

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
UNA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
FARENA

PRIMER DIPLOMADO EN MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS  
HIDROGRÁFICAS

TRABAJO DE DIPLOMA

*Estimación del Riesgo de Erosión de la Microcuenca Quebrada Grande ubicada en los  
municipios de Estelí y la Trinidad, Departamento de Estelí.*

Ing. Marco Zeledón Mendoza  
Ing. Fernando Mendoza Jara

Enero, 2004

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	6
III.	ÁREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA	7
3.1	<i>Características de la Microcuenca en Estudio</i>	7
3.2	<i>Metodología Aplicada</i>	13
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1	<i>Resultados sobre características morfométricas</i>	22
4.2	<i>Resultados sobre la erosión</i>	23
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25
5.1	<i>Conclusiones</i>	25
5.2	<i>Recomendaciones</i>	26
VI.	LITERATURA CITADA	27
VII.	ANEXOS	29

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo nace con la necesidad de implementar nuevas formas o métodos para estimar el riesgo de erosión en las áreas de influencia de proyectos que promueven intervenciones en comunidades con un altos niveles de degradación de sus recursos naturales. Una de estas zonas en mención, es la microcuenca Quebrada grande, ubicada dentro de la cuenca del Río La Trinidad en el departamento de Estelí. En el contexto anterior, se ha hecho uso del Sistema de Información Geográfico como una herramienta eficiente para la estimación de información relevante que pueda servir de insumo en la toma de decisiones sobre las mejores o más convenientes intervenciones que se puedan realizar en las zonas de trabajo de proyectos de desarrollo sostenibles.

En el manejo de estos ecosistemas, una de las grandes preocupaciones es el peligro de erosión que, en respuesta, han motivado numerosas investigaciones tendientes a determinar métodos para su cuantificación y posterior tratamiento.

En este estudio se propone aplicar en una microcuenca, un modelo de predicción de riesgos de **erosión actual** a través de la **integración** de un Sistema de Información Geográfica (**SIG**), posibilitando la obtención de diferentes grados de susceptibilidad a la erosión a nivel de la microcuenca.

Se toma como estudio de caso la mencionada microcuenca, porque ella cuenta con la información mínima necesaria para el trabajo, y además por que sus condiciones pueden considerarse representativas, en gran medida, de los ecosistemas de ladera de la Cuenca en estudio, además de pertenecer al área de influencia de un importante proyecto que en ella se desarrolla, considerándose este estudio como un punto de partida para futuras acciones que se planificarán estrictamente bajo el **Enfoque de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas**.

Las limitaciones del estudio están relacionadas fundamentalmente con la falta de información pluviográfica de la microcuenca debido a que la estación meteorológica del Valle de Santa Cruz ubicada en la misma, únicamente registra información pluviométrica.

Otro factor limitante fue la carencia de un mapa de estudio de suelo de la microcuenca por lo que se hizo necesario extrapolar información del Estudio de Diagnóstico del Valle de Santa Cruz , FIDER 1,995, en donde se menciona que en la parte alta (zona de pinares) se encuentran suelos de orden ultisol; en la parte media suelos de orden inceptisol y en la parte baja suelos de orden mollisol. Con base en esas características se determinaron las propiedades básicas para obtener información sobre materia orgánica, textura, estructura y permeabilidad, que se aplica a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) y la disponibilidad de la extensión RUSLE, para el cálculo del factor LS de la EUPS.

Los resultados obtenidos permitirán apoyar a los usuarios para la toma de decisiones estrictamente técnicas, en cuanto al tipo de manejo del recurso agua y suelo de las áreas con mayor riesgo.

## **JUSTIFICACIÓN**

La pérdida de tierras agrícolas debido a procesos erosivos está calculada en alrededor de 6 a 7 millones de hectáreas por año, registrándose una pérdida adicional anual de 1,5 millones de hectáreas como resultado de encharcamiento y/o inundabilidad, salinización y alcalinización (Brundtland, G.H. y Khalid, M., 1987).

La predicción de estos fenómenos puede modelarse con el uso de un **Sistema de Información Geográfica**, y representar espacialmente cuales sectores tienen mayor o menor riesgo. El análisis espacial en un SIG y los **Modelos Digitales de Terreno**, ayudan a proyectar, predecir y cuantificar éstos fenómenos y a explicar

su comportamiento, pero también ayudan a responder la pregunta de ¿qué podría suceder si este fenómeno ocurre?.

Como actores involucrados en la problemática analizada en el capítulo anterior, es interés del estudio, promover la posibilidad de un uso sostenido de los recursos suelo, agua y plantas, compatible con las necesidades socioeconómicas de los productores agrícolas asentados en ecosistemas de ladera.

Según el artículo Agricultura de precisión, incluido en la dirección electrónica e-campo.com (2001), un SIG es un conjunto de programas de computación que tiene capacidad de almacenar, organizar, analizar y presentar datos espaciales. Aquellos datos que tengan referencias geográficas, como por ejemplo densidades de insectos (N° de individuos por unidad de área), tipos de suelo, de vegetación, caminos, datos climáticos, pueden ser incorporados a un SIG para luego ser utilizados en la confección de mapas o coberturas temáticas que permitan la visualización y análisis de forma integrada de los datos originales y no como entidades individuales.

De esta definición se puede considerar esencialmente al SIG, como una tecnología aplicada a la resolución de problemas territoriales, aunque las áreas de uso práctico pueden ser muy variadas. En otras palabras, un SIG es sensible de aplicarse en cualquier área que requiera del manejo de información espacial.

## **MARCO TEORICO**

### **MODELO DIGITAL DEL TERRENO**

Un Modelo Digital de Terreno (MDT) puede definirse como una representación estadística del terreno, en forma de números digitales, por medio de un conjunto de puntos con coordenadas X, Y y Z respecto a un sistema de georeferenciación conocido (Miller y Laflamme, 1958).

Se define como riesgo de erosión o erosión actual la máxima pérdida de suelo posible en ausencia de cobertura vegetal y prácticas de conservación, es decir, considerando solo la interacción de los factores de la tierra: suelo, clima y topografía (Paez, M., 1994).

## ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DEL SUELO (EUPS)

Pueden usarse varios métodos empíricos para calcular la erosión total laminar y en surcos en un segmento de pendiente. Se mencionan tres de ellos:

1. **Ecuación Universal de Pérdida de Suelos - EUPS** (Wischmeier, W.H. y Smith, D.D., 1978).
2. **Método OnstadFoster - AOF** (Onstad, C.A. y Foster, G.R., 1975).
3. **Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelos - EUPSR**, (Renard, K.G., et al, 1991).

Todos son modelos de parámetros "agrupados" que utilizan información promedio sobre suelos, cultivos, pendiente y manejo para un segmento de pendiente. El Método AOF también permite varios segmentos con diferentes características que se combinan en una pendiente compleja, con el fin de calcular no sólo la erosión total sino también el rendimiento de sedimento.

Los modelos desarrollados hasta la fecha, han proporcionado una percepción significativa de los procesos de la erosión del suelo; sin embargo, tienen una serie de limitaciones que restringen su utilización.

Los factores que han limitado la adopción de modelos de simulación como herramientas de manejo son los siguientes:

- ✓ necesidad de ingresar una gran cantidad de datos,
- ✓ parámetros que son difíciles de medir o estimar, e
- ✓ imprecisión en el ingreso de datos.

Otro factor importante que limita la utilización de los modelos de simulación es la falta de ayuda proporcionada por los modelos para analizar los resultados simulados. Los programas complejos que se usan para estudiar la predicción de la erosión pueden proporcionar una cantidad abrumadora de datos para ser analizados aún en una Microcuenca. Un análisis completo de la simulación resultante puede requerir mucho tiempo en el caso de una cuenca no homogénea, con una pluviosidad no uniforme.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Estimar el riesgo de erosión en la microcuenca Quebrada Grande a través de la Ecuación universal de Pérdida de Suelos (EUPS)

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Diseñar e implementar un SIG para elaborar el mapa de erosión hídrica **actual** a partir de la EUPS.
  
- ✓ Utilizar un MDT para obtener el factor LS aplicado a la EUPS.



### III. AREA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA

#### 3.1. Características de la microcuenca en estudio.

##### 3.1.1 Localización.

El área de la microcuenca se ubica en los municipios de Estelí y La trinidad, departamento de Estelí, acentada en las comunidades Tomabú, Santa Cruz, Las Cuevas, Buena Vista, Los Plancitos, La concepción, entre otras (***Mapa de Localización de la Microcuenca***).

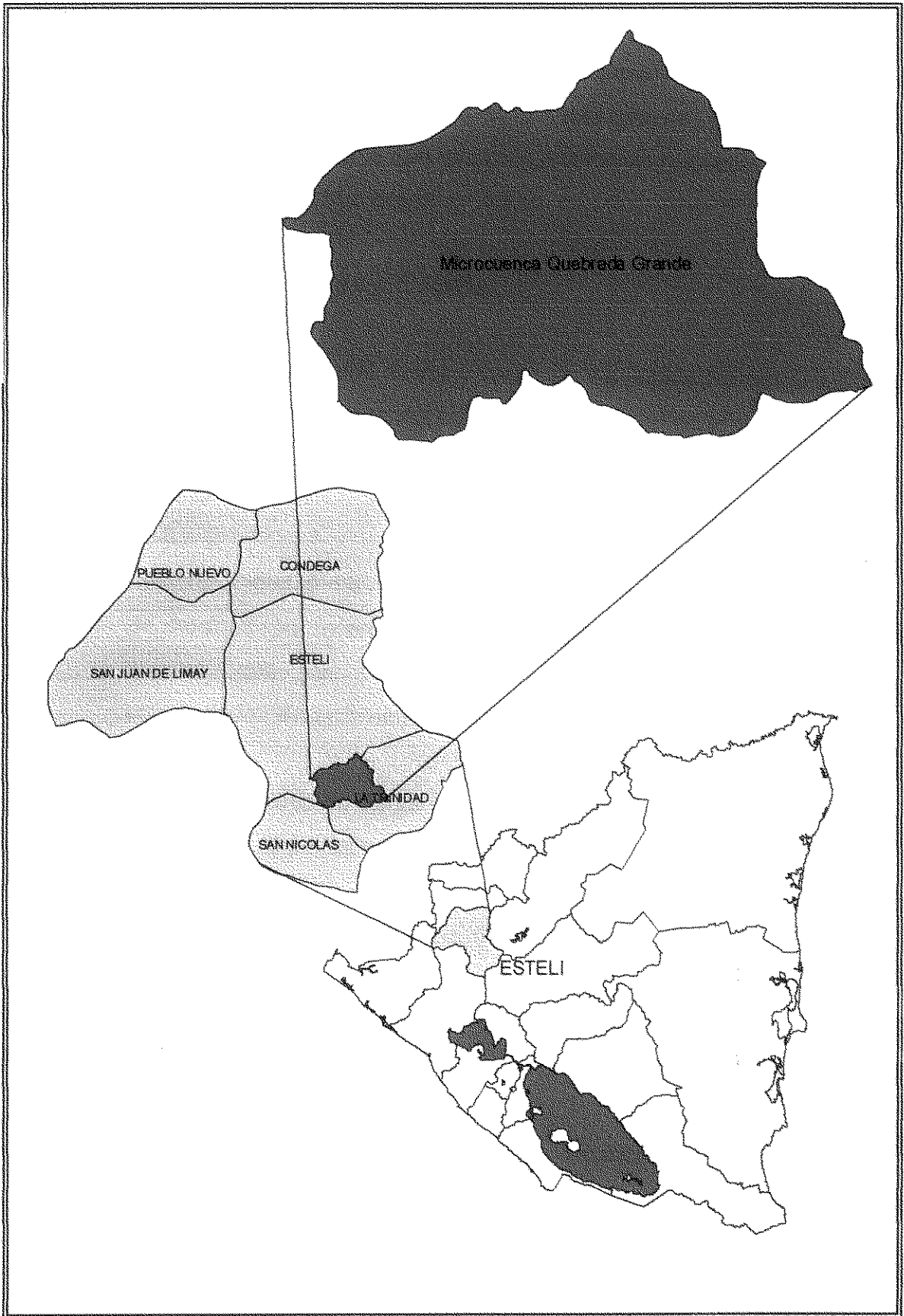
Las comunidades se localizan en un bosque seco subtropical (bs-2) según las zonas de vida de L. R. Holdrige, con una precipitación promedio anual que varía de 800 a 1200 mm y temperaturas media anual de 22 a 23<sup>0</sup>C. La zona se encuentra a una altura promedio de 900 msnm, pero con comunidades ubicadas en alturas superiores a los 1300 msnm como en el sector de Las cuevas y Tomabú.

