b>0.54</b>	<b>113.36</b>	<b>2.91</b>	<b>7.84</b>	<b>46.58</b>	<b>172.53</b>

## ANEXO D. MEDICIONES PARA PÉRDIDA DE SUELO CON EL MÉTODO DE CLAVOS DE EROSIÓN

### D.1. Mediciones del mes de noviembre del 2008 (mm.)

n	Parcela	Parcela	Parcela	Parcela	Parcela
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
1	127	147	144	145	143
2	133	147	140	144	143
3	138	141	134	144	134
4	147	126	134	144	133
5	142	137	139	139	137
6	138	142	136	139	136
7	146	142	135	136	140
8	138	136	137	140	140
9	148	135	139	135	141
10	148	128	138	141	144
11	145	125	126	132	140
12	150	116	134	141	141
13	145	111	115	143	132
<b>promedio</b>	<b>141,9</b>	<b>133,3</b>	<b>134,7</b>	<b>140,2</b>	<b>138,8</b>

**D.2. Mediciones del mes de diciembre del 2008 (mm.)**

n	Parcela	Parcela	Parcela	Parcela	Parcela
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
1	125	141	129	141	147
2	132	138	148	141	147
3	121	131	128	141	139
4	132	130	132	139	134
5	134	140	140	139	142
6	140	134	132	127	141
7	149	136	136	131	145
8	141	123	140	138	141
9	146	143	140	145	141
10	141	140	138	145	141
11	144	145	126	135	144
12	142	140	125	140	144
13	142	130	120	144	141
<b>promedio</b>	<b>137,6</b>	<b>136,2</b>	<b>133,4</b>	<b>138,9</b>	<b>142,1</b>



**D.3. Mediciones del mes de enero del 2009 (mm.)**

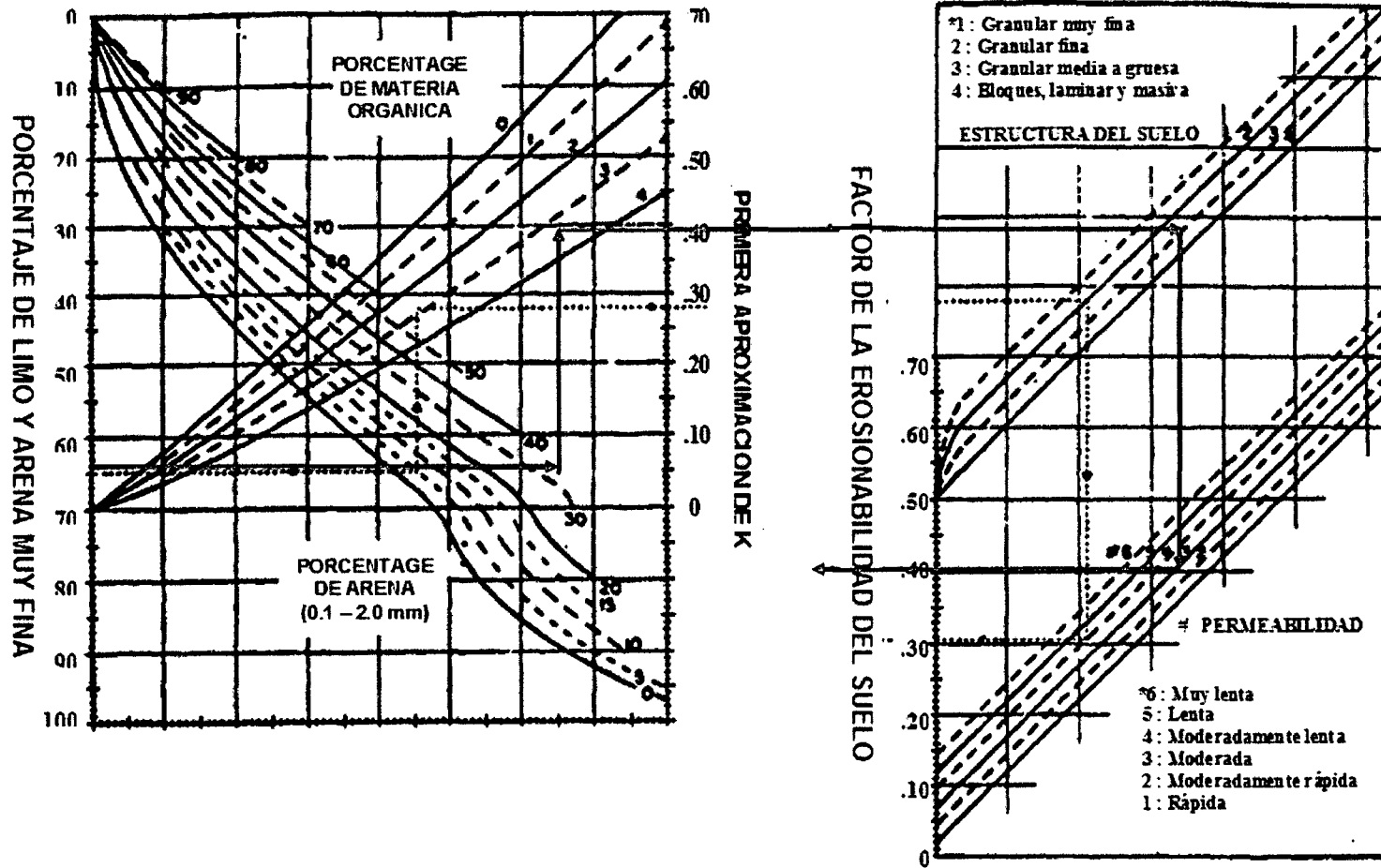
n	Parcela	Parcela	Parcela	Parcela	Parcela
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
1	140	144	135	136	140
2	140	136	148	136	140
3	145	145	90	135	143
4	145	140	150	135	115
5	143	146	138	136	125
6	141	125	125	146	145
7	150	136	145	141	145
8	150	124	136	140	146
9	146	134	137	147	126
10	142	134	136	145	148
11	145	143	148	139	139
12	150	146	106	145	135
13	146	146	135	147	146
<b>Promedio</b>	<b>144,8</b>	<b>138,4</b>	<b>133,0</b>	<b>140,6</b>	<b>137,9</b>

