

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**INFLUENCIA DE LAS COBERTURAS EN LA EROSIÓN HÍDRICA EN UN
SUELO ÁCIDO DEL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

T e s i s

Para optar el título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCION CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

ARTURO OROZ BOCANGEL

PROMOCIÓN: 2005 - I

Tingo María - Perú

2006

P36

O71

Oroz Bocangel, Arturo.

Influencia de las Coberturas en la Erosión Hídrica en un Suelo Ácido del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria, 2006

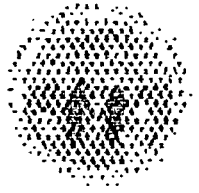
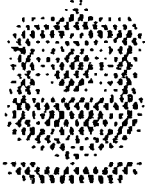
80 h.; 20 cuadros; 13 fgrs.; 17 ref.; 30 cm.

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 HÍDRICA / ESCORRENTÍA / SUELO / COBERTURA VEGETAL /

MATERIALES Y MÉTODOS / TINGO MARÍA / RUPA RUPA /

LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERÚ



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de junio de 2006, a horas 07:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

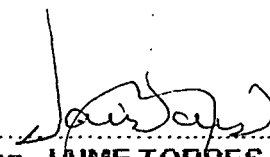
"INFLUENCIA DE LAS COBERTURAS EN LA EROSION HÍDRICA EN UN SUELO ÁCIDO DEL BOSQUE DE LA UNAS"


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

En consecuencia el sustentante queda apto 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 de conformidad con lo establecido en el Art. 87 inc. m) del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 10 de julio del 2006


.....
Ing. M Sc. **JOSE LEVANO CRISOSTOMO**
Presidente


.....
Ing. **JAIME TORRES GARCIA**
Vocal


.....
Ing. Mg. **WILFREDO ALVA VALDIVIEZO**
Vocal


.....
Ing. **RICARDO CHAVEZ ASENCIO**
Asesor

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar
al término de mi carrera
anhelada.

A mis queridos padres
Gregorio Oroz y Rosa Bocangel
que con su apoyo moral, dedicación
invalorable y sacrificio, hicieron
posible la culminación de mi
formación Profesional.

A mis hermanos (as)
Gladys, Gabriela, Juan José,
Libia, Betty, Carmen, Jesús.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables y a su plana docente, que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Ing. Ricardo Chávez Asencio, Ing. M.Sc. Wilfredo Zavala Solórzano patrocinadores de esta investigación, por sus valiosas orientaciones técnicas y científicas en la culminación del presente trabajo y por la amistad durante mi carrera y la ejecución de la presente tesis.
- A los miembros integrantes del jurado: Ing. M.Sc. José Levano Crisóstomo, Ing. Jaime Torres García, Mg. Wilfredo Alva Valdiviezo, por sus orientaciones y valiosos consejos.
- A mis amigos que me apoyaron en el trabajo de campo y elaboración del informe; Juan y Samuel Panduro, David Carranza, Elmer Alvarado, Pavel Maldonado , Marlon Araujo, Mariell Rivera, y a todas las personas que han colaborado en la realización de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. La erosión del suelo por el agua.....	4
2.1.1. Factores que afectan los procesos de erosión por el agua.....	8
2.2. El suelo.....	9
2.3. La cobertura vegetal.....	10
2.4. La topografía.....	12
2.5. La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.....	13
2.6. Límites de tolerancia de pérdida de suelo.....	19
2.7. La aplicación de la ecuación en el Perú.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Referencias del campo experimental.....	25
3.1.1. Lugar de ejecución.....	25
3.2. Historia del campo experimental.....	26
3.3. Características agroecológicas de la zona.....	27
3.3.1. Clima.....	27
3.3.2. Suelo.....	28
3.4. Duración del trabajo.....	29
3.5. Análisis de la información.....	30
3.6. Disposición experimental.....	31

3.6.1. Material en estudio.....	31
3.6.2. Factores y tratamientos en estudio.....	31
3.7. Conducción del experimento.....	32
3.7.1. En cuanto a los cultivos instalados.....	32
3.7.2. Evaluación de la escorrentía y la pérdida de suelo después de cada evento.....	35
3.8. Ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) para estimar la pérdida de suelo.....	36
3.8.1. Cálculo del índice de erosión (EI).....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1. Pérdida de suelo medido en campo.....	40
4.2. Cálculo del Índice de Erosión.....	45
4.3. Pérdida de suelo estimado mediante la ecuación (USLE).....	53
4.4. Características de los cultivos.....	56
4.5. Varillas instaladas en las parcelas.....	59
V. CONCLUSIONES.....	60
VI. RECOMENDACIONES.....	62
VII. ABSTRACT.....	63
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	65
IX. ANEXO.....	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Pérdidas de suelo, en promedio (Tn/ha) según % de cobertura.....	11
2. Pérdida de suelo para varias longitudes de pendiente.....	12
3. Valores de cobertura vegetal (C).....	17
4. Factor de prácticas de conservación de suelos.....	18
5. Niveles de pérdida de suelo.....	21
6. Niveles de pérdida de suelo (CAMISEA).....	22
7. Datos climáticos de la zona en estudio, julio 2005 - enero 2006.....	27
8. Análisis físico a diferentes profundidades.....	28
9. Análisis químico de la capa arable.....	28
10. Parámetros de evaluación en cada evento registrado.....	30
11. Tratamientos en estudio.....	31
12. Descripción de los tratamientos en estudio.....	32
13. Etapas para la evaluación de la cobertura y del grado de protección de los cultivos.....	34
14. Cálculo de la energía de la lluvia en base al registro de una tormenta en un pluviograma diario.....	38
15. Pérdida de suelo medido en campo.....	43
16. Cálculo del Índice de Erosión.....	46
17. Factor C para diferentes cultivos asociados.....	50
18. Factores que se usarón en la ecuación de USLE.....	51
19. Pérdida de suelo estimado mediante la ecuación de (USLE).....	54
20. Valores promedio obtenidos de las mediciones de cobertura y altura de plantas de los diferentes cultivos evaluados.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Proceso de la erosión de un suelo por precipitación.....	5
2. Proceso de erosión laminar.....	6
3. Proceso de erosión en surcos.....	7
4. Proceso de erosión en cárcavas.....	7
5. Estructura del suelo.....	10
6. Acción de la cobertura, sobre el impacto de las gotas de lluvia.....	10
7. Factor longitud e inclinación de la pendiente.....	16
8. Pérdida de suelo acumulado para las diferentes parcelas.....	44
9. Tipificación de un evento con el máximo valor I_{30}	47
10. Porcentaje acumulado del índice de erosión.....	49
11. Pérdida de suelo acumulado mediante USLE.....	55
12. Valores promedio de cubierta vegetal de los cultivos asociados por parcela.....	58
13. Valores de pérdida de suelo medido mediante varillas.....	59

ANEXO

	Pagina
Anexo 1	
A1. Las cinco parcelas instaladas.....	69
A2. Medida de la altura de agua.....	69
A3. Parcela I cultivo de maíz y frijol.....	70
A4. Parcela I cultivo de maíz y frijol.....	70
A5. Parcela II testigo (sin cultivo) y las varillas instaladas.....	70
A6. Parcela III, maní forrajero y coca.....	71
A7. Parcela IV, yuca y frijol.....	71
A8. Parcela V, pasto y erytrina.....	72
Anexo 2	
A1. Escorrentía que se produjo en las parcelas.....	73
A2. Características del campo experimental.....	74
Anexo 3	
A1. Detalle de una unidad experimental y las varillas instaladas.....	76
A2. Medidas de las cubas receptoras.....	77
A3. Factor de longitud y grado de pendiente. LS.....	77
A4. Triangulo para determinar la permeabilidad del suelo.....	78
A5. Nomografía para determinar el factor de erodabilidad del suelo, K Wischmeier, Jonson y Cross (1971).....	79
A6. Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	80

RESUMEN

Se realizaron estudios en parcelas de escorrentía, ubicado en el campo experimental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, fundamentalmente con la finalidad de caracterizar los factores de la erosión hídrica que afectan a un suelo ácido (Dystropepts), según la cobertura proporcionada al suelo, se instalaron cultivos asociados de: *Phaseolus vulgaris* Var. *chaucha*, *Zea mays*, *Erythroxylum coca*, *Arachis pintoi*, *Manihot esculenta*, *Phaseolus vulgaris*, *Brachiaria brizantha*, *Erytrina* sp.

El periodo de investigación se inicio en el mes de junio 2005 y culmino en enero 2006, tomando en consideración a partir de la cuarta evaluación, octubre 2005 - enero 2006, la metodología empleada es según WISCHMEIER y SMITH (1978), en parcelas de escorrentía medidos en campo (in-situ), y estimado mediante la Ecuación Universal de Perdida de Suelo (USLE) y mediante varillas instaladas, procesando información meteorológica y agrológicos, se hicieron mediciones después de cada evento de lluvia para conocer la pérdida de suelo en kg. arrastrado por la escorrentía, luego se realizó las comparaciones entre mediciones en campo (in-situ) y estimados mediante la USLE.

La pérdida de suelo por arrastre de la escorrentía depende marcadamente del grado de protección ofrecido por la cobertura vegetal, obteniendo en esta investigación menor pérdida de suelo en las parcelas III *Arachis pintoj*, *Erythroxyllum coca*, IV *Manihot esculenta*, *Phaseolus vulgaris* , y V *Brachiaría brizantha*, *Erytrina sp* ; obteniendo 1 Tn/4 meses, ya que pierde peso el efecto de la agresividad de la lluvia al impactar en la cubierta vegetal, teniendo mayor pérdida de suelo en la parcela I (maíz, frijol), 6 Tn/ 4meses y en la parcela II testigo (13 Tn/4 meses) sin cultivo bajo las condiciones de conducción de estos experimentos, los valores medidos en el campo correspondieron aproximadamente con los estimados a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

I. INTRODUCCIÓN

El potencial de la cuenca amazónica puede valorarse básicamente por los recursos naturales que posee y por la forma como el hombre aprovecha de ellos, y entre la riqueza natural más importante, más buscada y explotada en esta parte del país, figura el recurso suelo.

Actualmente en la amazonía se tiene aproximadamente en áreas deforestadas 2.5 millones de ha, y 130 mil ha. de suelos degradados, todo esto es debido a una alta tasa migratoria de campesinos, procedentes de la serranía del país, que se posesionan de las partes altas de la cuenca trayendo, como resultado el uso inadecuado de los suelos y la falta de criterio para su uso en armonía con su aptitud agronómica. El uso inadecuado de estas tierras sin un criterio de planeamiento, puede provocar daños irreversibles tanto en la zona donde la escorrentía y la erosión se originan, como en las partes bajas hacia donde estas se conducen, provocando sedimentación en los drenes y ríos, reduciendo el área de los cauces y pudiendo dar origen a las inundaciones.

La planificación técnica para el desarrollo de la parte agrícola exige un criterio previo para la elección entre diferentes alternativas del uso de las tierras y uno de ellos es el correspondiente a la conservación del suelo. Es de

mucha importancia obtener los mayores beneficios del suelo así como mantenerlo en forma permanente.

Los factores que intervienen en ello son: el clima, la vegetación, la topografía, el suelo y el manejo por el hombre. Para poder conservar el suelo es necesario conocer cada uno de estos factores, tanto en forma individual como la interacción de todos ellos.

El planteamiento de este trabajo de investigación nos permitió formular propuestas que permitan mayor control y disminución de la pérdida de suelo por erosión hídrica, con las diversas prácticas agronómicas que se realizaron en el bosque de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo-Maria, siendo uno de los sectores con mayores pérdidas de suelo por erosión hídrica.

El trabajo permitió demostrar que existe una gran influencia de la implementación de cultivos asociados en la disminución de la pérdida de suelos.

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas, en el presente estudio de investigación, planteamos los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Determinar la influencia de los cultivos asociados en la erosión hídrica en un suelo ácido del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Objetivos Específicos

- Determinar la tasa de pérdida de suelo (in-situ) con diferentes cultivos asociados, en parcelas de escorrentía.
- Comparar con valores de pérdida de suelo estimados con la USLE, de acuerdo a las condiciones locales.
- Evaluar la eficiencia de la protección ejercida por la cobertura de los cultivos asociados considerados; a través de sus diferentes etapas de desarrollo.
- Medir la pérdida de suelo mediante varillas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La erosión del suelo por el agua

Según KIRKBY (1984), para conocer la forma como se produce la erosión hídrica es esencial el estudio de los factores que intervienen en este proceso, su relativa importancia y la forma como se relacionan.

Una vez establecido lo anterior es posible entonces asignar, a cada factor, un valor relativo al grado de erosión que causan, de manera de medirla y poder prevenirla estableciendo prácticas de conservación.

OSBORN (1955), explica que la acción erosiva de las aguas viene a ser el efecto de la energía desarrollada por su movimiento a medida que caen hacia la tierra en forma de lluvia o que corren sobre ella en forma de escorrentía. Es evidente que la erosión del suelo requiere energía y que esta energía es proporcionada por el agua en movimiento. Tal como se puede observar en la Figura 1.

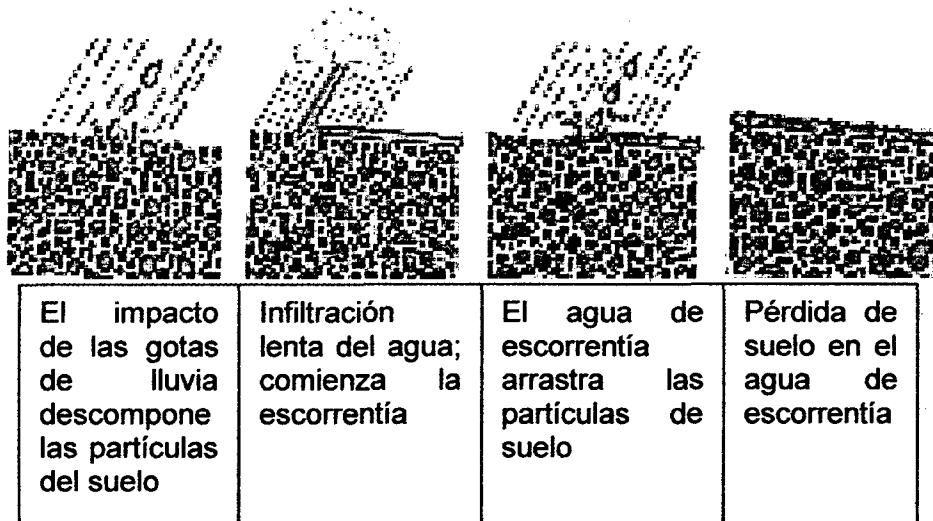


Figura 1. Proceso de la erosión de un suelo por precipitación

La FAO (1963), citado por DOUROJEANNI (1965), afirma que las gotas son responsables de la mayor parte de la erosión en suelos de cultivo, cuando éstos no se encuentran protegidos. La tremenda energía de una tormenta intensa, cayendo sobre un suelo desnudo provoca en él una serie de efectos; como la compactación y sellado de la superficie, lo cual la impermeabiliza en pocos minutos, y la disgregación de los terrones y agregados formando partículas finas susceptibles de ser transportados por el flujo superficial. La capacidad misma de ese transporte es incrementada por las gotas de lluvia, cuando estas al caer sobre el flujo superficial provocan turbulencias y movimientos ascensionales.