##### 3.1.2 Tenencia y acceso a la Tierra

De acuerdo a los resultados del estudio diagnóstico realizado por el CEDIN 1999, el 72% de los beneficiarios tienen tierra propia y 27.7 % no posee tierras. Estos últimos siembran bajo diferentes modalidades en las que figuran la mediería así como otros que lo hacen en áreas de preherencia y en menor proporción el alquiler de tierras.

Las relaciones de producción en el caso de la siembra de mediería se dan de tal manera que el dueño de la tierra compra los insumos, semilla, etc. y el socio sin tierra pone la mano de obra para las labores que van desde la siembra hasta la

cosecha. Una vez levantada la cosecha la producción se divide en partes iguales, antes de la comercialización.



Del universo de productores que poseen tierras, el 74.4 % cuenta con sus títulos de propiedad y de ellos, 77.8 % lo tienen inscrito en el Registro Público de la Propiedad. Esto indica que no existe problemas relevantes de reclamos, lo que da bastante seguridad a sus propietarios.

### **3.1.3 Infraestructura y viviendas**

La infraestructura vial desde y hacia las comunidades del proyecto es bastante aceptable, si la comparamos con otras localizadas en el centro y norte del país. La mayoría de las comunidades tienen acceso tanto en época seca como en la época lluviosa.

Las comunidades del cerro Tomabú son las que tienen más problemas en su red de caminos, por lo arcilloso de sus suelos y lo escarpado de su topografía. Se constató que solo vehículos de doble tracción pueden penetrar a estas comunidades sin problemas en la época lluviosa.

Las comunidades de Santa Cruz tienen mayor accesibilidad a la carretera troncal principal, tanto por su cercanía como por la topografía plan del terreno.

Las viviendas son construidas de adobe en la mayoría de los casos, pero se pueden observar un significativo número de casas construidas de bloques de cemento. El área construida de esta vivienda rural es relativamente pequeña, si tomamos en cuenta que las familias están compuestas por seis o más integrantes.

En casi todas la comunidades existen escuelas primarias donde los menores asisten a clases. Para asistir a clase en secundaria las familias mandan a sus hijos e hijas a los núcleos poblaciones, sobre todo de Santa Cruz, La Trinidad o Estelí.

### **3.1.4 Nutrición, Higiene y Salud**

La dieta alimenticia de los productores beneficiarios del proyecto está conformada por frijol, maíz y sus derivados y en menor ocasiones consumen arroz como es costumbre en el área urbana. Las familias ocasionalmente consumen carne de res, pollo, huevos y aunque cultivan hortalizas, muy poco incorporan las verduras y legumbres a su dieta; las frutas tampoco forman parte de su dieta diaria.

Las enfermedades más comunes son las de las vías respiratorias con un 52 %, la diarrea con un 23 % y la quebradora con un 14 %. El resto de enfermedades son un gran parte producto de la edad, tales como Reumatismo, Presión Arterial y otras no definidas; recordemos que el 65.8 % de los beneficiarios es mayor de 40 años.

### **3.1.5 Uso actual y uso potencial de los suelos**

Para el análisis entre el uso potencial y actual de los suelos de las comunidades del proyecto, nos hemos basado en las normas establecidas por el US Bord of Reclamation Land Classification, citado por la Dirección de Planificación Sectorial del MAG (1977) y en los levantamiento básicos de suelos efectuados en el país. Basados en estos parámetros, los suelos se clasifican en: suelos adecuados para cultivos anuales, para cultivos permanentes para pastos, para bosques.

Los **cultivos anuales** más generalizados en las comunidades objeto del estudio son: los granos básicos (maíz, frijol, sorgo – millón), siendo el frijol el cultivo económicamente más importante para los productores, considerando que sus rendimientos superan la media nacional (sobre toda en primera) y sus precios son competitivos en relación a los otros granos básicos.

Las áreas de **cultivos permanentes** no son significativas, aunque en ciertas comunidades se pudieron observar algunos patios sembrados con cítricos, mango y aguacate.

### ***3.1.6 Recurso Bosque***

Los bosques de la zona han sido diezmados se estima que durante los últimos 50 años en parte por la presión que se ejerce sobre la tierra para fines agrícolas y sobre todo ganaderos. La situación es generalizada tanto en sector de la Cuenca del Cerro Tomabú como en el Valle de Santa Cruz, siendo más grave aún en este último sector donde la población hasta tiene que comprar la leña para cocinar.

Hay que recordar que la única fuente de energía calórica que disponen los campesinos del país para la elaboración de sus alimentos y el de su familia es la leña y el carbón que sale de los pocos bosques que aún quedan en la zona. Algunos bosques también son utilizados para manera de construcción, tal es el caso de los bosques de coníferas.

### ***3.1.7 Ingresos Económicos Familiares***

La casi totalidad de las familias de las comunidades de Santa Cruz y Cerro Tomabú obtienen sus ingresos monetarios de la producción agropecuaria, principalmente la producción de granos básicos y ganado menor. Aún los productores sin tierra logran producir y obtener ingresos a través de la mediería.

Los productores comercializan sus productos agropecuarios de manera individual, no existiendo expresiones organizativas en las comunidades que fomenten iniciativas de comercialización grupal o conjunta.

## **3.2. METODOLOGÍA APLICADA**

### **3.2.1. Fuentes de información**

La información básica para la elaboración del presente trabajo, fue proporcionada por INETER, principalmente de la estación meteorológica de San Isidro Barbacoa código 69029 en relación a las intensidades máximas anuales de precipitación (mm)

Con información del MAGFOR se logró determinar el mapa de cobertura de las comunidades de la microcuenca y finalmente con el Estudio de Línea de base del Proyecto de Rehabilitación Agrícola se determinó los tipos de suelos existentes.

Adicionalmente se utilizó en el presente trabajo, información del estudio del Centro de Desarrollo Integral Nicaragüense CEDIN en relación al Diagnóstico Socioeconómico en comunidades de influencia de proyecto PL-480, ejecutado por la Fundación de Investigación y Desarrollo Rural (FIDER) teniendo valiosa información sobre aspectos socioeconómicos de la microcuenca.