**ANEXO E. CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE SUELO MEDIANTE EL MÉTODO  
DE LA USLE**

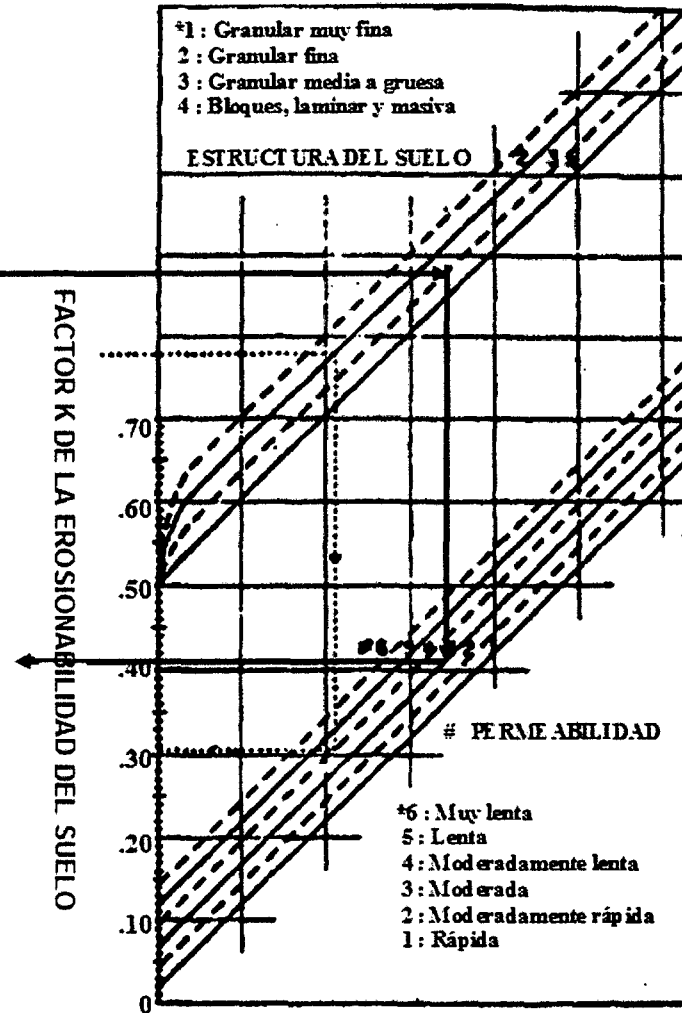
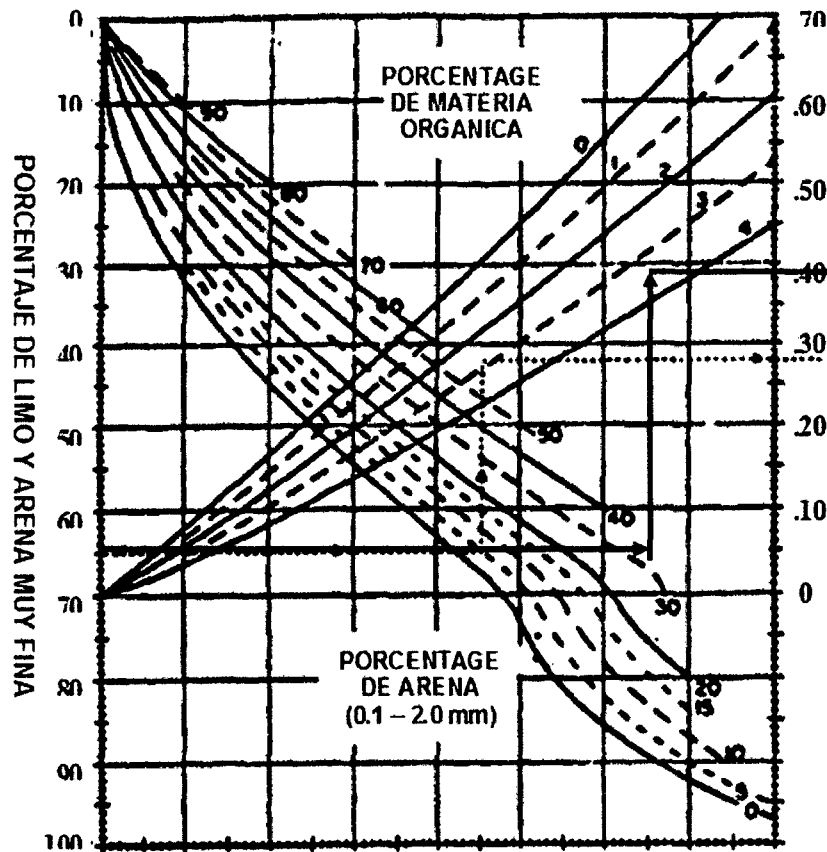
**E.1. Datos de precipitación de la estación metereológica José Abelardo Quiñónez de febrero del 2008 hasta enero del 2009 y cálculo de la erosividad para ese periodo.**