Es claro que si el suelo se encuentra protegido por una cobertura, el impacto se verá reducido. NORMAN (1996), explica que la cobertura de

plantas disminuye grandemente el efecto de las gotas de lluvia interceptándolos y absorbiendo la energía antes que actúe en la tierra, señala además, que su eficacia es proporcional a su densidad.

La vegetación, aunque es en menor grado, protege también al suelo de su desprendimiento y arrastre por parte del agua de escorrentía.

VASQUEZ (1997), clasifica a la erosión en tres tipos: Laminar, en surcos y en cárcavas, según el grado de avance, y la manera como se produce.

Erosión laminar, es consecuencia directa de las gotas de lluvia y del flujo superficial cuando todavía no se ha canalizado y escurre como un manto superficial. Esta erosión es muchas veces imperceptible pero dañina ya que lava el suelo transportando los materiales finos y fértiles.

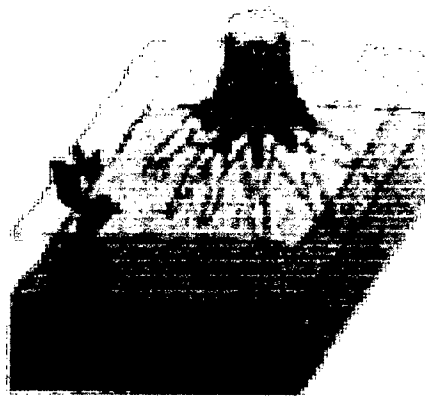


Figura 2. Proceso de erosión laminar.

La erosión por surcos, sucede a lo anterior y se debe a que las irregularidades en un terreno favorecen la concentración superficial en las depresiones. El desprendimiento y transporte de las partículas es entonces mayor, ya que la aceleración y la masa del flujo aumentan.



Figura 3. Proceso de erosión en surcos

Cárcavas. Esta forma es la última fase de erosión de un suelo de cultivo, y está principalmente relacionada con el volumen de lluvia y la pendiente del terreno que son los factores que condicionan la energía para remover el suelo.

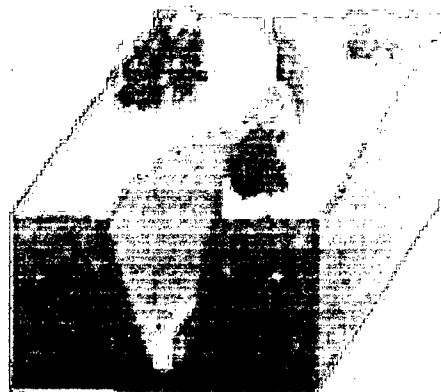


Figura 4. Proceso de erosión en cárcavas.

2.1.1. Factores que afectan los procesos de erosión por el agua

Los principales factores que intervienen según HUDSON (1997), son los siguientes:

- La lluvia.
- El suelo.
- La cobertura vegetal.
- La topografía.

Estos, de acuerdo a su acción se pueden clasificar en activos y pasivos.

- Factor Activo : La lluvia.
- Factor Pasivo : El suelo, la cobertura vegetal y la topografía.

Se ha visto, para que la erosión se produzca es necesario que exista una fuente de energía, y esta fuente de energía es la lluvia y por eso se le llama factor activo. La erosión o transporte del suelo por el agua es el trabajo o resultado del efecto de la energía aplicada por la lluvia y sólo se produce en forma significativa cuando las condiciones que modifican la acción son favorables para que exista escorrentía.

Como menciona FOURNIER (1960), el poder erosivo de las lluvias viene dado por una combinación de sus tres características: intensidad, cantidad y frecuencia. Una lluvia de gran intensidad o sea aquella en la que cae gran cantidad de agua por unidad de tiempo, produce escorrentía, cuando la intensidad es mayor que la cantidad de agua, que el suelo puede absorber por

unidad de tiempo. Además, es necesario que la lluvia con esa intensidad tenga una duración suficiente como para que la escorrentía que se forme alcance volumen (masa) y velocidad que le den poder erosivo.

2.2. El suelo

El suelo recibe la acción de la lluvia y de la escorrentía superficial. Desde el punto de vista del control de la erosión, en el suelo interesan aquellas propiedades que incrementan su capacidad de infiltración, ya que es importante para reducir la escorrentía, y aquellas que aumentan la resistencia a su dispersión y transporte para que esto sea mínimo.

La susceptibilidad de las tierras a la erosión queda entonces influenciada por sus características. Arca (1963), citado por RAMOS (2001), señala que las propiedades de un suelo que tienen relación con la erosión, son:

La textura según sea fina, media o gruesa modifica el grado de dispersión y transporte.

La estructura en general afecta el grado de infiltración y la capacidad retentiva de humedad de un suelo. El grado de la estructura hace variar las fuerzas de atracción dentro y entre los agregados modificando el grado de dispersión. La profundidad del suelo condiciona la capacidad de ser erosionado y finalmente la permeabilidad del suelo influye sobre el drenaje.

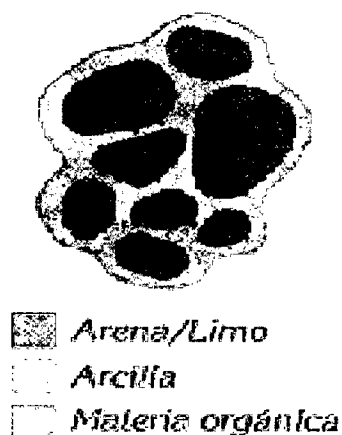


Figura 5. Estructura del suelo.

2.3. La cobertura vegetal

La acción de la cobertura vegetal es explicada por FOURNIER (1960), quien menciona que es de capital importancia ya que actúa directamente contra el proceso de erosión por las gotas de lluvia y escorrentía.

En primer lugar amortigua el impacto de las gotas dispersando su energía.

En segundo lugar controla el flujo del agua sobre la superficie.

En tercer lugar incrementa la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo y la hace aprovechable para si misma.



Figura 6. Acción de la cobertura, sobre el impacto de las gotas de lluvia.

Cundo se elimina la cobertura vegetal (caso que se ve en la amazonía del Perú, con la tala indiscriminada de los boques, y el alto grado del cultivo de la coca, sumándose a ello el cultivo a favor de la pendiente). Se tiene entonces, un mayor volumen de escorrentía producirá mayor erosión favorecida, además, por la tierra desnuda. Los sedimentos se acumulan en el fondo de los ríos reduciendo su sección transversal y como consecuencia se producirán inundaciones y se elevará el nivel freático de las zonas cercanas al río, aumentando la proporción de tierras inundables y tierras inútiles para la agricultura en las condiciones actuales.

Tanto el tipo como el sistema de cultivo o la cobertura vegetal natural modificarán por lo tanto el grado de erosión.

Considerando solo el caso del porcentaje de cobertura del suelo, en condiciones de 0 % de cobertura, como lo puede ser un cultivo de hortalizas intensivo y convencional, se pueden perder en promedio hasta 86,9 Tn suelo/ha, mientras que con un suelo con un 90 % de cobertura se reduce considerablemente hasta alcanzar en promedio unos 4,7 Tn/ha

Cuadro 1. Pérdidas de suelo, en promedio (Tn/ha) según % de cobertura

Cobertura de suelo %	Erosión %	Erosión (Tn/ha)	Escorrentía (mm.)
0	70,17	86,9	317,7
30	26	32,3	257
90	3,76	4,7	140

Fuente: HERNÁNDEZ *et al.* (1997)

2.4. La topografía

La topografía condiciona la pendiente tanto en su inclinación como en su longitud. La potencia erosiva del agua en movimiento y su transporte dependen, siguiendo una función bastante compleja, de la densidad y la velocidad de su escorrentía ambas sujetas al grado de la pendiente. Si se considera que va escurrir sobre ella no sólo la cantidad de agua que rechaza sino también aquella que rechazada por toda la superficie por encima hasta la cumbre de la vertiente, se comprende que la longitud de la pendiente sea otro factor importante (RAMOS, 2001).

Cuadro 2. Pérdida de suelo para varias longitudes de pendiente.

Longitud de la pendiente Metros	Pérdida de suelo, relativa por unidad de área/ tonelada métrica
0-23	0.91
23-46	1.65
46-69	2.13
69-92	2.52
promedio 0-90	1.8

Fuente: RAMOS (2001)

Se ha dicho, al analizar los factores, que el hombre podía actuar sobre los llamados pasivos o sea el suelo, la cobertura vegetal y la topografía de manera de controlar la energía desarrollada por el agua en movimiento y evitar la erosión.

El hombre para este efecto posee una serie de alternativas entre los cuales debe escoger para aplicar lo que sea eficaz. Entre estas alternativas cuenta, por ejemplo con sistemas de manejo de suelos, control sobre los

cultivos y sistemas de explotación, estructuras para controlar el flujo de agua, construcción de terrazas, bancales, etc.

Saber cuál de estas alternativas se debe escoger, en qué medida y cuándo debe aplicarlas, es fundamental para lograr su propósito. Es posible predecir la erosión mediante la evaluación de cada uno de los factores, determinando las proporciones en que cada uno de ellos es responsable de la erosión.

2.5. La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

Ante las diversas condiciones naturales de cada región que influyen en el grado de erosión del suelo, el hombre debe hacer una elección entre los numerosos sistemas de conservación de suelos, a aplicar. La combinación específica elegida de cualquiera de las prácticas determinará el grado de control de erosión alcanzada en el campo.

Autores como WISCHMEIER y SMITH (1978), han trabajado en desarrollar una ecuación que permita predecir las pérdidas de suelo, evaluarlas matemáticamente y tener una guía de ayuda para el planeamiento de la conservación de suelos.

Al principio se tuvo una ecuación que se aplicaba en forma restringida a las zonas de investigación.

Actualmente, trabajos recientes, han conducido a una ecuación más refinada que no tiene restricciones geográficas y que es aplicable en todos los lugares donde sea posible evaluar los factores individuales.

Para su aplicación hay que tener en cuenta que cada región de terreno involucra combinaciones de condiciones dadas, las cuales modifican el grado de erosión del suelo: esto incluye el patrón local de lluvias, longitud de la estación de crecimiento, características del suelo, erosión anterior, historia del uso de la tierra y topografía.

Todos estos factores se encuentran combinados en la ecuación de pérdida de suelo que se presentan combinados en la ecuación de pérdida de suelo que se indica a continuación:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde:

A: Es el promedio anual de pérdida de suelo, en toneladas por unidad de área, puede ser computado sobre una base de probabilidades tales como una vez en dos años, una vez en cinco años u otros. Pero para esto, el factor de lluvia R debe ser calculado para igual frecuencia (Tn/ha/año).

R: Es el factor de lluvia. Es el número de unidades de índices de erosión que ocurre en un año normal de lluvias. Fue desarrollada en Lafayette, Indiana, por

WISCHMEIER (1964), quien encontró que la pérdida de suelo en campos desnudos era directamente proporcional al producto de la energía cinética total de la lluvia multiplicada por su intensidad máxima desarrollada durante 30 minutos continuos. La suma de estos productos, llamados valores EI (Índice de Erosión), para un período dado proporciona un índice de erosión numérica de las lluvias que evalúa la erosión potencial de las mismas durante ese periodo.

K: Es el factor de suelo. Viene a ser las toneladas de pérdida de suelo por unidad de área y por unidad de índice de erosión para una pendiente de dimensiones específicas (9% y 22.13 metros de largo). Puede variar con el tipo de suelo, serie y grado de erosión. Expresa la pérdida que ocurre en un campo de barbecho continuo sin la influencia del cultivo de cobertura.

Standard.

Para los efectos de la ecuación universal, el factor longitud (L) e inclinación (S), se expresa como uno solo (LS) en la ecuación y se puede calcular con la siguiente fórmula:

LS. Longitud e inclinación de la pendiente.

$$LS = (X/ 22.13)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

Donde:

X = Longitud de la pendiente en metros.

s = El factor de gradiente de pendiente en porcentaje %

m = 0.5 si la pendiente > 5 por ciento

m = 0.4 si la pendiente < 5 por ciento y >3 por ciento

m = 0.3 si la pendiente < 3 por ciento y >1 por ciento, y

$m = 0.2$ si la pendiente < 1 por ciento

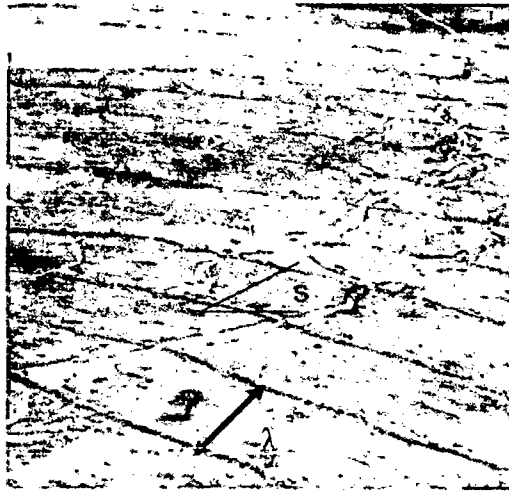


Figura 7. Factor longitud e inclinación de la pendiente.

λ . Distancia entre el origen de una eventual escorrentía hasta el punto de deposición o reconducción de la escorrentía. Distancia entre límites superior e inferior de la parcela, limitada por obstáculos a la circulación del agua o por cauces.

C: Es el factor de cultivo. Este factor combina el efecto de tipos de cultivos, rotación de los cultivos y las varias prácticas de manejo de los mismos. Es la relación esperada de pérdida de suelo entre un campo cualquiera cultivado bajo condiciones específicas y el campo en el cual el factor K ha sido evaluado.

Para que la ecuación de erosión sea aplicable dentro de un amplio rango de condiciones climáticas, debe ajustarse el valor del factor C con las variaciones de pérdidas de suelo, durante los diversos períodos de crecimiento de los cultivos siendo necesario para esto:

1. Curvas de distribución del índice de erosión durante el año.
2. Datos de periodo de cultivo.

En el cuadro 3, se muestra algunos valores para el factor C según el tipo de cobertura.

Cuadro 3. Valores de cobertura vegetal (C).

Cultivo y práctica	Media Anual del factor C
Suelo desnudo	1
Bosque o matorral denso (alto mulch)	0.001
Pradera herbácea en buenas condiciones	0.01
Pradera sobre pastoreada	0.1
Maíz, sorgo, alto rendto., laboreo convencional	0.20 – 0.55
Maíz, sorgo, alto rendto., sin laboreo convencional	0.50 – 0.90
Maíz, sorgo, bajo rendto., laboreo mínimo	0.02 – 0.10
Maíz, sorgo, alto rendto.	0.12 – 0.20
Maíz, sorgo, bajo rendto.	0.30 – 0.45
Algodón	0.40 – 0.70
Pradera herbácea	0.01 – 0.025
Soya	0.20 – 0.50
Trigo	0.10 – 0.40
Arroz	0.10 – 0.20
Cacahuete	0.30 – 0.80
Frutales con cobertura vegetal	0.01 – 0.8

Caña de azúcar	0.56
Arbolado denso	0,001- 0,003
Arbolado forestal clareado	0,003 - 0,009
Arbolado muy clareado (25-30)	0,041
Matorral con buena cobertura	0,003 - 0,013
Matorral ralo y eriales	0,20 - 0,013
Cultivos anuales y herbáceos	0,25
Pasturas	0,15
Plantas herbáceas y matorjos (100%)	0,003
Plantas herbáceas y matorjos (60%)	0,035
Cubierta escasa (60%)	0,15 - 0,09
Cubierta inapreciable	0,45

Fuente: RAMOS (2001).