Se realizó el trabajo de campo con el fin de extraer información sobre: a) levantamientos con GPS para determinar puntos de cima; b) observaciones directas para ajuste de límites de microcuenca, así como verificar la cobertura vegetal actual; c) conocer los sistemas de producción agropecuarios practicados.

Se utilizó adicionalmente, información de instituciones especializadas como el INETER, MAGFOR y FIDER, con el fin de complementar la información temática faltante.

### 3.2.2. Metodología temática. Cálculo de pérdida de suelo

Se decidió aplicar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS) ideado por Wischmeier y Smith (1978), ya que aunque no tiene la precisión de otros modelos existentes, cuando se trabaja a nivel de cuencas, es el que mejor se adapta a un análisis a nivel de la escala utilizada y fundamentalmente por que recoge los principales parámetros físicos causantes de la erosión hídrica y presenta una menor complejidad en su aplicación.

La EUPS en tal sentido, está compuesta por la multiplicación de 6 factores que representan la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie y unidad de tiempo (A), y está expresada en la siguiente fórmula:

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

Donde:

*A* = Cantidad de suelo perdido, ton/ha/año

*R* = Factor de Erosividad de la lluvia y escurrimiento más el riego, en Mj/ha/año  
(Megajulios/hectárea/año)

*K* = Factor de Erodabilidad del suelo, en ton/ha

*L* = Factor longitud de la pendiente (adimensional)

*S* = Grado de la pendiente (adimensional)

*C* = Factor de cobertura del suelo (adimensional)

*P* = Prácticas de conservación realizadas por el hombre (adimensional)

En este trabajo no se consideró el factor P, ya que se asume que en la zona estudiada no existen prácticas de conservación de ningún tipo.

El valor de pérdida de suelo (A) obtenido y expresado en ton/ha/año en el sistema internacional, es un indicador ambiental de extrema utilidad, ya que permite



comparar diferentes zonas y realizar estudios temporales dentro de una zona determinada, y en definitiva, predecir y conocer la evolución del fenómeno de la erosión hídrica.

Para este cálculo se distinguen dos tipos de información que dependen de su evolución en el tiempo; por una parte, la información sin variación (estática) que son las correspondientes al relieve del terreno (**LS**) y la que describe las características de los suelos (**K**), ya que sus dinámicas temporales son lo suficientemente lentas como para experimentar cambios considerables en períodos más o menos cortos de tiempo. Por otra parte, la información meteorológica (**R**) y la de usos y coberturas vegetales del suelo (**C**), que son consideradas como dinámicas en el tiempo, especialmente la primera, que presenta cambios temporales y espaciales muy frecuentes (Rodríguez, M. y Sánchez, J.D., 1995).

### **3.2.2.1. Cálculo del Factor R por lluvia**

Este factor se define como la suma del producto de la energía cinética total y la intensidad máxima en treinta minutos por evento y presenta un doble efecto. Por un lado, produce desprendimientos de partículas de suelo debido al impacto de las gotas de lluvia, y por otra parte, produce el taponamiento de los poros del suelo que incide en el incremento de la escorrentía y por tanto, en la erosión. A este producto también se le conoce como Índice de Riesgo de Erosión o de Wischmeier.

Para determinar este factor de acuerdo a la EUPS, se tienen en cuenta las siguientes variables:

$$R = ET * I_{30} * 0.001$$

Donde:

$R$  = Factor de Erosividad de la lluvia y escurrimiento más el riego, en Mj/ha/año

$ET$  = Energía cinética total

$$ET = (Enj * Apj) J/m^2$$

Siendo:

$Enj$  = Energía cinética en cada intervalo de lluvia

$Apj$  = Precipitación caída en cada intervalo de lluvia

$$R = 8.95 + (8.44 * \text{Log}(Ij))$$

Donde:

$Ij$  = Intensidad de la lluvia en el intervalo  $j$ . En este caso  $j = 30$  min

Para la espacialización de la erosividad de la lluvia fue necesario definir una zona homogéneas en relación con el parámetro de intensidad de lluvia. Para ello, se utilizaron datos de la Estación Meteorológica de San Isidro Barbacoa, que se consideró representativa para toda la microcuenca con información promedio del período de 1971 hasta el año 2002.

Los resultados obtenidos se muestran en el anexo "Mapa de Erosividad de la lluvia".

### 3.2.2.2. Cálculo del Factor K

Este factor representa la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica. Su valor depende de la materia orgánica presente en el suelo, textura superficial, estructura y permeabilidad, siendo su medición muy costosa y complicada. Un grupo de investigadores conformado por Barnett, Diseker, Richardson y Rogers (1966),

citado por Achurry y Ochoa (2000) desarrollaron la siguiente expresión para estimar el factor K:

$$K = \frac{2.1 * M^{1.14} * 10^{-4} * (12 - a) + 1.25 * (b - 2) + 2.5 * (c - 3)}{100}$$

Donde:

**K** = Factor de Erodabilidad del suelo, en ton/ha

**M** = Tamaño de la partícula = (%limo + %arena) \* 100 - %arcilla

**a** = % de Materia orgánica

**b** = Estructura del suelo: código que está en función de la estructura del suelo

- 1 = Granular muy fina
- 2 = Granular fina
- 3 = Granular media a gruesa
- 4 = Masiva o de bloque

**c** = Clase de permeabilidad del perfil

- 1 = Rápida
- 2 = Moderada a rápida
- 3 = Moderada
- 4 = Moderada a lenta
- 5 = Lenta
- 6 = Muy lenta

Luego para llevar al sistema métrico el valor de K se multiplica por 1.292, que equivale a la condición de parcela estándar (22.13 m y 9 % de pendiente).

Como se mencionó anteriormente se hizo uso el conocimiento de los ordenes de suelo y sus propiedades físicas, los valores resultantes permitieron originar el mapa de erodabilidad del suelo (factor K) cuya espacialización en la microcuenca, se observa en el anexo "Mapa Erodabilidad del Suelo".