<b>i</b>	<b>i<sup>2</sup></b>	<b>Mes</b>	<b>p (cm/mes)</b>	<b>pi<sup>2</sup></b>	<b>pi<sup>2</sup>/P</b>
1	1	<b>Feb-08</b>	<b>60.84</b>	60.84	2.20
2	4	<b>Mar-08</b>	<b>40.05</b>	160.18	5.79
3	9	<b>Abr-08</b>	<b>23.26</b>	209.32	7.57
4	16	<b>May-08</b>	<b>13.04</b>	208.56	7.54
5	25	<b>Jun-08</b>	<b>11.78</b>	294.45	10.65
6	36	<b>Jul-08</b>	<b>26.56</b>	956.02	34.58
7	49	<b>Ago-08</b>	<b>5.42</b>	265.58	9.61
8	64	<b>Sep-08</b>	<b>16.63</b>	1064.32	38.50
9	81	<b>Oct-08</b>	<b>33.97</b>	2751.57	99.54
10	100	<b>Nov-08</b>	<b>13.87</b>	1387.00	50.18
11	121	<b>Dic-08</b>	<b>37.31</b>	4514.51	163.32
12	144	<b>Ene-09</b>	<b>49.00</b>	7056.00	255.26
<b>P</b>			<b>27.64</b>	<b>Sumatoria =</b>	<b>684.75</b>

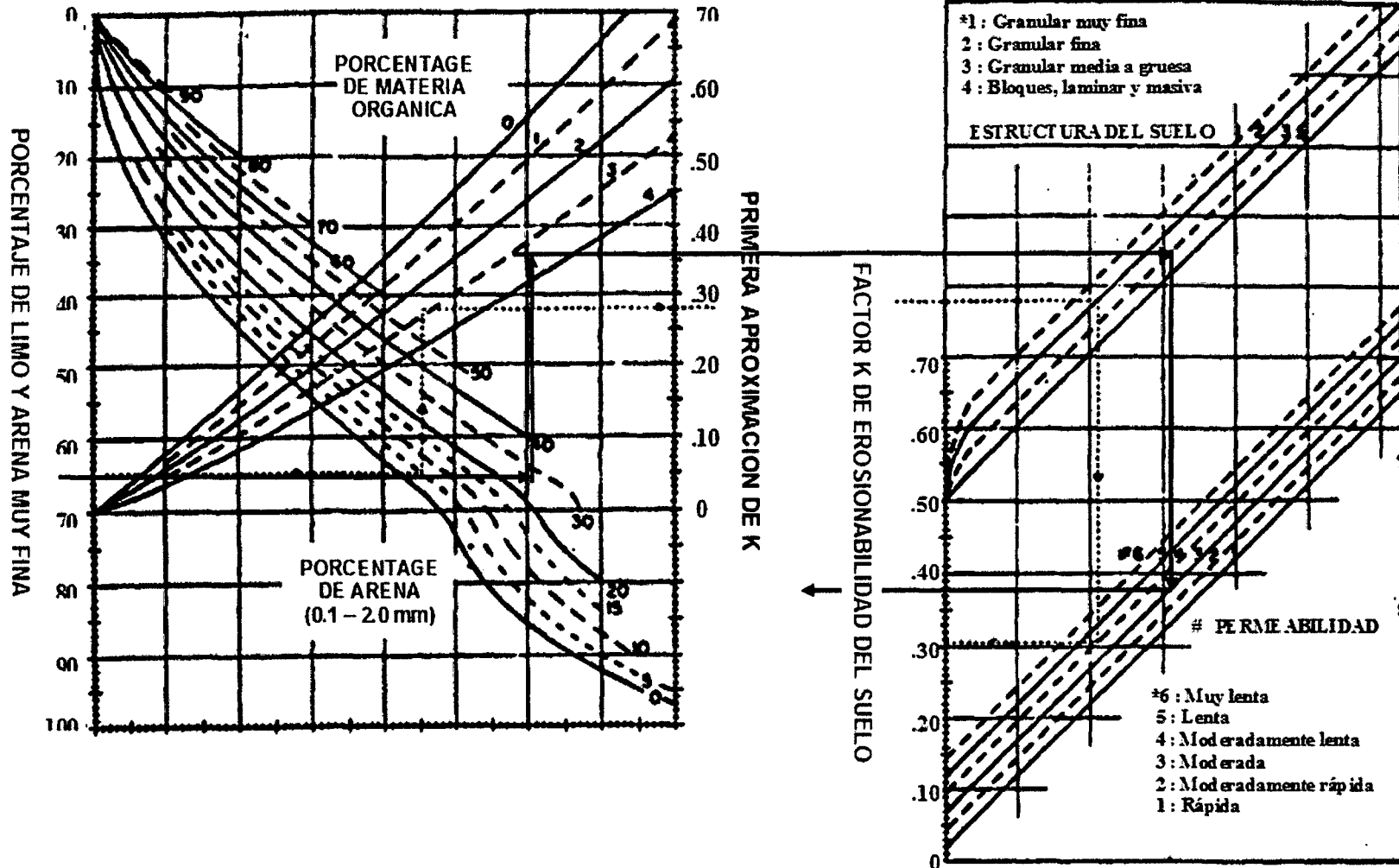
E.2. Nomograma de erodabilidad del suelo (Sistema métrico) PARCELA N°01