P: Es la relación de pérdida de suelo entre un campo con **prácticas de control de la erosión** tales como surcos en contorno, terrazas, etc. y un campo desnudo donde se cultiva con surcos a máxima pendiente. La magnitud del suelo mediante las prácticas de control especiales mencionadas se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Factor de prácticas de conservación de suelos

prácticas de conservación	Factor P
Cultivo a nivel s = 0 – 1°	0.6
Cultivo a nivel s = 2 – 5°	0.5
Cultivo a nivel s = 6 – 7°	0.6
Cultivo a nivel s = 8 – 9°	0.7

Cultivo a nivel $s = 10 - 11^\circ$	0.8
Cultivo a nivel $s = 12 - 14^\circ$	0.9
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).

2.6. Límites de tolerancia de pérdida de suelo

Las pérdidas de suelo predichas con esta ecuación son comparadas con un grado límite pre - establecido de pérdida de suelo; para esto se necesita el concepto de la "tolerancia de pérdida de suelo". En el "Agriculture Handbook" de USDA (1965), mencionado por DOUROJEANNI (1965), se define como la cantidad máxima de pérdida de suelo que puede permitirse para que un cultivo se sostenga económicamente como indefinidamente.

KIRKBY (1984), explica que este concepto ha sido usualmente expresado en términos de promedio de pérdida de suelo por unidad de área y por año. El establecimiento de la tolerancia para suelos específicos ha sido materia de un largo juicio colectivo. Ambos factores, físicos y económicos, han sido considerados.

Para los suelos de Estados Unidos la máxima cantidad de pérdida de suelo determinada es 1.1 Kg./m²/año o también puede variar de 2 a 12 toneladas / hectárea / año. Dependiendo de las propiedades del suelo, grosor del mismo, topografía y erosión anterior. Sabiendo entonces la cantidad de suelo que se puede permitir perder en un campo es posible compararlo con los resultados de la ecuación y de este modo saber si requiere o no medidas de conservación y en que grado.

2.7. La aplicación de la ecuación en el Perú

RAMOS (2001), realizó trabajos de la elaboración de mapa de estados erosivos según el modelo USLE, en la cuenca alta media del Río Cañete. Empleando el Arc-Info, en su modo vectorial. Como sabemos el límite de erosión aceptado internacionalmente como admisible oscila en torno a los 2 – 12 Tn/ha/año. Aunque en las zonas húmedas esta cifra se puede elevar hasta los 25 Tn/ha/año.

Por encima de esta cifra no se garantiza la conservación de los suelos, ya que la destrucción es más rápida que la creación del suelo. En todos los casos, son zonas sometidas a explotación agropecuaria intensiva, a un sobre pastoreo intenso, estando ubicados en zonas muy frágiles, sumado a ello la deforestación de los árboles nativos.

Suelen estar dominadas por pendientes fuertes y presentan litologías o recubrimientos favorables al desmantelamiento erosivo. Llegando a

encontrarse el 54.24 % de la cuenca equivalente a 231,843.050 Km². (erosión crítica). En el cuadro 5, se muestra los niveles de pérdida de suelo.

Cuadro 5. Niveles de pérdida de suelo.

Tipos de erosión	Niveles de Pérdida de Suelo
Erosión baja	A < 5 Tn/ha/año
Erosión moderada	A = 5 - 25 Tn/ha/año
Erosión media	A = 25 - 50 Tn/ha/año
Erosión alta	A = 50 - 100 Tn/ha/año
Erosión muy alta	A = 100 - 200 Tn/ha/año
Erosión crítica	A > 200 Tn/ha/año

Fuente: REMIGIO (2004).

El programa de vigilancia, seguimiento y alerta temprana del estado de los recursos naturales en el ámbito del proyecto CAMISEA. Recurso Suelo, REMIGIO (2004), clasifica la erosión acorde a lo establecido por el Soil Survey Staff U.S. (1951), en:

- Clase 1: Fase ligeramente erosionada
- Clase 2: Fase moderadamente erosionada
- Clase 3: Fase severamente erosionada
- Clase 4: Tierra con cárcavas.

La erosión puede cuantificarse en cuatro niveles y se puede caracterizar de la manera que se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro 6. Niveles de pérdida de suelo (CAMISEA)

Símbolo	Intensidad	Pérdida Tn/ha/año	Descripción
			Erosión laminar imperceptible.
I	Muy ligera	< 7.41	Remoción y arrastre del 25% de la capa superficial arable (< de 5 cm.)
II	Ligera	7.41-19.77	Remoción y arrastre del 25-75% de la capa superficial arable (5-15cm.)
III	Moderada	19.77-32.13	Remoción y arrastre mayor a 75% de la capa superficial arable y parte del sub. Suelo (> de 15cm.)
IV	Severa	> 32.13	Síntomas de erosión a través de la existencia de surcos y cárcavas comunes. Remoción y arrastre de la mayor parte del perfil del suelo.

Fuente: REMIGIO (2004).

El factor R de la ecuación universal de pérdida de suelo

Se ha explicado brevemente que la erosión del suelo es un proceso mecánico que requiere energía y que la mayoría de esta energía es suministrada por la caída de las gotas de agua.

WISCHMEIER y SMITH (1978), luego de varios años de investigación, establecieron un procedimiento mediante el cual fue posible calcular, en base a registros de intensidades extraídos de pluviogramas, la magnitud de la energía de las lluvias y su relación con la pérdida de suelo.

La energía cinética es función de la masa y de la velocidad, por lo tanto para medirla es necesario conocer el tamaño y la velocidad de las gotas de lluvia y la cantidad total que cae en un tiempo determinado, además debe encontrarse un sistema adecuado para calcular la energía en las zonas donde se requiere, un procedimiento sencillo.

Energía de la lluvia y cantidad de movimiento

WISCHMEIER y SMITH (1978), analizaron la distribución del tamaño de las gotas en los datos publicados por Laws y Parson (1943), citados por KIRKBY y MORGAN (1993) y los reportes de velocidad terminal de las gotas de la lluvia proporcionados por otros investigadores. Una ecuación de regresión que describe la energía cinética de la lluvia tempestuosa, proporción de un fenómeno de precipitación pluvial se desarrolló de la siguiente manera:

$$E = 1.23 + 0.890 \text{ Log}_{10} I$$

Donde:

E= Energía cinética, en Kg. m/m² mm.

I = intensidad de la precipitación pluvial en mm. / Hora.

La intensidad del tamaño, velocidad y forma de las gotas de lluvia, la duración de la tormenta y la velocidad del viento controlan la fuerza erosiva de la precipitación pluvial, a medida que las gotas de lluvia aumentan en tamaño, su velocidad final aumentan según Gumn Y Kinzer (1949), citado por

LUQUE (1981), por consiguiente, manifiesta que el impulso o cantidad de movimiento de una gota de lluvia, que es igual a su masa por su velocidad, también aumenta rápidamente con el tamaño de las gotas de hasta aproximadamente 4 mm. de diámetro (DOUROJEANNI, 1965).

La energía cinética de la precipitación pluvial, es la energía del número total de gotas de lluvia a una intensidad determinada, se calcula a partir de la distribución del tamaño de las gotas de lluvia para una intensidad dada Hudson (1963), citado por TOSCANO (1970), han demostrado que la distribución del tamaño de las gotas de lluvia incluye una mayor proporción de gotas grandes por encima del diámetro de 4 mm.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Referencias del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en las parcelas de escorrentía, ubicado en el campo experimental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en un área de 0.6 ha; localizado en una colina media con pendiente de 30°, distante 0.6 Km. de la estación meteorológica José Abelardo Quiñónez - UNAS.

3.1.1. Lugar de ejecución

Ubicación UTM

Este : 18L 0381020

Norte : 8961052

Altitud : 660 m.s.n.m.

Zona de Vida : Bosque Sub-Tropical Pre-montano (Bost-Pm).

Según Holdridge

Ubicación política

Departamento : Huánuco.

Provincia : Leoncio Prado.

Distrito : Rupa - Rupa

Lugar : UNAS.

3.2. Historia del campo experimental

En el año 1960 los Estados Unidos realizaron trabajos de investigación en más de 8,000 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, Estación Experimental – Tingo Maria, en la actualidad es la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Se construyó un aproximado de 20 parcelas de los cuales algunos de ellas no fueron culminados.

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

Se encontró en la parcela III maní forrajero en un 5 % del área total de la parcela, y en el resto de las parcelas no se encontró ninguna cobertura establecida.

En cuanto a la cubierta vegetal se encontró 4 arbustos y pastos naturales para ganado.

3.3. Características agroecológicas de la zona

3.3.1. Clima

Las condiciones climáticas en las que se enmarca el lugar en estudio, corresponde a la zona de vida según HOLDRIDGE (1993), se define como Bosque Sub-Tropical Pre-montano (Bost-Pm). Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), que registró los parámetros climáticos en la ciudad de Tingo María, en la Estación ubicada a 0.6 Km. del campo experimental; fueron: Precipitación anual, 3,199.29 mm, con distribución unimodal, temperatura Media anual de 25.5 °C y Humedad Relativa promedio de 76.46%.

Cuadro 7. Datos climáticos de la zona en estudio, julio 2005 - enero 2006

Meses	Temperatura		Precipitación	
	Máxima.	Mínima	Humedad	Precipitación
	°C	°C	Relativa. %	Total mm.
Julio	29.4	19	83	56.2
Agosto	30.8	19.5	81	81.6
Setiembre	30.4	19.9	82	204.9
Octubre	30.1	20.2	84	259.7
Noviembre	30.1	20.6	82	208.7
Diciembre	29.4	20.7	85	553.4
Enero	29.4	20.7	85	287.3

Fuente: Estación meteorológica José Abelardo Quiñónez UNAS.

3.3.2. Suelo

Se determinó las características físicas y químicas del suelo, a través del análisis de suelo, tomando muestras representativas de acuerdo a las normas técnicas de muestreo.

Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo Maria, los mismos que fueron utilizados para determinar el factor de erodabilidad (K) de la ecuación universal. Los resultados y métodos de análisis se presentan en los cuadros: 8 y 9.

Cuadro 8. Análisis físico a diferentes profundidades.

Profundidad cm.	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura	Método
0-10	30	27	40	Arcilla	Bouyoucos
10-20	24	21	55	Arcilla	Bouyoucos
20-30	18	17	65	Arcilla	Bouyoucos
30-40	18	19	63	Arcilla	Bouyoucos

Fuente: Laboratorio de suelos UNAS.

Cuadro 9. Análisis químico de la capa arable

Fecha	Análisis químico	Resultado	Método
05/01/2006	pH	5.4	Potenciómetro
10/07/2005	Materia orgánica	4.1	Walkey y Black
05/01/2006	Materia orgánica	3.9	Walkey y Black

Fuente: Laboratorio de suelos UNAS.

Interpretación de los análisis de suelos

De acuerdo a los resultados obtenidos, de 0 a 10 cm. de profundidad presenta, una clase textural arcilloso, con materia orgánica de 3.9% que se encuentra en un rango alto Lepsch *et al*; (1982) Citado por REMIGIO (2004).

Según la textura del suelo, son arcillosos, en las diferentes profundidades, 0 -10, 10 - 20, 20 - 30, 30 - 40 cm. con relación a la permeabilidad del perfil, usando el triángulo de codificación de USDA–Soil Survery Manual, se ubica en lento (5),(Figura 17 del anexo) y el número correspondiente a la estructura del suelo según la codificación de USDA – Soil Survery Manual, es granulo muy fino a fino (< 1 mm.) codificación (1).

3.4. Duración del trabajo

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 7 meses, julio 2005 – enero 2006, para este tipo de trabajos es muy importante las intensidades máximas cada 30 minutos, para las cuales la estación José Abelardo Quiñones- UNAS, no contaba con registros, sólo posee precipitaciones diarias las mismas que nos arrojaron resultados muy alejados a los medidos en campo. Por lo que no se tomó en cuenta los meses de Julio-setiembre 2005, tomando en cuenta sólo de los meses de octubre 2005 - enero 2006, en los cuales se registraron datos de intensidades diarias; como lo recomienda WISCHMEIER y SMITH (1978), cuando se quiere trabajar con

lluvias individuales se debe usar intensidades máximas cada 30 minutos, con estos datos obtuvimos resultados cercanos a los medidos en campo.

3.5. Análisis de la información

Cuadro 10. Parámetros de evaluación en cada evento registrado.

Parámetros Evaluados	Símbolo	Características
Precipitación Total.	Pt.	Registrado en pluviógrafo
Duración del Evento.	De.	Expresado en minutos; registrado en la banda del pluviógrafo.
Magnitud de Escorrentía depositado en las cubas	Es.	Expresado en lt.
Magnitud de Infiltración.	Inf.	Medido en las parcelas de escorrentía Infiltración (It) = Pt. - Esc
Intensidades máximas 30 minutos.	I máx.	Denotado como I ₃₀ máx. expresado en mm./h
Energía cinética desarrollada por evento para cada intensidad máxima calculada	EC.	Calculado por la relación dado por Wischmeir & Smith 1958.
Índice de Erosión	EI	Kgm./m ² .mm.
Cobertura de los cultivos asociados.	Arfo.	Expresado en %
Altura de planta.	hp.	Expresado en cm.
Diferencia de nivel mediante Varillas.	Va.	Colocado al azar en toda la parcela expresado en %

3.6. Disposición experimental

3.6.1. Material en estudio

En el presente trabajo de investigación se han evaluado altura de planta y cobertura vegetal de suelo en %, en sus diferentes etapas de evolución del cultivo, que protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia a los 120, 150, 180, 210 días después de la siembra (Cuadro 20).

3.6.2. Factores y tratamientos en estudio

El presente trabajo de investigación comprende el estudio de la influencia de los cultivos asociados en la erosión hídrica en el bosque de la UNAS, haciendo uso de las prácticas de conservación de suelo (cultivo asociado y sembrados a curvas de nivel) cuyos tratamientos se indican a continuación.

Cuadro 11. Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Clave	Descripción
I	T1	Maíz – frijol chaucha
II	T2	Testigo
III	T3	Coca – maní forrajero
IV	T4	Yuca – frijol chaucha
V	T5	Pasto - erytrina

3.7. Conducción del experimento

3.7.1. En cuanto a los cultivos instalados

Cuadro 12. Descripción de los tratamientos en estudio.