### 3.2.2.3. Cálculo del Factor L y S

El efecto de la topografía sobre la erosión está representado por los valores de longitud de la pendiente (**L**) y grado de pendiente (**S**). La longitud L, se define como la distancia desde el punto de origen de escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente al grado de que se presente sedimentación de suelo erosionado, o bien, hasta el punto donde el escurrimiento encuentra un canal de salida bien definido. Por su parte, el grado de erosión también depende de la pendiente, por lo que con relación a una parcela de 22.3 m de longitud, ambos factores se pueden unir en uno solo a través de la ecuación adimensional:

$$LS = (x / 22.13)^m (0.065 + 0.45 s + 0.0065 s^2)$$

Donde:

$x$  = longitud de la pendiente, en m

$m$  = exponente que depende del grado de pendiente

$s$  = pendiente del terreno, en %

Para el cálculo de éstos factores se han realizado ajustes debido a que la ecuación de Wischmeier y Smith no considera pendientes mayores al 10%. Para el caso presente, se estimó el factor LS a través de interacciones sobre el MDT.

Una limitación de los modelos de erosión de suelos de la EUPS y EUPSR a escalas regionales, ha sido la dificultad de obtener el factor LS adecuado para el empleo en las aplicaciones en SIG.

En regiones montañosas, el empleo de la EUPS o EUPSR ha sido obstaculizado por la carencia de estimaciones confiables de los factores R (Intensidad de precipitación) y LS. Para la planificación a nivel de finca, el factor LS es, por lo

general, estimado tomando medidas en el terreno, tanto de la longitud y grado de pendiente; medidas que implican mucha mano de obra y no son adecuadas para el cálculo de estos factores a escala regional (cuenca).

Para ayudar a resolver estas dificultades, Van Remondel y otros (2001) desarrollaron un procedimiento que permite realizar el cálculo del factor LS en Ecología de Paisaje. La elaboración de este procedimiento implica la generación de algoritmos y tratamientos de puntos altos, áreas planas, roturas de inclinación y otros criterios específicos de la pendiente. Debido a que la zona de estudio presenta fuertes pendientes y elevaciones altas, se ha seguido ésta metodología para el cálculo de dicho factor.

La metodología utilizada plantea como primer paso la generación de un MDT en formato GRID, creado en ArcView con una resolución de 5m (Mapa 3, Anexo A). Los pasos intermedios para su obtención incluyen cálculos de coberturas de dirección de flujo, acumulación de flujo, factor L y factor S.

La espacialización del factor LS se muestra en el anexo "Mapa Longitud y gradiente de la Pendiente".

#### **3.2.2.4. Cálculo del Factor C**

Es el aspecto protector del suelo concerniente a la vegetación, y los valores que toman varían en función de la clase y calidad de ésta cobertura (facilidad de transformación de la cubierta vegetal y de sus distintas fases de desarrollo), oscilando sus valores desde un mínimo de 0.001 para las cubiertas forestales más densas, hasta un valor de 1 para el suelo descubierto. Los valores utilizados son los propuestos por el Soil Conservation Service (SCS).

En las zonas de vegetación natural, C se mantiene relativamente constante durante el año, contrariamente a lo que ocurre en las tierras dedicadas a uso agrícola intensivo.

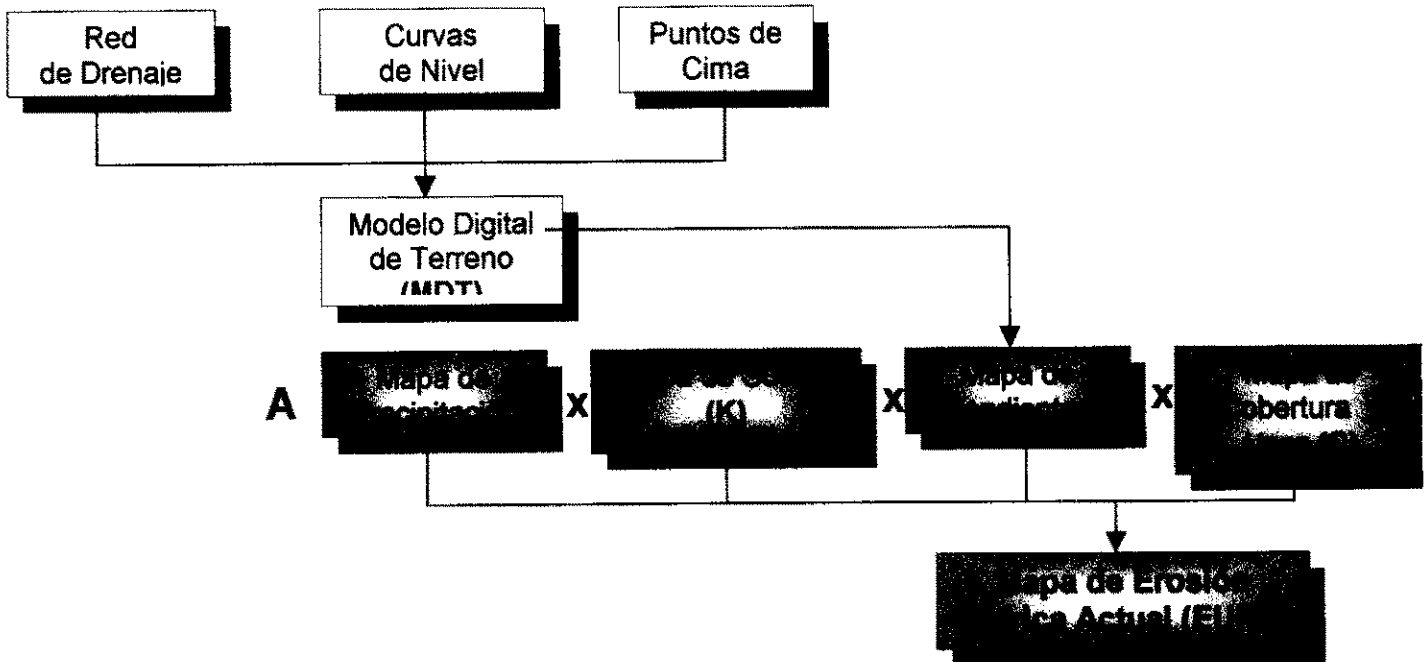
Los resultados obtenidos del factor C se presentan espacializados en el anexo "Mapa Protección de la Cubierta Vegetal"(Mapa 5 del anexo A)

Se ha efectuado a partir de los siguientes criterios y partiendo de distinta información básica:

- ✓ Se tomó como referencia la cartografía de cobertura vegetal (especies dominantes) y usos más recientes realizada por el MAG-FOR, 2001.
- ✓ Se ha analizado la protección por cobertura vegetal con base en observaciones y comprobaciones directas en campo para los diferentes tipos de uso en la microcuenca.
- ✓ Se utilizó una Imagen de satélite Lansat TM del año 2002 para mejorar la precisión de los valores

### **3.2.3 Diseño SIG**

Luego de entender el fenómeno de la erosión actual, se ideó un modelo conceptual que contempla los factores que intervienen en la predicción de este fenómeno. Para ello, se definieron las coberturas y sus respectivos valores, además de las relaciones existentes entre ellas, de acuerdo con los objetivos propuestos en el trabajo. El detalle del modelo conceptual que se empleó se aprecia en la figura 1.