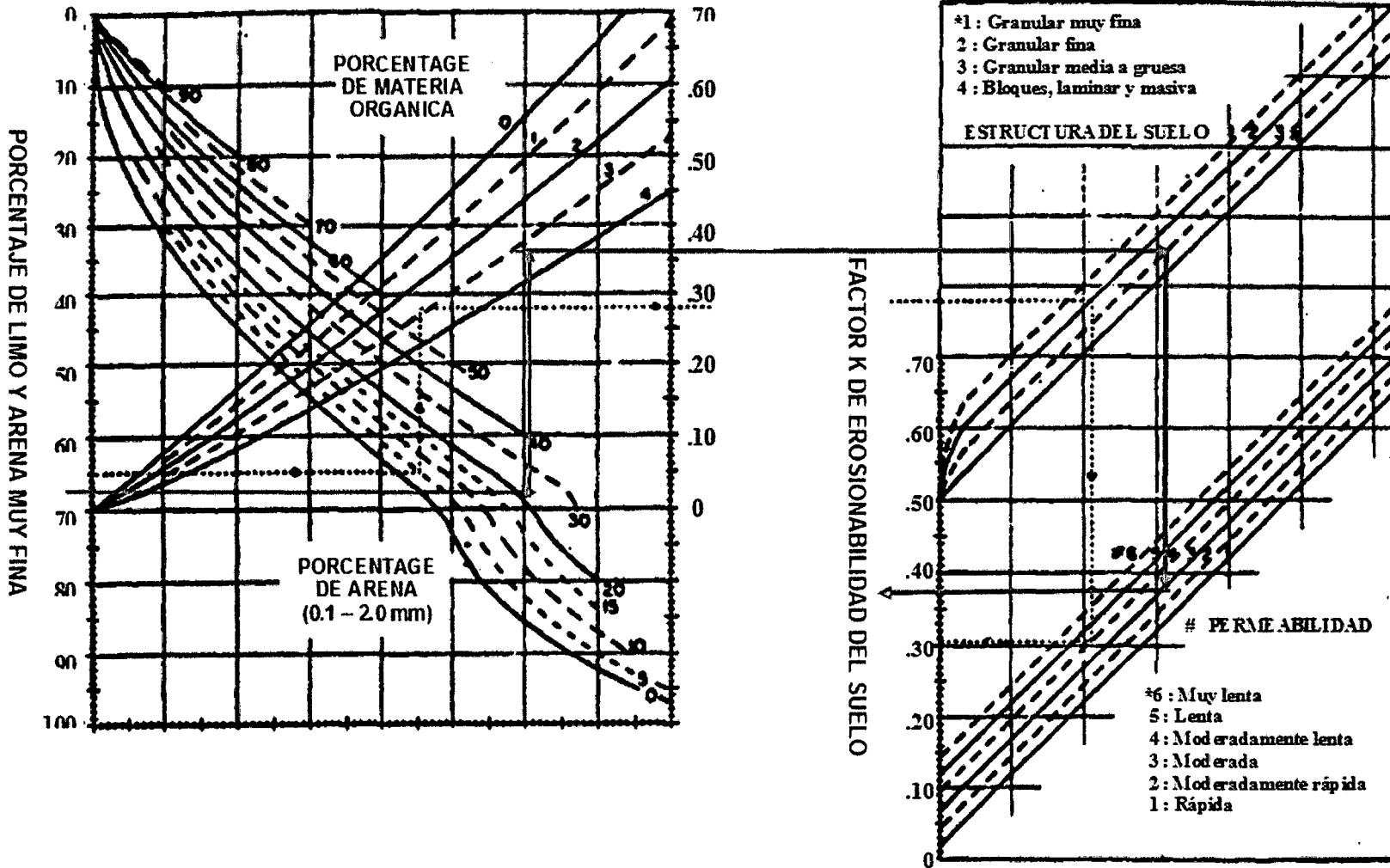
E.3. Nomograma de erodabilidad del suelo (Sistema métrico) - PARCELA 02