BLOQUE	TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
	<i>Zea mayz</i>	Sembrado a curvas de nivel, distanciamiento entre curvas 1.0 m. y entre plantas 0.8 m. Densidad de siembra equivalente a 125 plantas/100m ² .
I	<i>Phaseolus vulgaris</i> var. <i>chaucha</i>	Sembrado a curvas de nivel, una fila de frijol dentro de los camellones de maíz con un distanciamiento entre curvas 1.0 m. Entre plantas 0.4 m. Con una densidad de siembra de 250 plantas/100m ² . Las labores culturales se realizaron cada mes, con machete. Se fumigó cada mes, tanto para hongos e insectos.
II	testigo	Suelo mantenido sin vegetación, y deshierbo con machete cada mes, hasta el final de la investigación.
III	<i>Erythroxylum coca</i>	Plantado a curvas de nivel, distanciamiento entre curvas 1.0 m, y entre plantas 0.3 m. Con una densidad de siembra 334 plantas/100m ² .
	<i>Arachis pintoy</i>	El maní forrajero ya estaba instalado, en una proporción de 5% en toda la parcela.

Las labores culturales se realizaron con machete.

IV *Manihot esculenta* Sembrado mediante estacas a curvas de nivel, distanciamiento entre curvas 1.5 m. y entre plantas 1.0 m. con una densidad de siembra de 67 plantas/100m².

Phaseolus vulgaris El frijol se sembró una fila dentro de cada camellón de las yucas, con un distanciamiento entre curvas 1 m. Y entre plantas 0.4 m. con una densidad de siembra 250 plantas/100 m².

Las labores culturales se realizaron cada mes, con machete.

Bracharia brizantha Sembrado mediante rizomas a curvas de nivel distanciamiento entre curvas 0.8 m y entre plantas 0.5 m con una densidad de siembra de 250 plantas/100m².

V

Erythrina Sp El sembrado fue mediante estaca, una sola estaca en el centro de la parcela, que sirve como sombra y aporta nutrientes al suelo.

Las labores culturales se realizaron cada mes, con machete hasta el final de la investigación.

Cuadro 13. Etapas para la evaluación de la cobertura y del grado de protección de los cultivos.

ETAPAS (Meses)	DESCRIPCIÓN
4 ^{to} mes (crecimiento y floración del frijol y maíz) octubre-2005	En esta etapa el frijol y maíz se encontró en la etapa de floración llegando a su máximo desarrollo, de área foliar y cobertura vegetal, los otros cultivos seguían incrementando su cobertura vegetal lo que se pudo notar en la disminución de la pérdida de suelo. Se realizó la cuarta evaluación el 30 de octubre, altura y cobertura vegetal.
5 ^{to} mes (maduración del fruto del frijol y maíz) noviembre-2005	En esta etapa la parcela iba disminuyendo su grado de protección al suelo al disminuir su cobertura vegetal mientras que las otras parcelas aumentaban en una proporción mínima ya que casi alcanzan su máximo desarrollo de su cobertura vegetal. Se realizó la quinta evaluación el 30 de noviembre.
6 ^{to} mes (cosecha y final de los cultivos de maíz y frijol) diciembre-2005	En esta etapa la parcela I se encontró en la etapa final del ciclo vegetativo del cultivo, disminuyendo su protección de la cobertura vegetal e incrementando la pérdida de suelo. En parcela IV no fue muy notoria la pérdida de suelo al disminuir la cobertura vegetal del frijol ya que la

yuca alcanzó su altura y cobertura vegetal máxima. Se realizó la sexta evaluación el 30 de diciembre.

7^o mes (etapa final de los cultivos de maíz y frijol) enero-2006

En esta etapa la parcela I se encontraba con los rastrojos de los cultivos (frijol y maíz) ya que los impactos de las gotas de lluvia en su mayoría caían directamente al suelo. Las otras parcelas se mantenían en su grado de protección del suelo. Se realizó la séptima evaluación el 30 de enero.

3.7.2. Evaluación de la escorrentía y la pérdida de suelo después de cada evento

La medición de las pérdidas de suelo y escurrimiento se realizó después de la ocurrencia de cada evento de precipitación, llegando a obtener el volumen de escurrimiento (lt) depositado en las cubas, determinándose por medio de las lecturas en las cubas (reservorio, tanques) graduadas, que tienen la capacidad de 1059 lt. ó 1.059 m³ cada cuba. (Foto 1 del anexo).

El total de sedimento recogido en la cuba fue determinado por la relación entre la concentración de sedimentos en suspensión en volumen de 1 litro de agua, más las partículas depositadas en el fondo de las cubas tomadas luego de cada evento, La pérdida de suelo para cada evento se determinó por

la suma del peso de los sólidos en suspensión más las partículas depositadas en el fondo de las cubas (reservorio, tanques)

La pérdida total de suelo durante el periodo de investigación, para cada tratamiento, fue igual a la suma de las pérdidas ocurridas en cada uno de los eventos de precipitación considerados.

3.8. Ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) para estimar la pérdida de suelo

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

3.8.1. Cálculo del índice de erosión (EI)

El cálculo del índice de erosión se basó en el análisis y tabulaciones de los registros pluviográficos (pluviogramas) de todas las tormentas que cayeron en la zona de investigación, ubicado a 1.6 km. de la Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones - UNAS, la cual registró precipitaciones diarias e intensidades cada segundo que fueron de mucha importancia para este tipo de estudio.

El trabajo se ha llevado a cabo siguiendo las indicaciones y el procedimiento planteado por WISCHMEIER y SMITH (1978). El cálculo del

Índice de erosión (EI) se realizó en base a los registros pluviográficos analizando cada tormenta en forma individual.

El análisis de una tormenta se ejecuto de la siguiente manera:

- Determinar las intensidades para un incremento de tiempo. (x)
- Determinar la energía para cada intensidad empleando la

ecuación:

$$Y = 0.887 \text{ Log}_{10}x + 1.214 \text{ kgm/m}^2\text{-mm.}$$

- Sumar el valor de los productos de la energía calculada para cada intensidad por el número de mm. de lluvia caídos en el respectivo período(E)
- Para hallar el valor I (máxima intensidad en 30 minutos) seleccionar del registro del pluviógrafo, el periodo de 30 minutos donde se obtiene la mayor cantidad de lluvia y luego calcular la intensidad promedio.
- Multiplicar el valor E por el valor I encontrado y dividir entre 100.

Cuadro 14. Cálculo de la energía de la lluvia en base al registro de una tormenta en un pluviograma diario.

Datos del pluviograma				Y(kg. m/m ² mm) = 0.887*log ₁₀ x + 1.214		E(kg. m./m ²)
Hora	Minutos	(h) mm.	(X) mm./hora	Log. X	Y = 0.887*Log ₁₀ X + 1.214	(Y) *(h)
18.46						
19.16	30	12.485	24.97	1.397	2.454	30.632
19.46	30	15.68	31.36	1.496	2.541	39.847
20.16	30	11.025	22.05	1.343	2.406	26.522
20.46	30	2.205	4.41	0.644	1.786	3.937
21.16	30	1.47	2.94	0.468	1.629	2.395
21.46	30	3.92	7.84	0.894	2.007	7.868
22.16	30	7.35	14.7	1.167	2.249	16.533
22.46	30	4.165	8.33	0.921	2.031	8.457
23.16	30	1.225	2.45	0.389	1.559	1.910
	270	59.525				138.103

FECHA: 01/ 14/ 06

I = Intensidad máxima en 30 minutos (19.16 a 19.46 minutos) = 31.36 mm./hora

$$EI = 138.103 * 31.36 / 100 = 43.309$$

Para el factor K se hizo una estimación del suelo, basada en sus propiedades físicas y químicas, de acuerdo a la metodología USLE, haciendo uso del Nomograma (Figura 18 del anexo) para determinar el factor K que recomienda RAMOS (2001), obteniendo un valor de 0.34.

El factor LS se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$LS = (X/ 22.13)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

Teniendo 25 m. de longitud de largo y 30° que equivale a 58 % de pendiente que nos dio un valor de 8 (adimensional) (Figura 16 del anexo)

El factor C, por evento se determinó mediante la Relación de Pérdida de Suelo. (RPS) = pérdida de suelo tratamiento. / Pérdida de suelo testigo. Usado en lugar del factor C para periodos de tiempos diferentes Mutchler (1988), citado por PEREZ y LOPEZ (2000). Los valores de RSP fueron contrastados con las estimaciones del factor C (RAMOS, 2001) basados en la cobertura proporcionada al suelo por los cultivos en sus diferentes etapas de desarrollo.

El factor P fue estimado, ya que los cultivos se realizaron a curvas de nivel y en una pendiente de 30°, que es igual a 1 (RAMOS, 2001).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la lluvia

De un total de 4 meses de evaluación del (22-10-05 a 23-01-06) se registraron un total de 39 eventos, se evaluaron 26 que equivale al (66.66 %) debido a que 13 fueron desestimados por tener menos de 1.0 cm. de altura de agua como para ser considerados erosivos. El Cuadro 16, muestra los eventos considerados erosivos, es necesario hacer notar que la mayoría de las precipitaciones ocurrieron en el mes de diciembre, totalizando 16 (41.05%) eventos, de los cuales 14 (35.89%) fueron erosivos.

4.1. Pérdida de suelo medido en campo

La pérdida de suelo medido en la parcela de esorrentía, Cuadro 15, correspondiente al tratamiento I (frijol, maíz) es dos veces menor que en el tratamiento II testigo, esto se explica por la poca cobertura desarrollada, como promedio de los 4 meses (16.74 %), mientras que la parcela II (Testigo) mostró el más alto valor de pérdida de suelo (13. Tn/ha). Este resultado corresponde a una época muy lluviosa (octubre – enero), que superó los valores admisibles de 2 a 12 Tn/ha/año, según WISCHMEIER y SMITH (1978), y según RAMOS (2001), se ubica dentro de erosión media que es de 20-50 Tn/ha/año.

Esto depende marcadamente del tipo de cobertura que se le proporciona al suelo, como para nuestro caso fue el testigo sin cultivo (parcela, II), por lo que las gotas de lluvia caen directamente al suelo ocasionando, disgregación de las partículas del suelo, compactación y sellado de los poros del suelo, dando como resultado menor infiltración y mayor escorrentía, mayor velocidad de la escorrentía y mayor arrastre de las partículas del suelo, sumándose a ello el impacto de las gotas de lluvia sobre la escorrentía superficial, esto es menos perceptible pero más dañino, por que lava la parte orgánica del suelo (PAULET, 1990).

La parcela IV, tiene un porcentaje de cubierta en promedio de 34.34 %, pero en los resultados de la pérdida de suelo medido en campo nos arroja resultados muy cercanos, comparado, con las parcelas III, y V, respectivamente, esto lo explica PAULET (1990), por que la altura de planta alcanzó 1.60 m., y amortigua mejor la energía cinética proporcionada por la velocidad de la caída de la lluvia, ya que no caen en forma perpendicular al suelo, sino con cierto grado de inclinación debido a la velocidad del viento, y como fue un cultivo de yuca, ocasiona resquebrajaduras al incrementar en volumen la raíz, esto ocasiona mayor infiltración y por ende menor pérdida de suelo como se puede ver claramente en el cuadro 15, teniendo como resultado final que las parcelas III, IV, V. presentan erosión nueve veces menor que la parcela testigo, esto es por la cobertura proporcionada al suelo.

FOURNIER (1960), menciona que es de capital importancia la cobertura vegetal proporcionada al suelo, ya que actúa directamente contra el proceso de erosión por las gotas de lluvia y esorrentía, lo que se puede ver en los diferentes resultados obtenidos en las parcelas de pérdida de suelo medidos.

Se tiene que el 53 % corresponden a la parcela testigo II, seguida por la parcela I que tiene un valor de 28 % y la parcelas III, IV, V. con valores bajos de 6, 6 y 7 % respectivamente, lo que nos permite decir que el cultivo elegido para dichas parcelas, es el apropiado.

Cuadro 15. Pérdida de suelo medido en campo.

Fecha	Pérdida de suelo Medido kg./ha				
	Parc. I	Parc. II	Parc. III	Parc. IV	Parc. V
Oct.24.05	178.992	446.537	65.911	97.304	120.922
Oct.28.05	15.130	36.180	6.298	-	15.449
Nov.10.05	245.066	605.840	121.314	110.139	167.117
Nov.16.05	174.801	230.185	98.124	90.437	135.499
Nov.20.05	240.584	1,313.225	308.159	237.792	376.100
Dic.01.05	426.833	600.903	100.533	115.004	150.948
Dic.05.05	868.551	2,085.572	246.248	187.188	215.499
Dic.07.05	80.669	130.218	3.754	6.212	4.235
Dic.09.05	22.802	42.225	6.967	6.001	9.468
Dic.14.05	530.413	1,342.470	111.157	154.384	163.152
Dic.18.05	48.898	320.516	9.523	10.122	9.127
Dic.19.05	1,045.793	1,957.728	127.252	102.984	146.206
Dic.20.05	40.511	250.947	19.574	14.076	29.531
Dic.20.05	296.304	605.947	49.082	60.595	50.245
Dic.22.05	15.900	37.058	6.070	5.810	6.433
Dic.25.05	7.253	17.968	3.334	2.466	3.132
Dic.27.05	398.011	600.375	69.023	84.053	90.880
Dic.29.05	311.227	380.324	48.677	65.950	39.908
Dic.31.05	430.887	795.825	29.833	60.441	48.297
Ene.06.06	59.994	120.601	14.424	15.847	13.823
Ene.11.06	12.628	100.169	7.256	5.662	4.804
Ene.12.06	39.350	61.485	10.320	9.657	6.831
Ene.14.06	470.411	480.516	46.798	46.900	47.216

Ene.15.06	262.970	500.852	30.827	37.967	26.072
Ene.17.06	525.780	810.324	45.137	52.498	45.065
Ene.19.06	20.637	45.057	6.757	8.551	8.073
total	6,770.40	13,913.76	1,592.35	1,588.04	1,934.03

Los valores acumulados de pérdida de suelo, en las diferentes parcelas, ya que las diferencias de pérdida de suelo son significativos, entre diferentes tratamientos (Figura 8). Obteniendo la mayor pérdida de suelo en el mes de diciembre 2005, teniendo las lluvias críticas.