**Figura 1.** Modelo conceptual para predicción de erosión potencial por riego

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como resultado de la implementación del SIG como una herramienta para calcular algunas características físicas de la microcuenca en estudio, se logró estimar la siguiente información:

### **4.1 Resultados sobre características morfométricas**

- **Sobre el área, perímetro y forma de la microcuenca**

1. El área total de la microcuenca es de 65.90 km<sup>2</sup>
2. El perímetro de la microcuenca es de 40,134.47 m.
3. Forma 1.38 equivalente al tipo redonda.

- **Sobre la red de drenajes**

1. Densidad de drenaje 1.20
2. Longitud total de la red 79.06 km
3. Cauce principal 16.69 km
4. Tributarios 40.61 km
5. Afluentes 21.76 km

- **Sobre las curvas a nivel**

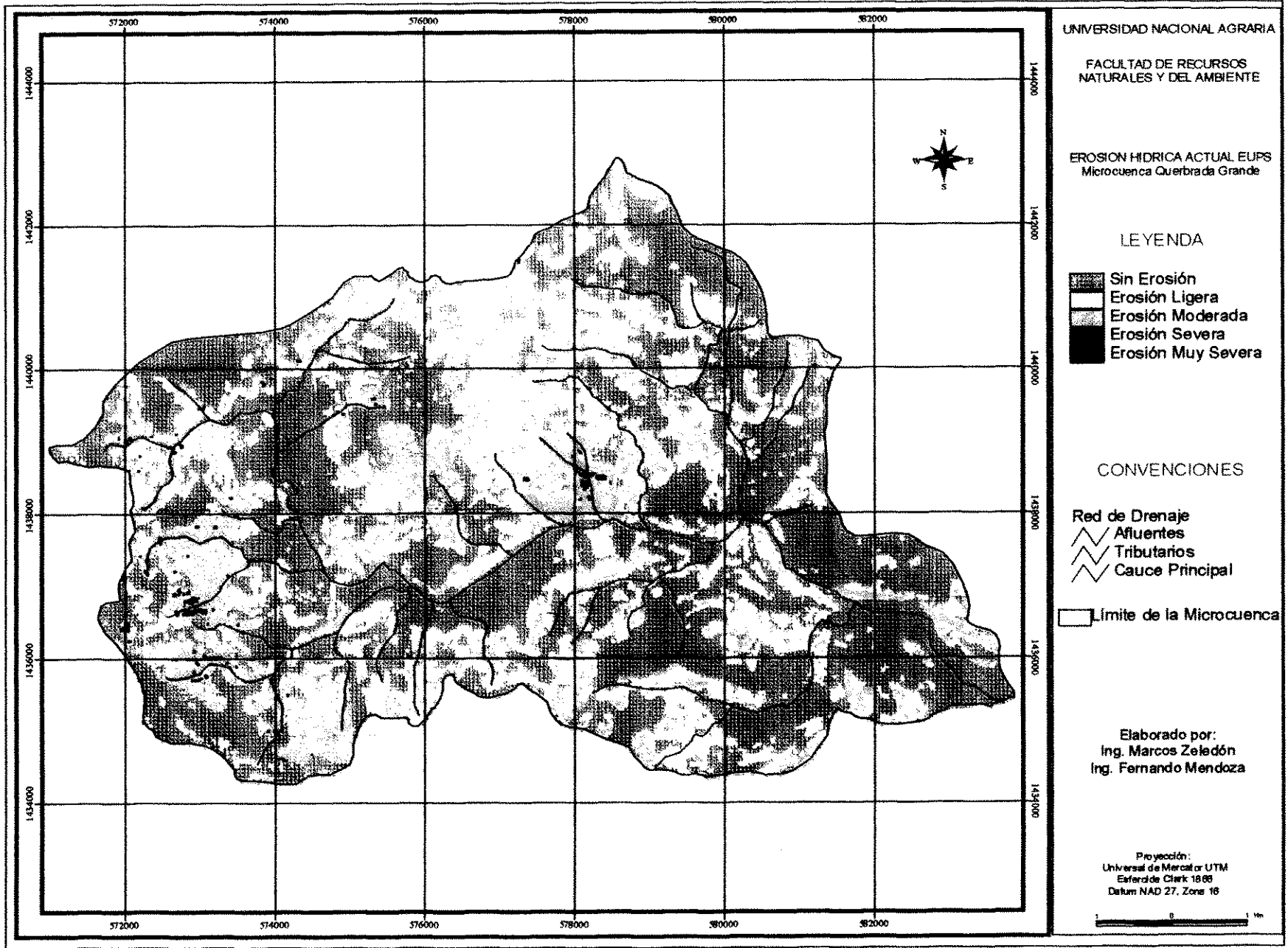
1. Altura máxima 1,440 msnm
2. Altura mínima 580 msnm

- **Sobre los puntos altos**

1. Punto máximo 1445 msnm
2. Punto mínimo 881 msnm







## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

5.1.1 El SIG y MDT con sus capacidades de análisis y modelamiento, permite realizar cálculos eficientes de uno de los factores más complejos dentro del modelo utilizado para la predicción de erosión actual, particularmente, para la longitud de la pendiente y gradiente (Factor LS). Su complejidad se basa en la gran variabilidad de pendientes en áreas grandes (a nivel de microcuenca).

5.1.2 El análisis espacial para la estimación de la erosión actual, dependió en gran medida de la calidad y periodicidad de la información que se introdujo en el modelo predictivo (curvas a nivel cada 20m, puntos de cima y precipitaciones), ya que no fue posible utilizar curvas de nivel más detalladas y sólo se contó con una estación meteorológica, considerando que ambos parámetros son los que afectan con más peso en la pérdida de suelos (Achurry, A.M. y Ochoa, E.R., 2000).