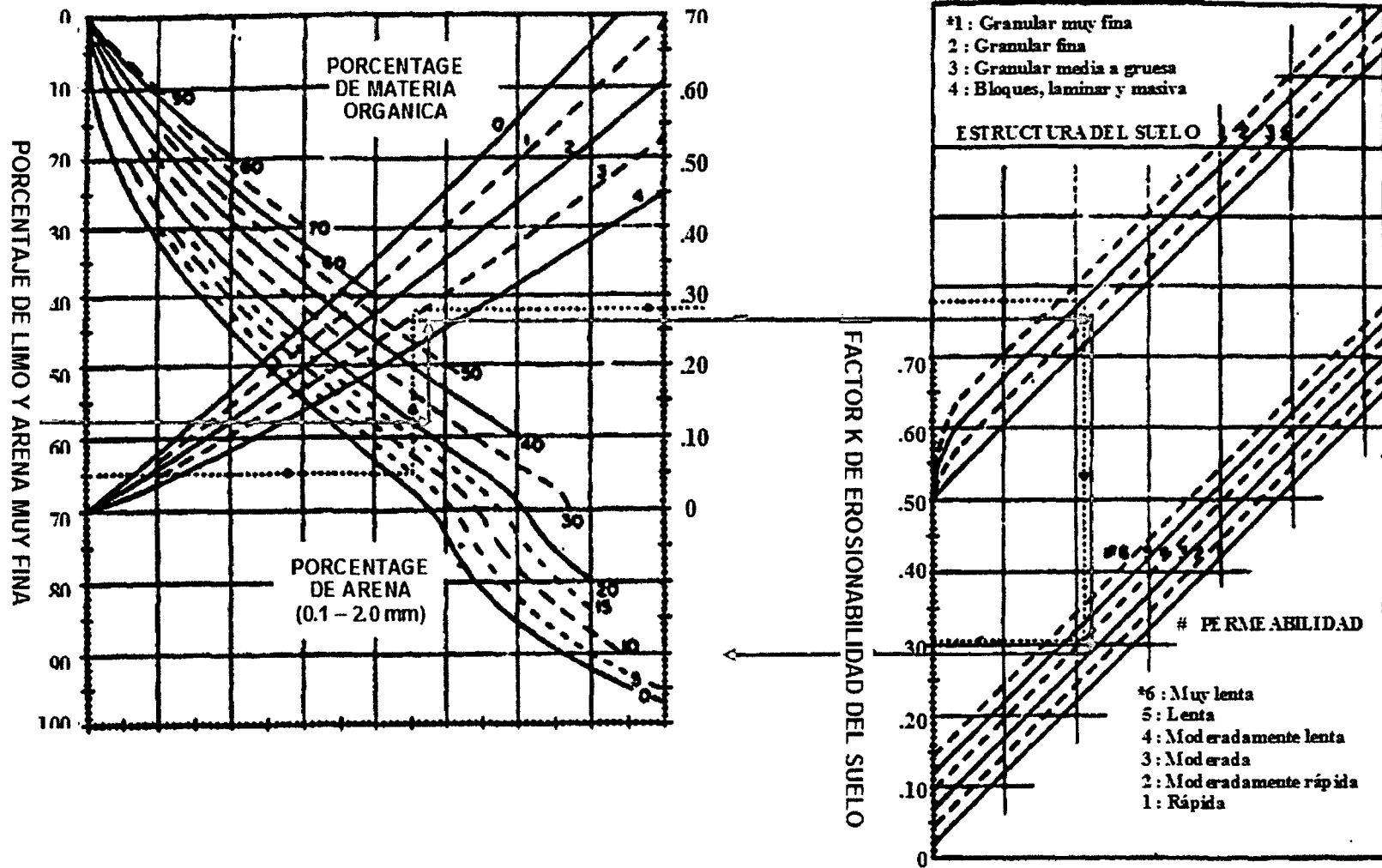
E.4. Nomograma de erodabilidad del suelo (Sistema métrico) - PARCELA 03