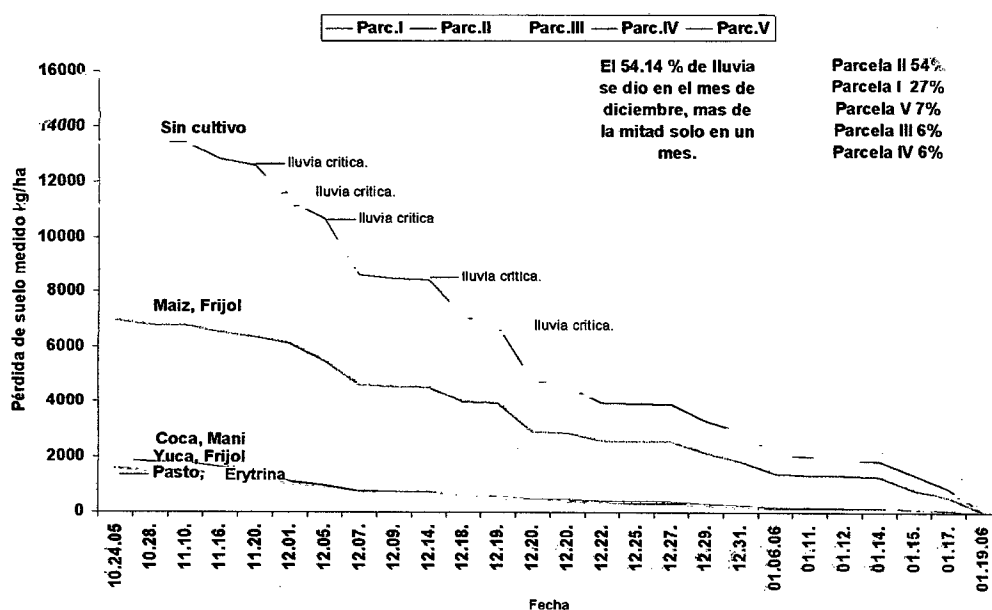


Figura 8. Pérdida de suelo acumulado para las diferentes parcelas.

4.2. Cálculo del Índice de Erosión

WISCHMEIER (1964), encontró que la mayor correlación entre la pérdida de suelo total y el valor del EI (índice de erosión) fue obtenido cuando las lluvias fueron tratadas como individuales, si eran espaciadas por lo menos cada seis horas y tenían más de 1.27cm de altura de agua. Para el presente trabajo se tomó en cuenta las lluvias mayores de 1cm de altura de agua que fueron el 66.66% del total de la lluvia caída.

Para determinar el Índice de Erosión (EI), se requiere unos seis pasos laboriosos, y un formato adecuado y solo es útil cuando se requiere trabajar con lluvias individuales, en el cuadro 14, se observa que las tormentas individuales con mayor duración no son necesariamente las de mayor poder erosivo. En el cuadro 16, una lluvia del 15 de enero de 2006, con una duración de 803 minutos desarrollo una energía de 3.196 kgm/m^2 , con una intensidad máxima de 30 minutos igual a 31.85 mm./hr dió un valor de 31.324 de Índice de Erosión (EI), mientras que el día 5 de diciembre de 2005 una lluvia de sólo 163 minutos de duración, desarrolló una energía de 173.198 kgm./m^2 , con una intensidad máxima de 30 minutos igual a 70.56 mm./hr dió un valor de 122.209 como Índice de Erosión (EI) (más de tres veces que lo anterior) mayor detalle en el (Figura 9 y 10), en cuanto a intensidades e índice de erosión.

Cuadro 16. Cálculo del Índice de Erosión.

Fecha	Altura mm.	Duración. minutos	E	I	EI	Porct. Parcial	Porct. Acum.
Oct. 24-05	54.140	424	115.578	29.40	33.980	3.467	3.470
Oct. 28-05	13.720	216	25.478	10.290	2.622	0.268	3.738
Nov. 10-05	73.255	470	166.925	27.440	45.804	4.674	8.411
Nov. 16-05	31.115	163	76.311	41.160	31.41	3.205	11.617
Nov. 20-05	63.210	400	154.623	50.470	78.038	7.963	19.580
Dic. 01-05	62.985	577	144.366	53.940	77.871	7.946	27.526
Dic. 05-05	98.735	374	240.561	50.470	121.411	12.389	39.915
Dic. 07-05	10.780	182	20.261	9.647	1.955	0.199	40.114
Dic. 09-05	16.170	349	28.282	10.780	3.049	0.311	40.425
Dic. 14-05	65.905	390	158.864	53.410	84.849	8.658	49.083
Dic. 18-05	16.660	107	19.560	7.350	1.438	0.147	49.230
Dic. 19-05	65.660	163	173.198	70.560	122.209	12.470	61.700
Dic. 20-05	33.075	306	71.230	24.500	17.451	1.781	63.481
Dic. 20-05	38.710	345	90.648	44.100	39.976	4.079	67.560
Dic. 22-05	15.435	336	27.481	10.780	2.962	0.302	67.863
Dic. 25-05	13.115	650	17.601	2.450	0.431	0.044	67.907
Dic. 27-05	61.250	406	137.627	32.830	45.183	4.611	72.517
Dic. 29-05	61.250	748	131.305	35.280	46.324	4.727	77.244
Dic. 31-05	55.125	257	134.674	45.080	60.711	6.195	83.439
Ene. 06-06	18.375	43	46.867	35.280	16.535	1.687	85.126
Ene. 11-06	11.295	196	20.089	9.310	1.870	0.191	85.317
Ene. 12-06	11.760	150	24.111	16.170	3.899	0.398	85.715

Ene. 14-06	59.525	270	138.103	31.360	43.309	4.419	90.134
Ene. 15-06	48.265	803	98.348	31.850	31.324	3.196	93.331
Ene. 17-06	60.750	755	129.252	48.000	62.041	6.331	99.661
Ene. 19-06	16.910	401	35.930	9.310	3.345	0.341	100.00
totales	1,077.180	9,481.00			979.997	100	

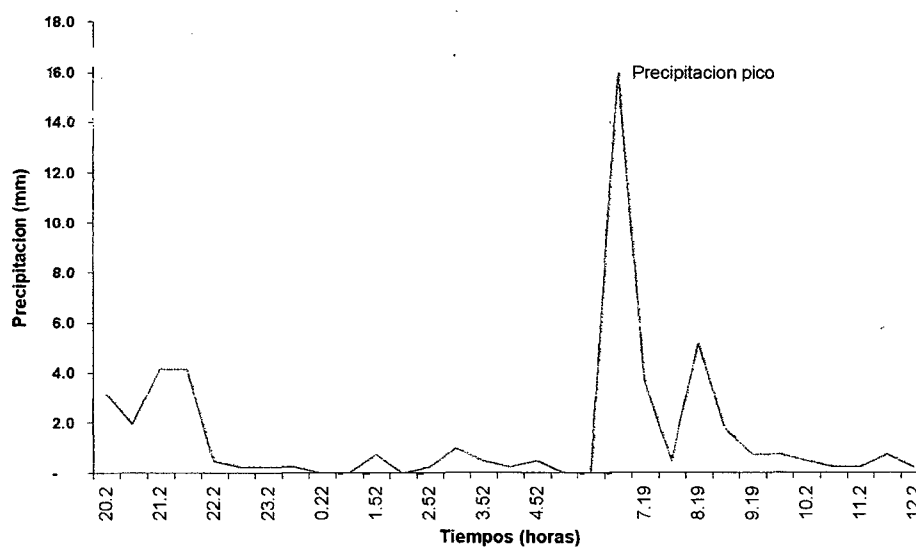


Figura 9. Tipificación de un evento con el máximo valor I_{30} .

Inicio de lluvia	01/15/06 20.22
Término de lluvia	01/16/06 12.42
Magnitud (mm)	48.265
Duración (min)	803

Hora	Intensidad	
7.19	I_{30} máxima (mm/h)	31.85
23.22	I_{30} mínima (mm/h)	0.49
	EI	31.324

La duración total del evento fue de 13.38 horas; lo que significa que las primeras 8 horas las lluvias, saturan el suelo y producen escorrentía mínima con 17.9 mm. que representa el 37%, ya que en las 5.38 horas, restantes se incrementa la altura de agua en 30.365 mm. Llegando a una intensidad máxima de 31.85 mm/hr, siendo la más dañina por que se forma una película de agua que cubre la superficie del suelo y cuando es mayor el diámetro de las gotas de lluvia, disgrega mas al suelo, ocasionando así no sólo escorrentía sino también arrastre de las partículas del suelo.

En la Figura 10. se observa la fluctuación de la magnitud desde las 20:22 horas a 12:42 horas, podemos observar, además que a este evento lo integran 8 sub - eventos los cuales alcanzan diferentes intensidades hasta llegar a un pico individual, de esta forma se puede explicar que la suma de intensidades de todo el evento podría estar influenciando en la capacidad de intercepción de las gotas de lluvia, saturando la cobertura vegetal, y acumulándose e incrementando el diámetro de las gotas de lluvia, disminuyendo la velocidad de caída al comparar con las no interceptadas, llegando así al suelo, con menor impacto erosivo,

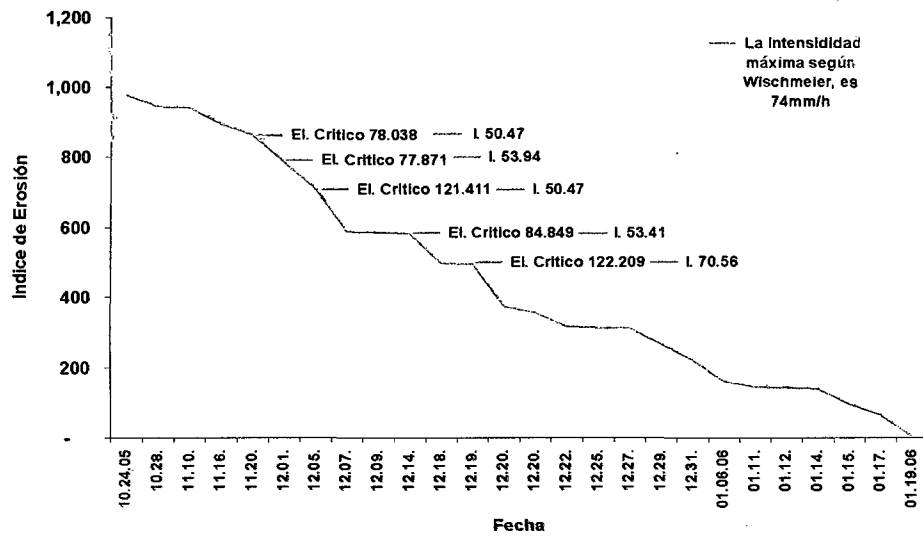


Figura 10. Porcentaje acumulado del índice de erosión.

Cuadro 17. Factor C para diferentes cultivos asociados.

Fecha	Factor C				
	Parc. I	Parc. II	Parc. III	Parc. IV	Parc. V
Oct.24.05	0.40	1.00	0.14	0.17	0.21
Oct.28.05	0.41	1.00	0.15	0.00	0.28
Nov.10.05	0.40	1.00	0.17	0.16	0.21
Nov.16.05	0.41	1.00	0.18	0.17	0.01
Nov.20.05	0.38	1.00	0.18	0.16	0.07
Dic.01.05	0.44	1.00	0.10	0.11	0.01
Dic.05.05	0.44	1.00	0.12	0.11	0.03
Dic.07.05	0.48	1.00	0.12	0.16	0.13
Dic.09.05	0.47	1.00	0.15	0.14	0.18
Dic.14.05	0.48	1.00	0.11	0.12	0.01
Dic.18.05	0.48	1.00	0.29	0.30	0.28
Dic.19.05	0.47	1.00	0.10	0.09	0.01
Dic.20.05	0.43	1.00	0.10	0.09	0.06
Dic.20.05	0.44	1.00	0.11	0.11	0.11
Dic.22.05	0.41	1.00	0.15	0.14	0.16
Dic.25.05	0.41	1.00	0.16	0.14	0.16
Dic.27.05	0.53	1.00	0.12	0.13	0.15
Dic.29.05	0.46	1.00	0.11	0.12	0.14
Dic.31.05	0.47	1.00	0.08	0.10	0.01
Ene.06.06	0.43	1.00	0.09	0.10	0.03
Ene.11.06	0.36	1.00	0.16	0.14	0.13
Ene.12.06	0.52	1.00	0.15	0.14	0.13
Ene.14.06	0.59	1.00	0.10	0.10	0.12

Ene.15.06	0.51	1.00	0.10	0.11	0.10
Ene.17.06	0.52	1.00	0.09	0.10	0.10
Ene.19.06	0.43	1.00	0.14	0.16	0.16

El cuadro 17 muestra el factor C de las diferentes parcelas, llegando a obtener mediante la relación peso de suelo tratamiento / peso de suelo testigo.

Cuadro 18. Factores que se usarón en la ecuación de USLE

Fecha	Índice de Erosión. R = EI	Factor de Cobertura = C	Factor topográfico = LS	Erodabilidad = K	Practiclas de conservación = P
Oct.24.05	33.980	0.40	25.60	0.34	1.00
Oct.28.05	2.622	0.41	25.60	0.34	1.00
Nov.10.05	45.804	0.40	25.60	0.34	1.00
Nov.16.05	31.410	0.41	25.60	0.34	1.00
Nov.20.05	78.038	0.38	25.60	0.34	1.00
Dic.01.05	77.871	0.44	25.60	0.34	1.00
Dic.05.05	121.411	0.44	25.60	0.34	1.00
Dic.07.05	1.955	0.48	25.60	0.34	1.00
Dic.09.05	3.049	0.47	25.60	0.34	1.00
Dic.14.05	84.849	0.48	25.60	0.34	1.00
Dic.18.05	1.438	0.48	25.60	0.34	1.00
Dic.19.05	122.209	0.47	25.60	0.34	1.00
Dic.20.05	17.451	0.43	25.60	0.34	1.00
Dic.20.05	39.976	0.44	25.60	0.34	1.00

Dic.22.05	2.962	0.41	25.60	0.34	1.00
Dic.25.05	0.431	0.41	25.60	0.34	1.00
Dic.27.05	45.183	0.53	25.60	0.34	1.00
Dic.29.05	46.324	0.46	25.60	0.34	1.00
Dic.31.05	60.711	0.47	25.60	0.34	1.00
Ene.06.06	16.535	0.43	25.60	0.34	1.00
Ene.11.06	1.870	0.36	25.60	0.34	1.00
Ene.12.06	3.899	0.52	25.60	0.34	1.00
Ene.14.06	43.309	0.59	25.60	0.34	1.00
Ene.15.06	31.324	0.51	25.60	0.34	1.00
Ene.17.06	62.041	0.52	25.60	0.34	1.00
Ene.19.06	3.345	0.43	25.60	0.34	1.00

En el cuadro 18 se muestran los valores de todos los factores que se usan en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), tomando como ejemplo a la parcela II (testigo)

4.3. Pérdida de suelo estimado mediante la ecuación (USLE)

Comparando la pérdida de suelo medido en campo (in situ) (cuadro 15), con la pérdida de suelo estimado (cuadro 19), según la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). Se puede ver que los resultados nos dan valores cercanos en las diferentes parcelas.

En la parcela I, se obtuvo 3.933 Tn/ha/4meses, equivalente al 25 %, mientras que en la parcela II nos dio 8.55 Tn/ha/4meses equivalente al 56 % de pérdida de suelo, en las parcelas III, IV, V. Se obtuvo como resultado 1 Tn/ha/4meses respectivamente que equivale al 6, 6 y 7 %.