5.1.3 La mayor cantidad de área de la cuenca se encuentra entre un rango de riesgo de erosión entre 0 - 30 tn/ha/año (Sin erosión y Erosión ligera) y las áreas que presentan erosiones severas y muy severas se presentan en lugares donde los factores LS y K son relativamente altos.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

5.2.1 Deberá emplearse información más detallada para aumentar la precisión de los resultados relacionados con la generación del MDE (Intervalos de curvas 10 – 15m) y utilizar datos de intensidad de lluvia en 30 minutos calculadas con base en las bandas pluviográficas (sí es posible) en el cálculo del Factor R para el modelo de predicción de Pérdida de Suelo.

5.2.2 Para un mejor análisis y estimación del factor LS y generación del MDT, se recomienda utilizar el formato raster ya que presenta más ventajas que el formato vectorial.

5.2.3 Se recomienda adicionalmente el equipamiento de la estación meteorológica ubicada en la microcuenca para cubrir las carencias de información pluviográfica en el área de la microcuenca.

## VI. LITERATURA CITADA

ACHURRY, A.M. y OCHOA, E.R. Modelo predictivo de la erosión hídrica en Sabrinsky, Municipio de Mosquera. Bogotá D.C., 2000, 101 p. Trabajo de grado (Ingeniería Forestal). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

BRUNDTLAND, G.H. y KHALID, M. Our Common Future. Report of World Commission on Lnvironmental and Development presentad to the chairman of Inter-goveramental Inter Sessional Preparatory Committee, UNEP Governing Council. Oxford University Press Oxford, 1987. 383 p.

Diagnostico del Valle de Santa Cruz, Estelí; Fundación de Investigación y Desarrollo Rural, FIDER Junio 1995

Estudio de Diagnostico Socioeconómico de Comunidades de Influencia del Proyecto, FIDER - PL 480., Centro de Desarrollo Integral Nicaragüense CEDIN, Agosto 1999

MILLER, C.L. y LAFRAMME, R.A. The digital terrain model: theory and application. Photogrammetric Engineering, 1958. p. 433-442.

PAEZ, M. Clasificación de suelos por riesgos de erosión hídrica con fines de planificación agrícola. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua, Venezuela, 1994. p. 83-100.

RODRIGUEZ, S. y SANCHEZ, J.D. Desertificación y degradación de suelos en España. Asociación meteorológica española. XXV Jornada científica. Vila-seca (Tarragona). 1995. p. 1-8.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A. y PORTER, J.P. Revised Universal Soil Loss Equation J., 1991. Of Soil and Water Conservation. p. 30-33.

WISCHMEIER, W.H. y SMITH, D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses. Agriculture Handbook 537. United States Department of Agriculture. Science and Education Administration, 1978. 58 p.


## VII. ANEXOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA




FACULTAD DE RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE


EROSIVIDAD DE LA LLUVIA  
Factor R de la EUPS  
Microcuenca Quebrada Grande

LEYENDA.

 24.08

CONVENCIONES

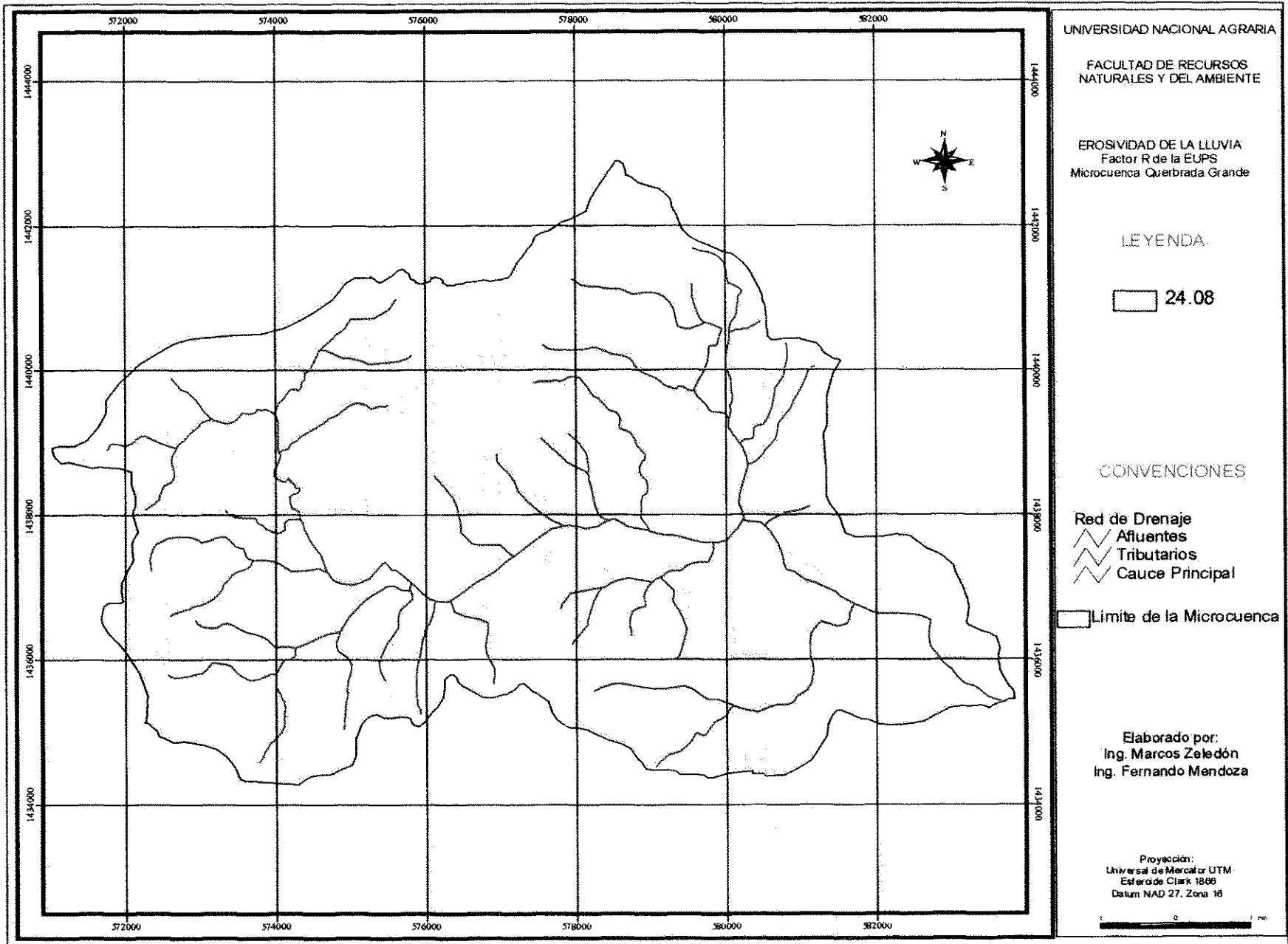
Red de Drenaje  
 Afuentes  
 Tributarios  
 Cauce Principal