E.5. Nomograma de erodabilidad del suelo (Sistema métrico) - PARCELA 04



E.6. Nomograma de erodabilidad del suelo (Sistema métrico) - PARCELA 05



## ANEXO F. PÉRDIDA DE SUELOS EN FUNCIÓN A LA EROSIVIDAD PROMEDIO DE LA LLUVIA POR MES

**F.1. Precipitación mensual estación Abelardo Quiñonez - Tingo Maria en el periodo: 1940 - 2008**

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1940	627,2	259,3	396,0	189,5	216,5	229,0	237,0	88,5	250,0	308,0	373,0	502,0
1941	460,0	645,0	421,0	314,5	325,0	129,0	156,0	120,9	105,0	192,2	299,6	440,5
1942	384,1	328,0	409,7	388,1	196,8	240,9	105,8	219,2	173,5	197,0	186,0	353,2
1943	386,1	583,6	409,7	203,3	294,7	185,5	31,2	109,2	114,9	383,4	352,0	316,2
1944	516,0	451,2	555,6	243,9	100,3	208,8	85,8	61,2	48,8	326,2	242,4	235,7
1945	529,5	300,6	346,5	367,6	151,7	145,2	272,9	165,2	267,4	420,8	344,6	655,3
1946	222,4	449,2	416,5	284,4	312,8	248,7	80,1	144,4	224,4	163,4	439,8	418,0
1947	238,5	452,0	283,3	221,4	128,0	290,3	237,7	153,4	181,2	317,3	328,4	456,5
1948	319,3	539,0	563,4	454,9	124,6	243,3	211,9	34,6	273,4	335,3	297,1	456,5
1949	514,1	344,1	744,1	201,8	159,1	258,2	217,2	128,4	153,0	648,0	161,0	302,0
1950	337,5	283,5	305,0	360,0	226,5	128,0	132,5	143,5	296,5	355,3	279,2	513,3
1951	359,0	409,8	324,5	356,6	368,5	169,6	189,0	116,5	222,5	357,3	265,8	266,0
1952	303,5	380,0	397,0	403,5	244,0	102,5	90,0	194,0	153,5	245,0	368,0	423,5
1953	619,0	624,5	477,5	317,0	432,5	152,5	74,0	62,0	139,0	139,0	273,0	372,0
1954	579,0	277,0	197,0	168,0	340,5	58,0	65,0	40,0	109,0	158,0	240,5	169,0
1955	241,0	184,0	415,5	105,0	159,0	141,1	236,5	83,0	68,6	162,5	225,1	342,7
1956	475,9	521,0	320,0	229,5	213,5	116,5	192,0	111,5	147,0	305,6	219,0	187,0
1957	337,5	283,5	305,0	360,0	226,5	128,0	132,5	143,5	296,5	355,3	279,2	513,3
1958	359,0	409,8	324,5	356,6	368,5	169,6	189,0	116,5	222,5	357,3	265,8	266,0
1959	303,5	380,0	397,0	403,5	244,0	102,5	90,0	194,0	153,5	245,0	368,0	423,5
1960	430,0	317,6	350,3	235,0	208,0	98,8	81,0	289,5	124,5	286,0	464,5	196,0



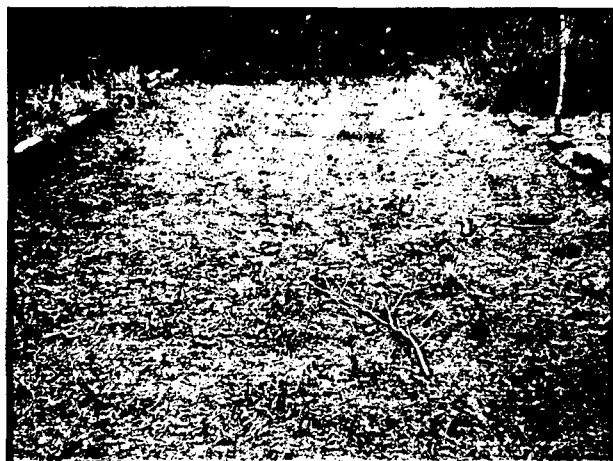
1961	403,5	378,5	224,5	517,0	222,0	145,6	58,0	55,0	180,0	259,0	191,0	364,5
1962	524,5	388,7	360,8	380,0	227,0	22,0	90,0	110,5	124,0	195,0	215,0	247,5
1963	569,8	388,7	248,5	337,0	90,0	43,6	102,0	70,0	130,5	139,5	283,5	478,5
1964	432,3	388,7	360,8	297,5	288,0	172,1	99,3	127,0	42,0	96,0	348,5	186,0
1965	432,3	388,7	360,8	288,0	185,0	115,0	98,6	104,1	91,0	135,0	348,5	561,0
1966	446,0	369,0	360,8	193,0	169,0	34,0	74,0	70,0	154,0	249,6	229,0	438,0
1967	416,0	330,0	285,0	107,0	372,0	151,0	191,0	109,6	150,0	411,9	224,7	275,2
1968	529,1	502,3	424,0	335,4	295,3	46,1	123,6	71,8	137,1	379,2	282,4	260,2
1969	207,3	281,7	311,4	276,1	130,9	234,8	111,4	130,4	183,3	398,1	527,8	295,8
1970	284,4	222,5	334,5	298,3	231,7	237,3	160,8	172,6	282,7	418,5	224,8	460,1
1971	268,9	303,1	369,1	201,5	100,6	110,2	254,2	106,0	229,8	300,8	410,1	225,8
1972	297,3	410,3	343,8	208,4	222,9	72,1	108,2	312,2	227,3	269,6	521,1	514,4
1973	515,8	508,6	443,1	441,8	170,9	162,1	273,6	125,7	229,6	229,6	556,1	437,4
1974	546,4	441,2	405,0	366,1	145,1	241,5	121,0	337,3	134,6	358,8	562,7	336,9
1975	332,2	508,0	502,1	307,5	210,7	199,1	113,8	176,9	261,8	201,4	296,2	226,2
1976	291,5	317,0	282,4	147,4	241,9	92,8	36,4	39,6	121,7	354,7	375,4	467,4
1977	892,5	448,5	529,2	416,1	171,7	75,8	229,6	102,6	206,1	146,2	409,7	158,6
1978	291,2	276,4	255,1	274,2	169,3	40,6	313,2	47,4	44,7	297,2	319,3	545,4
1979	211,7	391,1	421,5	384,0	294,3	94,7	114,0	15,2	72,0	138,4	490,5	359,7
1980	427,6	620,6	311,5	126,0	172,5	163,3	136,0	138,2	233,8	271,3	278,1	378,5
1981	412,6	467,7	407,8	176,4	139,9	318,2	39,1	83,3	187,7	715,0	740,4	784,0
1982	708,3	602,8	855,9	338,8	275,1	161,2	161,1	47,0	283,3	253,9	491,7	542,7
1983	688,5	467,8	367,0	331,0	242,3	165,0	99,0	97,0	117,0	405,1	666,6	595,9
1984	681,0	473,2	349,0	412,4	186,1	333,1	235,0	205,9	117,6	201,1	465,1	169,8
1985	490,0	604,0	241,3	577,4	57,0	59,4	265,8	179,5	238,0	299,0	369,9	253,7
1986	347,6	411,4	560,2	171,7	262,2	95,8	50,2	204,0	147,7	214,0	352,4	473,0
1987	612,9	236,5	193,9	361,7	238,8	62,2	124,5	62,7	140,5	258,0	525,1	445,5
1988	539,3	369,4	310,3	232,6	264,0	47,7	79,9	14,0	204,8	198,8	309,7	307,0