La pérdida de suelo medido, cuadro 15, y estimada, cuadro 19, nos permite apreciar claramente los resultados en las diferentes parcelas, siendo mayor la pérdida de suelo medido (in-situ), frente a lo estimado según la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), nos dan valores inferiores a los medidos, esto se debe a que la (USLE) no toma en cuenta la frecuencia con que se presenta el evento, en el cuadro 15, la pérdida de suelo medido el 20/12/05 (2am.) ocasionó una pérdida de suelo de 250 Kg./ha, el mismo día empezó la lluvia a las 22 p.m., teniendo una pérdida de suelo 605.947 Kg./ha de pérdida de suelo, ya que fueron eventos con diferentes intensidades, y a su vez la primera lluvia saturó al suelo, mientras que la segunda lluvia fue más erosiva (WISCHMEIER y SMITH, 1978).

Cuadro 19. Pérdida de suelo estimado mediante la ecuación de (USLE)

Fecha	Pérdida de suelo estimado Kg./ha				
	Parc. I	Parc. II	Parc. III	Parc. IV	Parc. V
Oct.24.05	118.424	296.577	41.166	51.591	60.917
Oct.28.05	9.361	22.882	3.479	-	6.487
Nov.10.05	160.812	399.779	66.012	62.325	83.123
Nov.16.05	112.262	274.143	50.059	47.534	3.710
Nov.20.05	259.557	681.118	124.188	105.939	45.212
Dic.01.05	299.050	679.658	70.339	74.105	6.857
Dic.05.05	463.838	1,059.676	131.438	116.434	28.925
Dic.07.05	8.206	17.060	2.073	2.704	2.282
Dic.09.05	12.507	26.610	3.925	3.621	4.846
Dic.14.05	353.990	740.564	78.796	90.719	6.840
Dic.18.05	5.979	12.548	3.592	3.767	3.540
Dic.19.05	506.119	1,066.636	103.997	97.386	14.494
Dic.20.05	65.519	152.315	15.841	14.172	9.624
Dic.20.05	155.089	348.909	36.810	40.124	38.889
Dic.22.05	10.718	25.856	3.798	3.708	4.054
Dic.25.05	1.557	3.764	0.614	0.518	0.611
Dic.27.05	209.588	394.357	48.302	53.238	57.452
Dic.29.05	184.976	404.319	42.564	48.343	1.652
Dic.31.05	249.426	529.886	44.374	54.564	3.171
Ene.06.06	62.333	144.315	13.653	14.075	4.197
Ene.11.06	5.831	16.324	2.535	2.211	2.119
Ene.12.06	17.695	34.028	5.068	4.884	4.272
Ene.14.06	224.896	378.002	39.423	39.455	1.445

Ene.15.06	139.568	273.394	27.760	30.073	27.586
Ene.17.06	283.973	541.493	50.278	52.738	52.962
Ene.19.06	12.525	29.196	4.087	4.668	4.659
Total	3,933.798	8,553.410	1,014.171	1,018.895	1,159.925

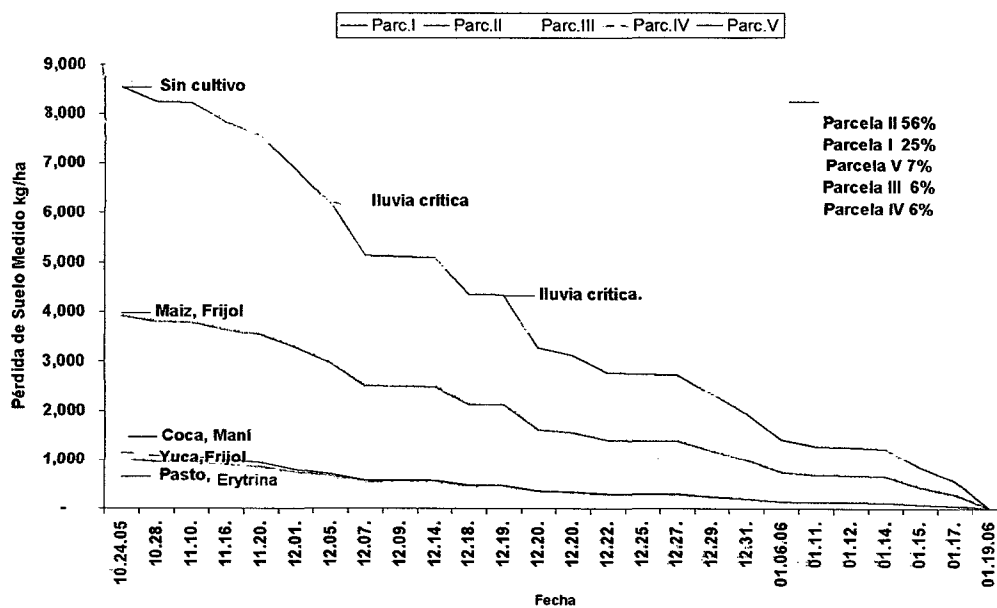


Figura 11. Pérdida de suelo acumulado mediante USLE.

4.4. Características de los cultivos

Los diferentes cultivos asociados se instalaron en el mes de julio 2005, considerando las evaluaciones a partir del cuarto mes (cuarta evaluación), como se muestra en el Cuadro 20, se presentan los valores promedio obtenidos de las mediciones de cobertura y altura de plantas de los ocho cultivos evaluados, en las diferentes etapas de desarrollo, a través de las cuales se desarrolló el estudio.

En la parcela IV (yuca, frijol), de igual manera se puede observar que disminuyó la cobertura vegetal, ya que el cultivo de frijol llegó a su etapa final en los dos últimos meses. En la parcela III (maní forrajero, coca) y V (pasto, erytrina), se puede observar muy claramente el incremento de la cobertura, por ende la protección al suelo del impacto de las gotas de lluvia. Como lo menciona FOURNIER (1960), a mayor cobertura vegetal, mayor disipación de la energía cinética, menor impacto directo de las gotas de lluvia al suelo, y menor pérdida de suelo.

Cuadro 20. Valores promedio obtenidos de las mediciones de cobertura y altura de plantas de los diferentes cultivos evaluados.

Bloque	Cultivo	Octubre		Noviembre		Diciembre		Enero	
		Cobertura. %	Altura. (cm.)	Cobertura. %	Altura. (cm.)	Cobertura. %	Altura. (cm.)	Cobertura. %	Altura. (cm.)
I	Maíz (<i>Zea Mayz</i>)	5.38	31	15.21	90.8	10.74	89.45	6.16	89.23
	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	5.16	18	11.56	25.7	7.92	19.47	4.83	15.28
II	Sin Cultivo	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	Sin Cultivo	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
III	Coca (<i>Erythroxilum coca</i>)	9.64	11	9.64	14	9.64	14	9.68	15
	Maní forrajero (<i>Arachis pintoy</i>)	22.45	7	37.65	8	54.71	8.69	66.94	8.83
IV	Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	23.69	103	26.94	143.6	27.73	155.8	27.72	162.3
	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	3.64	24	12.52	28.28	8.48	22.57	6.62	18.72
V	Pasto (<i>Brachiaria brizantha</i>)	40.62	31	60.04	52.8	68.71	98.52	73.65	105.4
	Eritrina (<i>Erytrina sp</i>)	0.48	123	1.12	147				

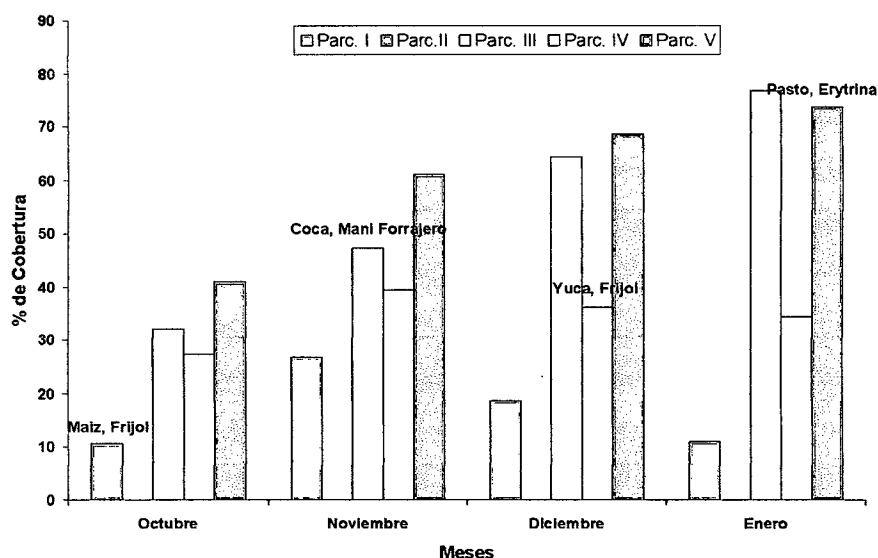


Figura 12. Valores promedio de cubierta vegetal de los cultivos asociados por parcela.

En la Figura 12 se puede observar que la parcela I (maíz, frijol) incrementó su cobertura llegando a un máximo en el mes de noviembre encontrándose en la etapa de cosecha, luego descendió en los meses de diciembre y enero ya que el ciclo vegetativo del cultivo de maíz y frijol es de 5 meses.

En la parcela IV (yuca, frijol), de igual manera se puede observar que disminuyó el área foliar ya que el cultivo de frijol llegó a su etapa final en los dos últimos meses. En la parcela III (maní, coca) y V (pasto, erytrina), se puede observar el incremento de la cobertura, por ende la protección al suelo del impacto de las gotas de lluvia. Como lo menciona FOURNIER (1960), a mayor cobertura vegetal, mayor disipación de la energía cinética, menor impacto directo de las gotas de lluvia al suelo, y menor pérdida de suelo.

4.5. Varillas instaladas en las parcelas

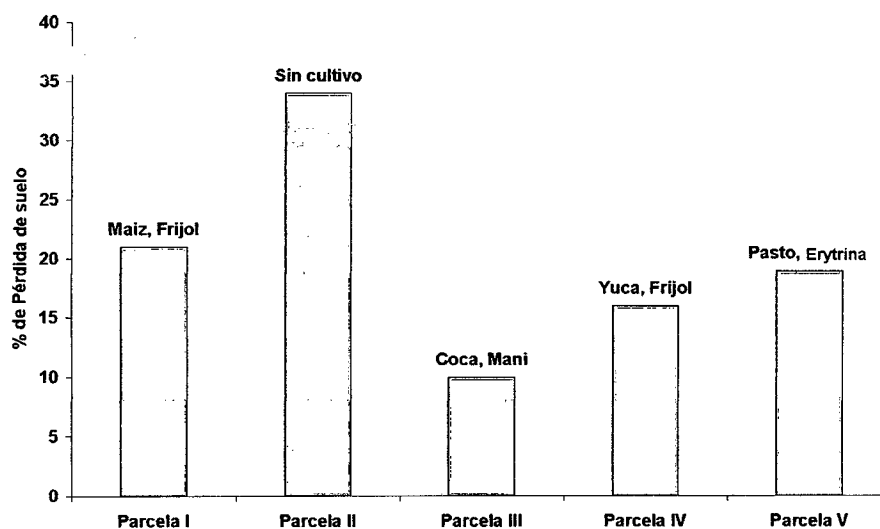


Figura 13. Valores de pérdida de suelo medido mediante varillas.

Las varillas fueron instaladas en el mes de julio 2005, dejando 15 cm. libres para luego hacer las respectivas mediciones, llegando a obtener el 30 de enero de 2006 la medida de altura de varilla, teniendo como resultado la misma tendencia en porcentaje (Figura 13), a la pérdida de suelo medido en campo y estimado. Esta pequeña variación, se debe a que la pérdida de suelo, es mayor cuando la cobertura fue pobre en las diferentes etapas de evolución de los cultivos, mientras que para el cálculo de la pérdida de suelo medida y estimada, ya se tenía un porcentaje de cobertura alta, lo que produjo que disminuya la pérdida de suelo en gran cantidad.

V. CONCLUSIONES

- Las mayores pérdidas de suelo, se dieron en la parcela sin cultivo (testigo) de 13.913 Tn/ha/4meses mientras que en las parcelas con cultivo han disminuido según la cobertura proporcionado al suelo, sin embargo en la parcela I, es dos veces menor que la parcela II, con 6.77Tn/ha/4meses, seguido por las parcelas III, IV y V. en que la pérdida de suelo es nueve veces menor que en la parcela II.

- Se determinó el índice de erosión, obteniendo 980 EI, en 9,481 minutos en los cuatro meses de trabajo de investigación.

- La aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) para la estimación de pérdidas, bajo las condiciones dadas en este estudio, resultó en valores globales de: 8.553 Tn/ha/4meses en la parcela II, seguido por la parcela I, con 3.933 Tn/ha/4meses. En las parcelas: III, IV, V. se obtuvieron valores bajos de 1.014 Tn/ha/4meses, 1.018 Tn/ha/4meses, 1.159 Tn/ha/4meses, respectivamente, valores que se aproximan a los obtenidos experimentalmente, estos valores cercanos destacan su gran utilidad, siempre que el modelo se aplique en la medida de sus alcances y limitaciones.

- Es notoria la eficiente protección ejercida en las parcelas por los diferentes cultivos asociados como son: maíz, frijol (16.74 %). coca, maní (55.09 %). yuca, frijol (34.34 %). pasto, erytrina (61.16%).

- Al medir la pérdida de suelo mediante varillas, nos arrojó resultados en porcentaje de 21, 34, 10, 16, 19 % para las parcelas I, II, III, IV, V. respectivamente, siguiendo la misma tendencia, que lo medido y estimado en cuanto al gráfico, para las diferentes parcelas.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar con este tipo de trabajo en diferentes cultivos y para diferentes fechas, por que la pérdida de suelo depende marcadamente de la cobertura proporcionada al suelo como se ve en el cuadro 15, así como su uso debe hacerse de manera sostenible.

- Cuando existen altos riesgos de erosión hídrica, como en estas zonas de montaña, de pendientes pronunciadas, es necesario trabajar con eventos individuales, ya que la intensidad es directamente proporcional a la pérdida de suelo.

- Los resultados obtenidos reafirman el hecho de que la protección al suelo, ejercida por la cobertura vegetal, depende marcadamente de su tipo, incrementando la eficiencia de la protección con la evolución del cultivo a través de sus etapas de desarrollo.

- Cuando se quiere determinar la pérdida de suelo mediante varillas, se debe hacer para periodos largos de 1 año a más, y hacer las mediciones con vernier o instrumentos de precisión (< 1 mm).

VII. ABSTRACT

The influence of the coverages in the hydric erosion in an acid ground of the forest of the.

Studies were made in run-off parcels, of the Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables, fundamentally with the purpose of characterizing the factors of the hydric erosion that affect a ground (Dystropepts), in the head of the Amazonian river basin according to the cover provided to the ground, cultures associated settled like: *Phaseolus vulgaris* Var. *Chaucha*, *Zea mays*, *Erythroxylum coca*, *Arachis pintoi*, *Manihot esculenta*, *Phaseolus vulgaris*, *Brachiaria brizantha*, *Erytrina* sp.

The period of investigation beginning the month of June 2005 – and culminated in January 2006, taking in consideration since the fourth evaluation, October 2005 - January 2006, the methodology application in WISCHMEIER y SMITH (1978), in run off parcels measured in field (in-situ), and considered by means of Universal Equation of Loss of Soil (USLE), and the means rods installed, Weather data was processed and agrologic, were made measurements after each event of rain to know the lost one ground in kg by run-off, soon it was made the comparisons between measurements in field (in-

situ) and considered of the loss of ground by means of the Universal Equation of Lost of Soil (USLE) and rods installed in the parcel.