**F.2. Cálculo de la Erosividad promedio por mes, utilizando datos del periodo de 1940 al 2009**

<b>Cálculo de R promedio por mes desde 1940 al 2009</b>					
<b>i</b>	<b>i<sup>2</sup></b>	<b>Mes</b>	<b>p (cm/mes)</b>	<b>pi<sup>2</sup></b>	<b>pi<sup>2</sup>/P</b>
1	1	Feb	40,46	40,46	<b>1,45</b>
2	4	Mar	38,50	153,99	<b>5,51</b>
3	9	Abr	29,35	264,14	<b>9,45</b>
4	16	May	21,98	351,61	<b>12,58</b>
5	25	Jun	14,74	368,62	<b>13,19</b>
6	36	Jul	14,47	520,93	<b>18,64</b>
7	49	Ago	12,01	588,66	<b>21,06</b>
8	64	Sep	17,54	1122,69	<b>40,17</b>
9	81	Oct	28,47	2306,28	<b>82,52</b>
10	100	Nov	35,20	3519,70	<b>125,93</b>
11	121	Dic	39,89	4826,29	<b>172,68</b>
12	144	Ene	42,79	6161,76	<b>220,46</b>
<b>P</b>			<b>27,95</b>	<b>Sumatoria =</b>	<b>723,62</b>

## ANEXO G. FOTOGRAFIAS



*Desmodium ovalifolium* – Mes Septiembre



*Brachiaria decumbes* – Mes Octubre



*Desmodium ovalifolium* – Mes Diciembre



*Brachiaria decumbes* – Mes Octubre



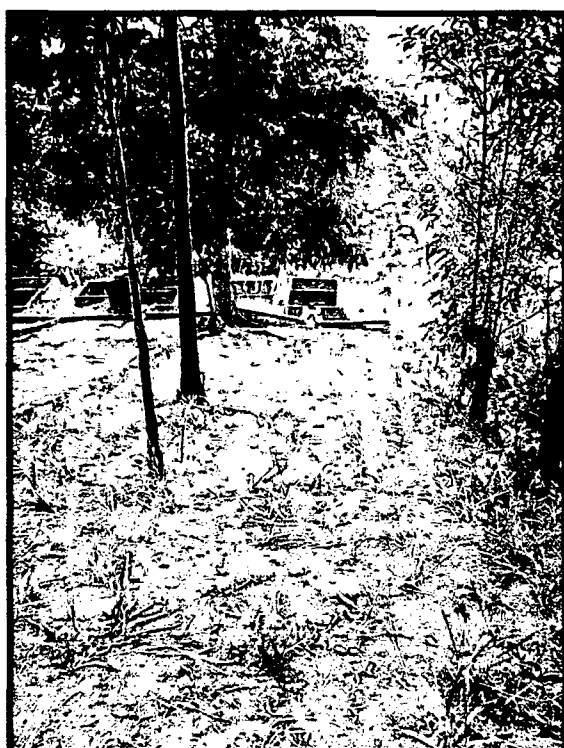
% de *Desmodium ovalifolium* – Mes Octubre