The loss of soil by drag the run-off depends noticeably on the level of protection offered by the vegetal cover, obtaining in this investigation smaller loss of ground in the parcels III *Arachis pintoy*, *Erythroxylum coca*; IV *Manihot esculenta*, *Phaseolus vulgaris*; and V *Brachiaria brizantha* *Erytrina* sp.

with culture of (1Tn/4 months) since the effect of the aggressiveness of rain to strike in vegetable cover loses weight, and having greater loss of soil in parcel I *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*; 6 Tn/4 months, and parcel II witness (13 Tn/4 months) without culture under the conditions of conduction of these experiments, the values measured in the field corresponded approximately with the considered ones through Universal equation of the Lost one of Soil.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DUOROJEANNI, R.A. 1965. La ecuación universal de pérdida de suelo y su aplicación al planteamiento del uso de las tierras agrícolas; estudio del factor de las lluvias en el Perú. Tesis Ing. Agrícola. Universidad Agraria de la Molina. Lima, Perú.72 p.
- FOURNIER, F. 1960. Climat et Erosión. Presses Universitaires de France. Edit. Li musa, Paris, Francia. 157 p.
- HOLDRIDGE, 1993. L. R. Guía explicativa del mapa ecológico del Perú. Cap. 1, Clasificación de las zonas de vida del mundo. Lima, Perú.14 p.
- HUDSON, W. 1997. Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía. FAO – Roma. [En línea]: (FAO, <http://www.fao.org.ars/simich.pdf>, 08 Oct.1997).
- KIRKBY, M. 1984. Erosión de suelos. Edit. Limusa, SA. México, 374 p.
- KIRKBY, M. y MORGAN, R. 1993. Erosión de suelos. Trad. por Hurtado V. j. 2 Edit. Limusa, S.A. México, 368 p.

- LUQUE, A. J. 1981. Hidrología agrícola aplicada. Edit. Continental. Buenos Aires, Argentina. 362 p.
- NORMAN, D. 1996. Desarrollo del Sistema Agrícola y Conservación del Suelo. Edit. Limusa. Roma. Italia. 245 p.
- OSBORN, B. 1955. Como corroen la tierra las lluvias y los desbordamientos. Publicado en Agua, su aprovechamiento en la agricultura. Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. Edit. Limusa, México. 134 -144 p.
- PAULET, M. 1966 Bases para la sustentación de una política de Conservación de Suelos en el Perú. Biblioteca Nacional Agrícola La Molina. Edit. Trillas. Lima. Perú. 125 p.
- PEREZ, U. y LOPEZ, R. 2000. Estudio preliminar de la erosión hídrica en un inceptisol de los andes venezolanos bajo uso agrícola. Rev. Forest. Venez. [En Línea]: WORL, (http://www.world.scielo.php?script=sci_arttex&pid/.,01jun.2003).
- RAMOS, T. 2001. Modelamiento Ambiental para análisis de susceptibilidad erosiva en la cuenca media y alta del río cañete y determinación del mapa de erosión. [En Línea]: TERWI, (<http://www.terwi.lamolina.edu.pe/%7Ecramos/>., 20 Nov. 2005)
- REMIGIO, A. 2004. Programa de vigilancia, Seguimiento y alerta temprana del estado de los recursos naturales en el ámbito del proyecto CAMISEA. [En Línea]: CAMISEA,

(http://www.camisea.go.cr/organico/19.Conservacion_suelo.htm.,16
Set. 2005)

TOSCANO, R. 1970. Meteorología descriptiva y dinámica. Edit. Universitaria,
SA. México. 195 p.

VASQUEZ, A.1997.Manejo de cuencas Alto Andinas. Edit. Editril. Lima. Perú.
240 p.

WISCHMEIER, W. y SMITH, A. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses.
AGuide to Concervation Planning. Agricultural Handbook No. 537.
United States Department of Agriculture, Washington D.C., USA.

WISCHMEIER, W.1964. A rainfall erosion index for a Universal Loss Ecuation.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23. p. 246-249.

IX. ANEXO

Anexo 1. Fotos



Foto 1. Las cinco parcelas instaladas

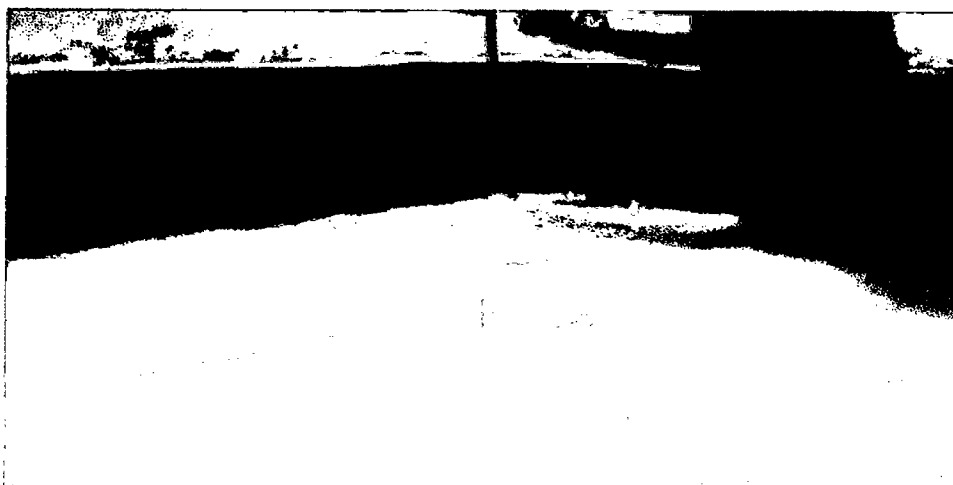


Foto 2. Medida de la altura de agua

Foto A3. Parcela I cultivo de maíz y frijol.



Foto 3. Parcela I cultivo de maíz y frijol.



Foto 4. Parcela II testigo (sin cultivo) y las varillas instaladas



Foto 5. Parcela III, maní forrajero y coca.



Foto 6. Parcela IV, yuca y frijol.



Foto 7. Parcela V, pasto y erytrina

Anexo 2. Cuadro y Características del campo experimental

Cuadro 21. Escorrentía que se produjo en las parcelas.

Fecha	Altura mm.	Escorrentía Lt.				
		Parc. I	Parc. II	Parc. III	Parc. IV	Parc. V
Oct. 24-05	54.14	3210.00	4240.00	2770.00	2380.00	2710.00
Oct. 28-05	13.72	181.55	221.81	75.65	-	60.32
Nov. 10-05	73.26	3440.00	5120.00	2495.89	1769.70	2869.86
Nov. 16-05	31.12	940.25	1889.03	624.86	700.96	664.89
Nov. 20-05	63.21	2889.64	3470.00	2500.00	2690.00	2690.00
Dic. 01-05	62.99	2304.45	3983.81	1549.43	1669.29	1498.46
Dic. 05-05	98.74	7156.02	7337.57	6974.47	6702.15	7065.24
Dic. 07-05	10.78	287.45	438.74	226.94	211.81	196.68
Dic. 09-05	16.17	337.45	587.20	143.64	159.25	118.38
Dic. 14-05	65.91	3209.93	4612.86	2072.67	2871.19	2798.87
Dic. 18-05	16.66	526.19	832.10	438.74	397.97	378.23
Dic. 19-05	65.66	3600.00	4600.00	2970.00	3158.78	3000.00
Dic. 20-05	33.08	1649.39	2051.11	1578.16	1378.28	1451.24
Dic. 20-05	38.71	2416.22	3003.25	2183.24	2005.83	2354.64
Dic. 22-05	15.44	655.99	811.65	500.74	447.62	494.85
Dic. 25-05	13.12	322.63	566.89	222.69	200.84	209.65
Dic. 27-05	61.25	2143.75	3858.75	1996.25	1831.22	1856.27
Dic. 29-05	61.25	2004.08	3368.53	1431.38	1375.53	1395.61
Dic. 31-05	55.13	1962.45	3924.47	1742.73	1853.08	1793.35
Ene. 06-06	18.38	551.29	908.54	437.74	440.79	446.27
Ene. 11-06	11.30	594.08	804.97	493.96	450.05	480.46
Ene. 12-06	11.76	606.76	863.64	480.12	556.26	506.13
Ene. 14-06	59.53	3550.28	4280.65	3160.26	3340.56	3220.29
Ene. 15-06	48.27	2280.15	2950.04	1580.67	1850.19	1660.74
Ene. 17-06	60.75	3630.03	4668.33	2840.33	2530.11	2940.18
Ene. 19-06	16.91	875.29	1029.56	579.29	635.33	538.02
total	1077.18	51325.30	70423.48	42069.85	41606.78	43398.61

Características del campo experimental.**Campo experimental de la parcela.**

- Largo. : 34 m.
- Ancho. : 29 m.
- Área total del experimento : 986 m².
- Área experimental. : 560 m².

Descripción de los elementos constitutivos del sistema receptor.

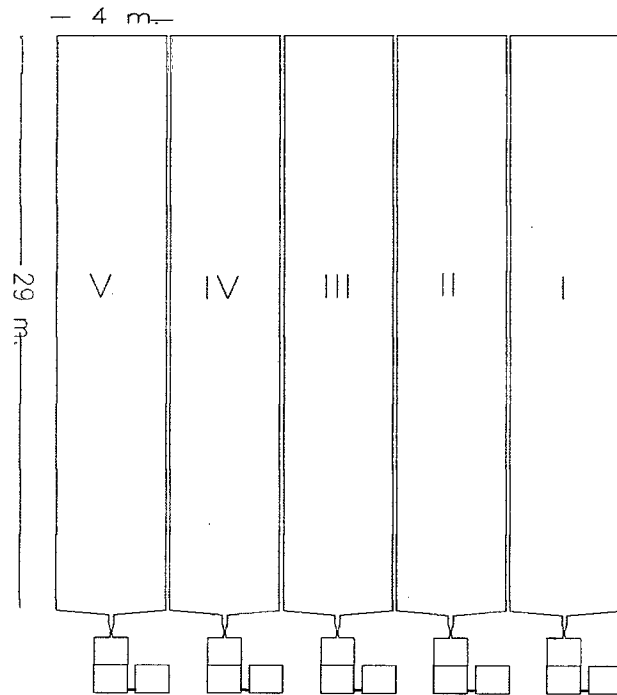
- Número de bloques. :5
- Número de tratamientos por bloque. :1
- Largo. :25 m
- Ancho. : 4m.
- Área de cada bloque : 100m².
- Área total de bloques : 500m²

Canal de conducción. (Parshall)

- Largo : 1m.
- Garganta:
- Ancho : 0.05m.
- Largo : 0.08m.

Cubas receptoras por parcela (3 cubas)

- Alto : 1.23m.
- Largo : 1.23m
- Ancho : 123m.
- Orificios de 2" de & : 6



Anexo 3. Figuras

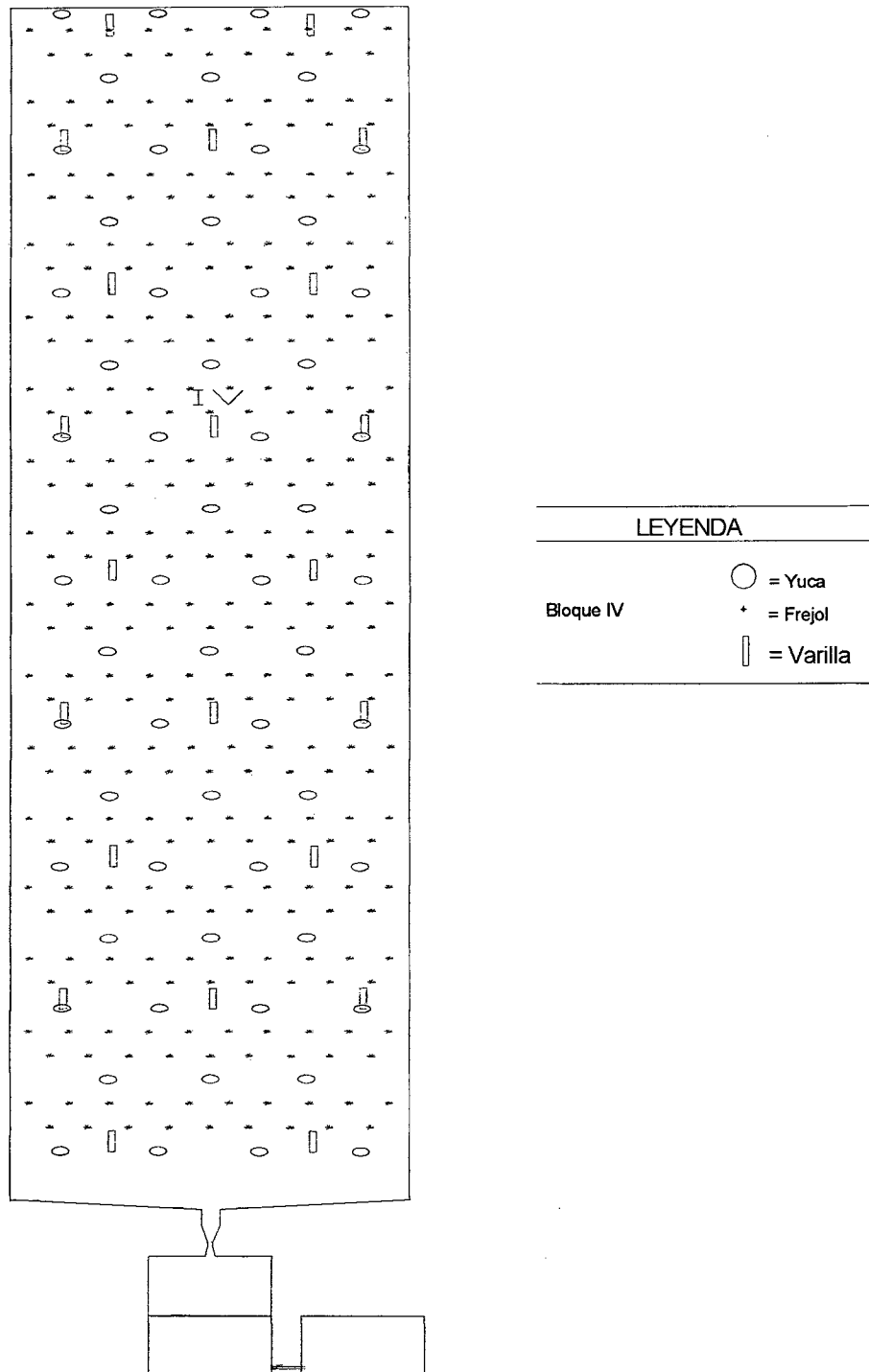


Figura 14. Detalle de una unidad experimental y las varillas instaladas.

Anexo 3. Figuras

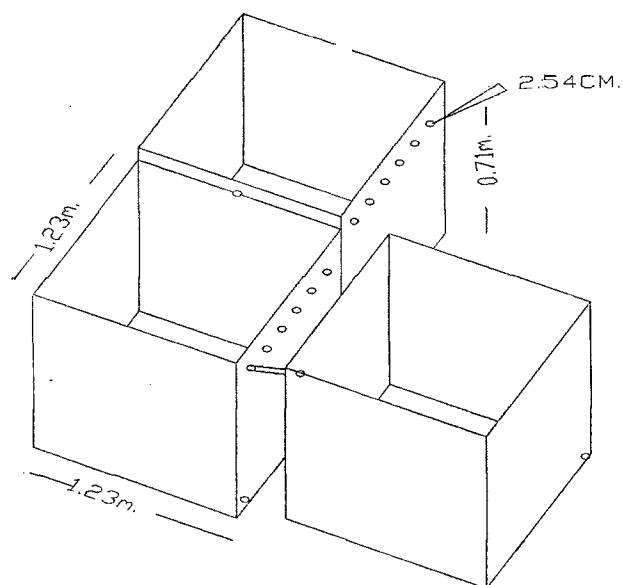


Figura 15. Medidas de las cubas receptoras.

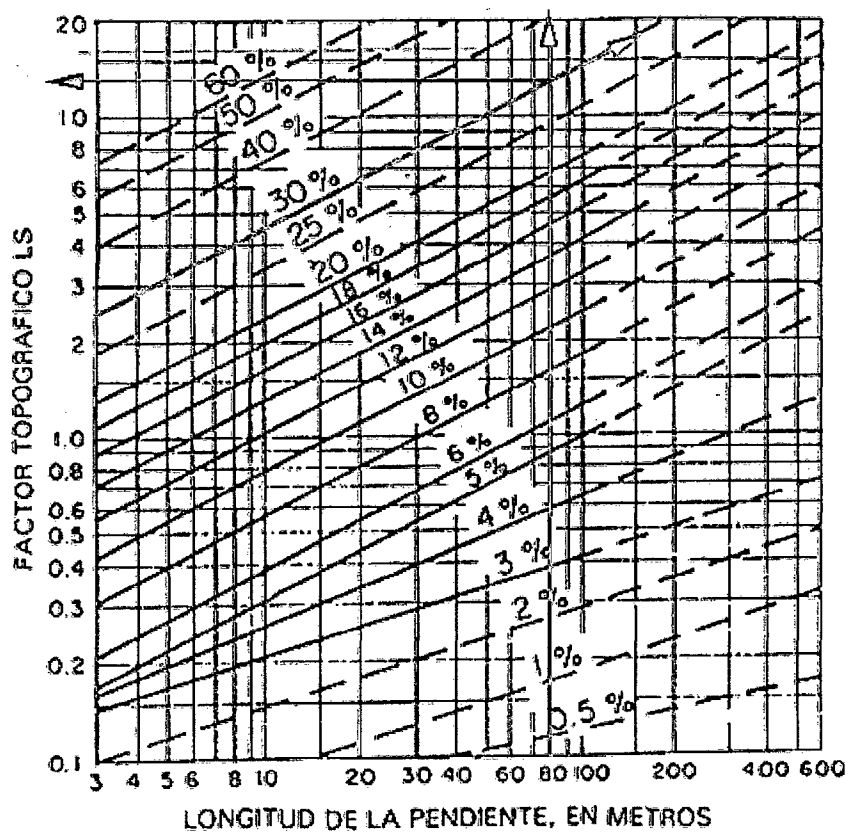


Figura 16. Factor de longitud y grado de pendiente. LS

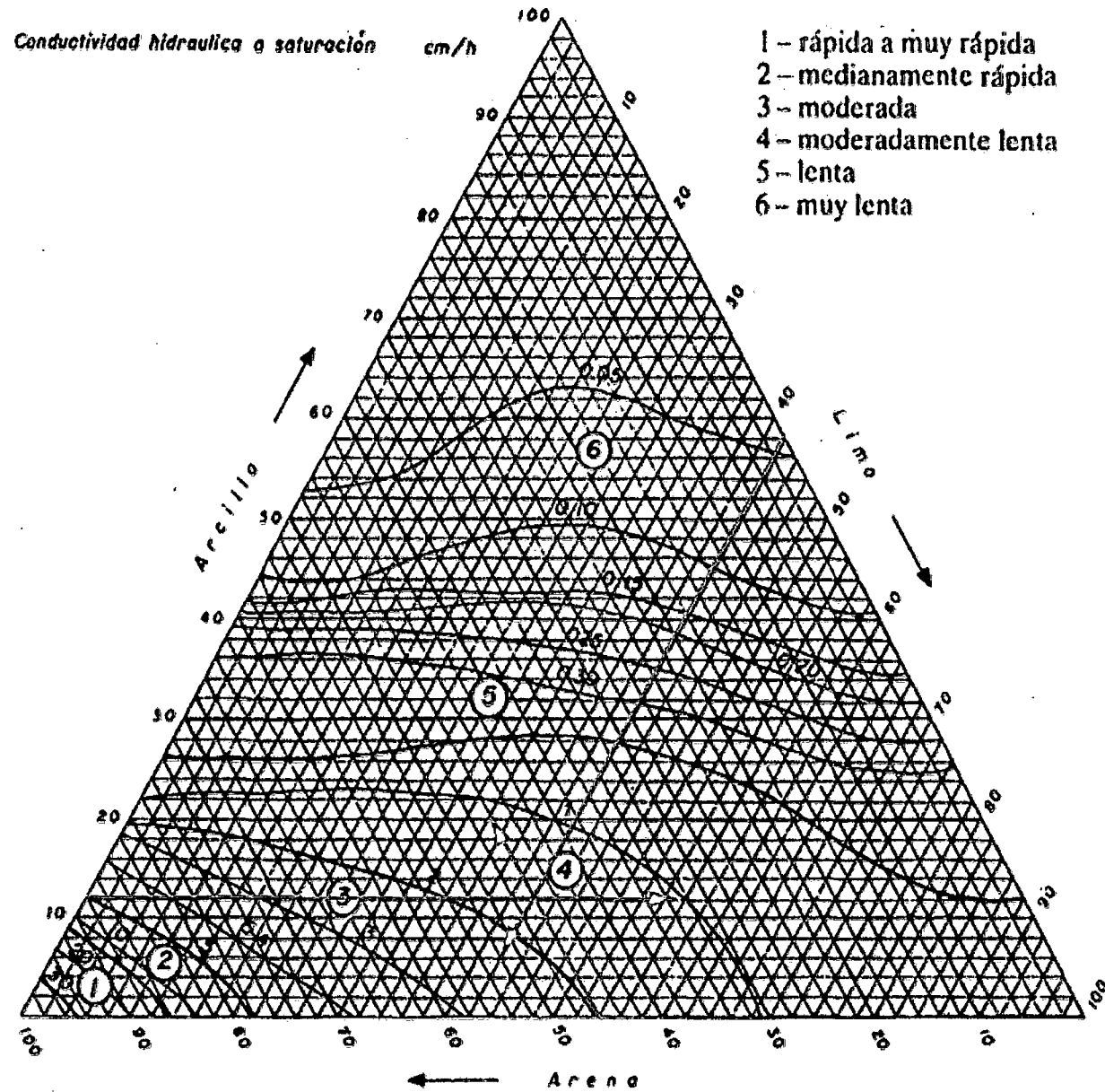


Figura 17. Triangulo para determinar la permeabilidad del suelo.

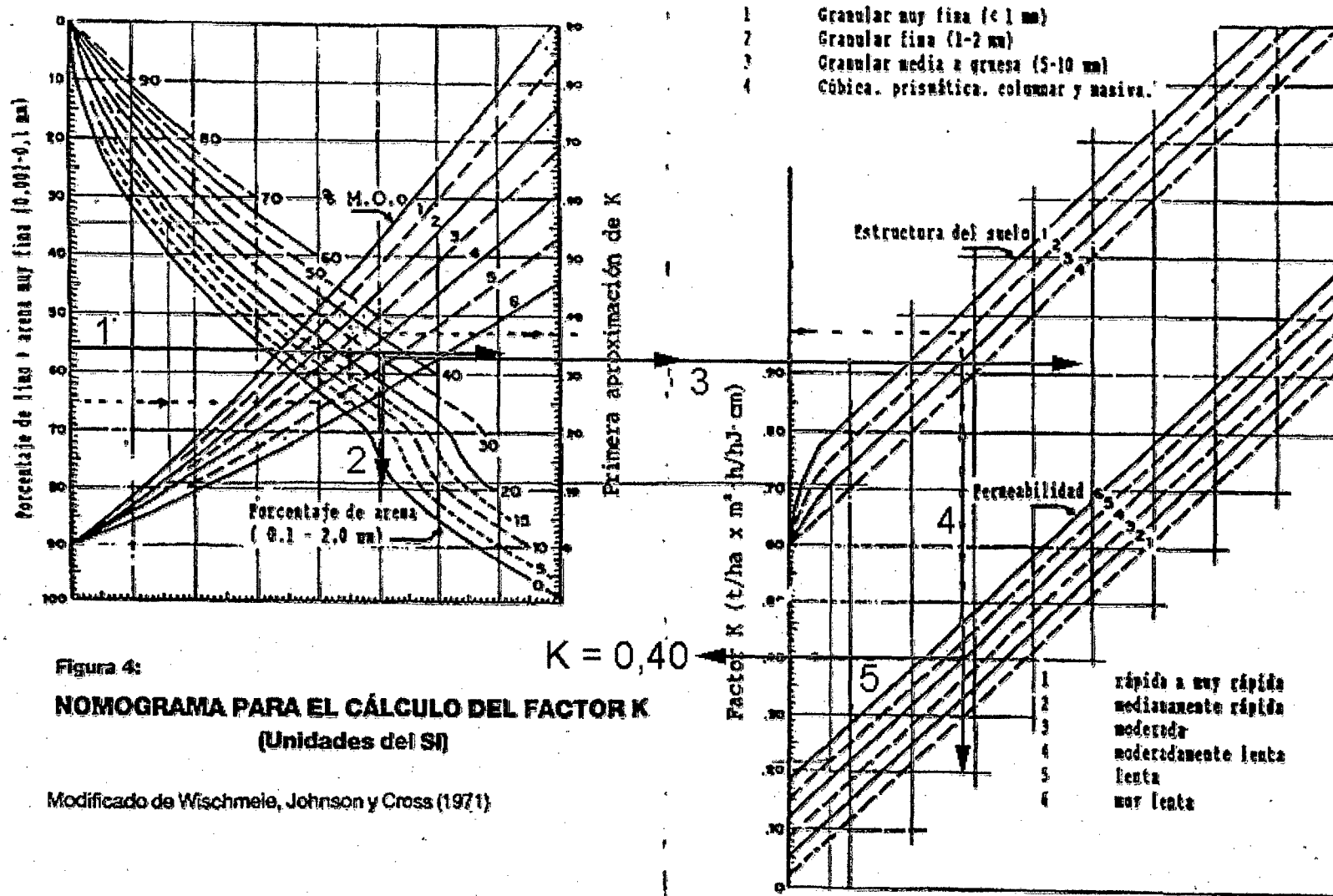


Figura 18. Nomografía para determinar el factor de erodabilidad del suelo, K Wischmeier, Jonson y Cross (1971)

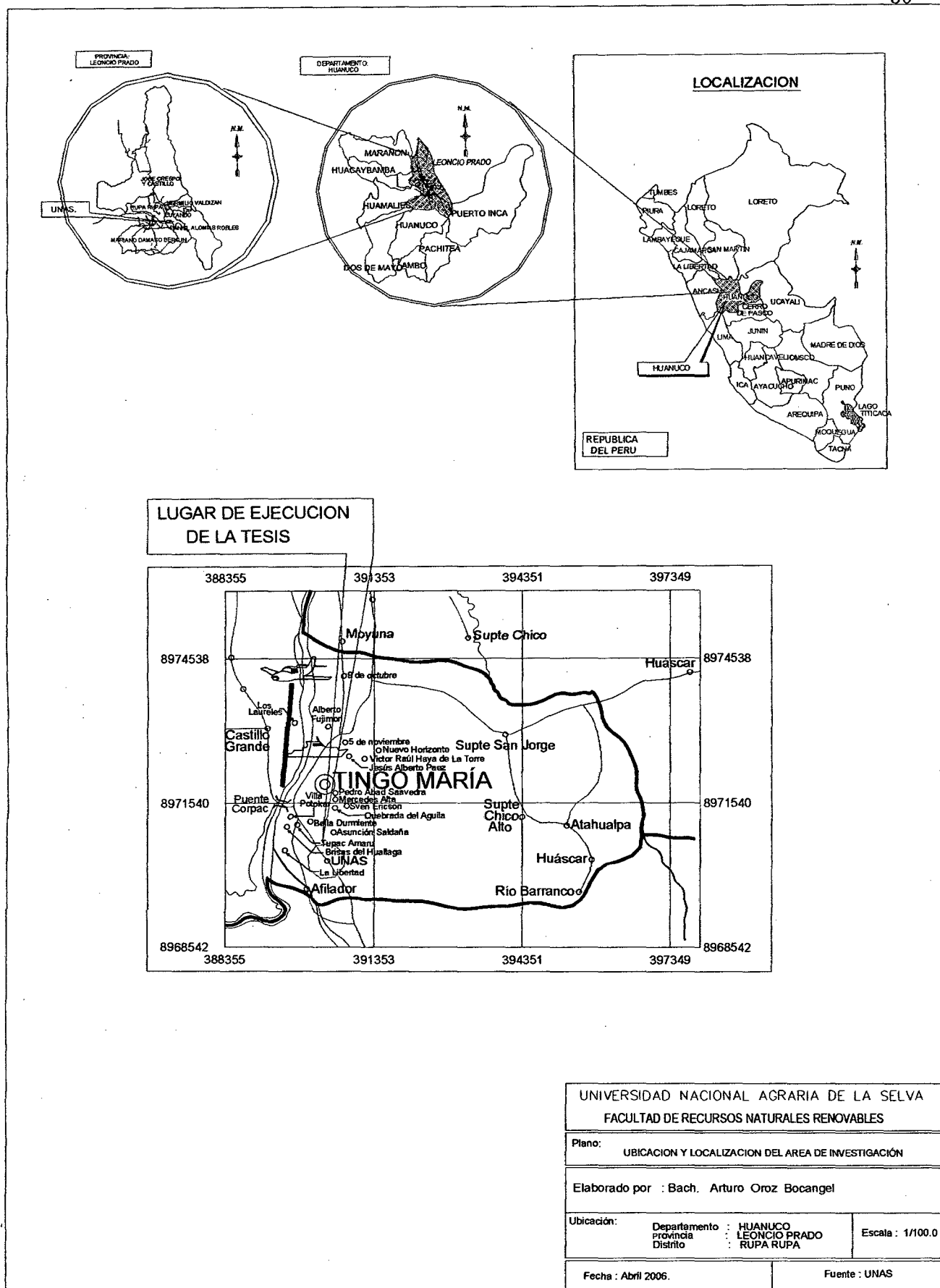


Figura 19. Mapa de ubicación de la zona de estudio.