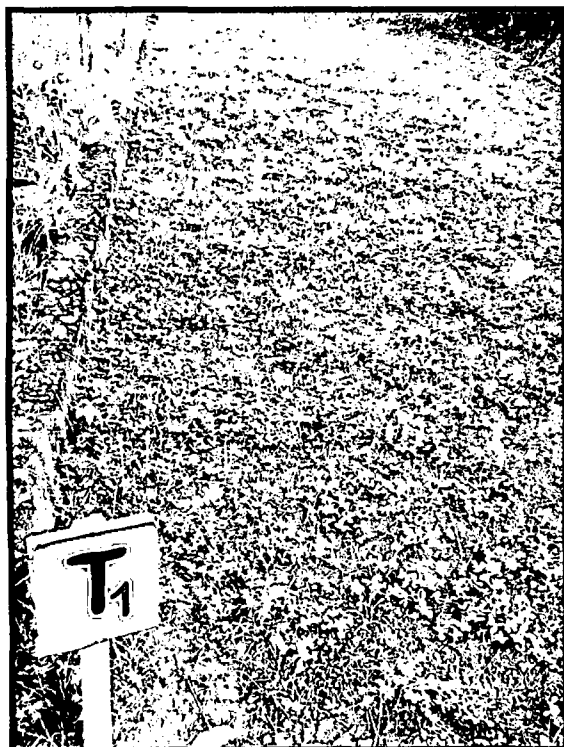
% de *Brachiaria decumbes* – Mes Octubre



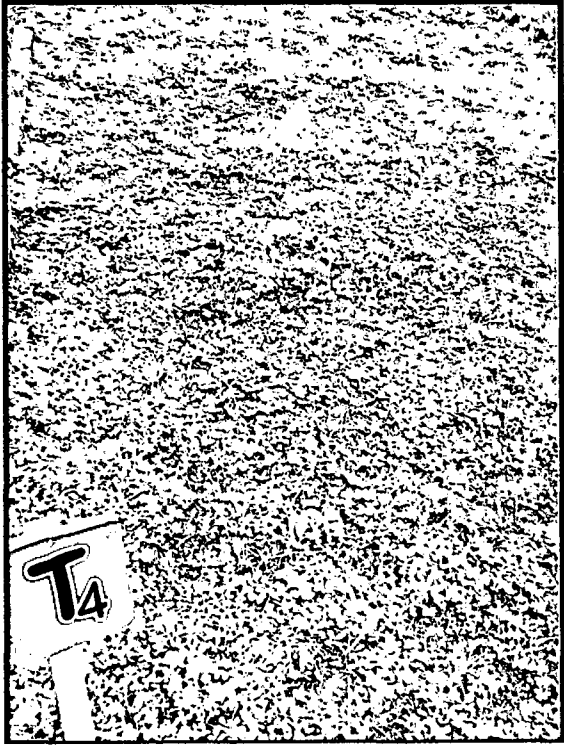
*Desmodium ovalifolium*



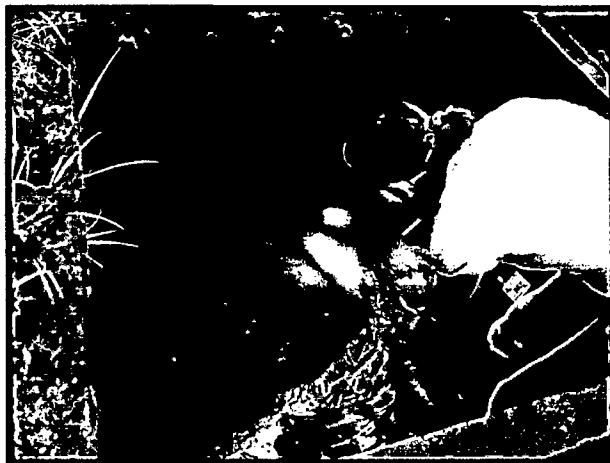
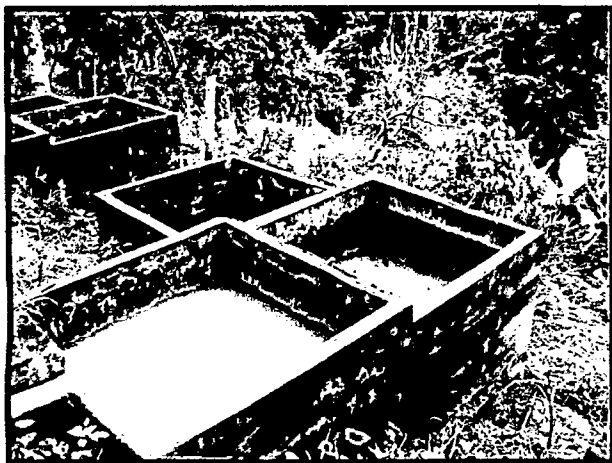
*Brachiaria decumbes*



*Arachis pintoi* – mes Noviembre



*Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi*  
mes Enero



**Mediciones en las parcelas de escorrentía en el mes de Enero 2009**



***Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi***



***Brachiaria decumbes***

**Mediciones de pérdida de suelo con clavos de erosión – mes enero 2009**