 Limite de la Microcuenca

Elaborado por:  
Ing. Marcos Zeledón  
Ing. Fernando Mendoza

Proyección:  
Universal de Mercator UTM  
Esferoide Clark 1866  
Datum NAD 27, Zona 16





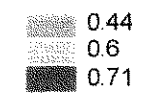


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

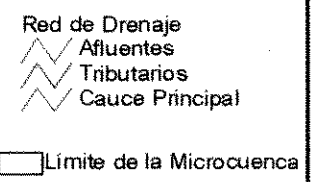
FACULTAD DE RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE

ERODABILIDAD DEL SUELO  
Factor K de la EUPS (Ton/Ha)  
Microcuenca Querbrada Grande

LEYENDA

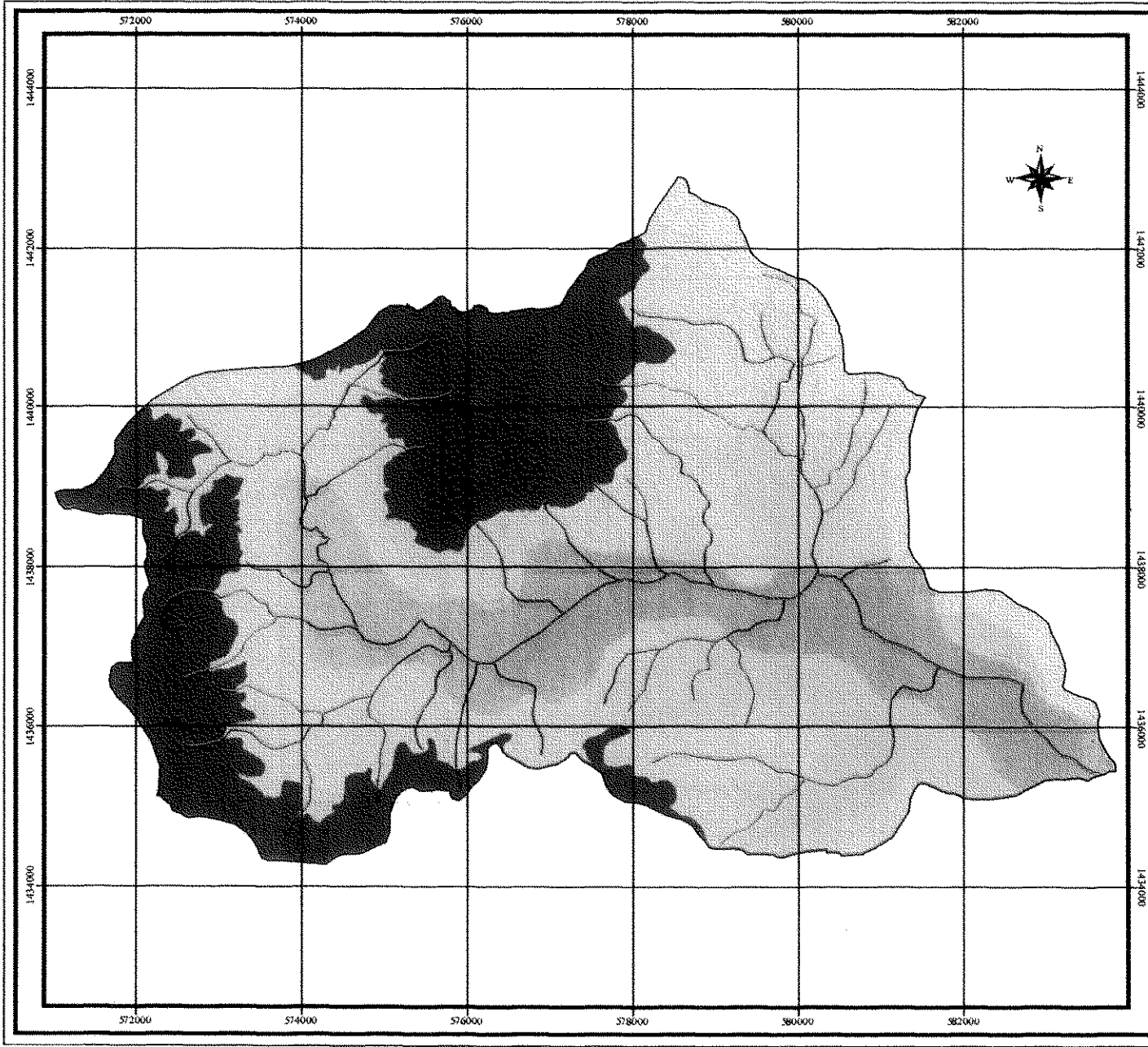


CONVENCIONES



Elaborado por:  
Ing. Marcos Zeledón  
Ing. Fernando Mendoza

Proyección:  
Universal de Mercator UTM  
Esferoide Clark 1866  
Datum NAD 27, Zona 18

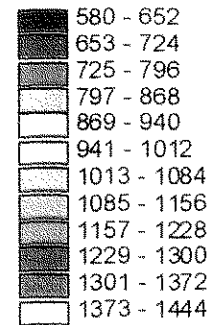


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

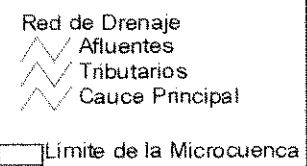
FACULTAD DE RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE

MODELO DIGITAL DEL TERRENO  
(msnm)  
Microcuenca Querbrada Grande

LEYENDA

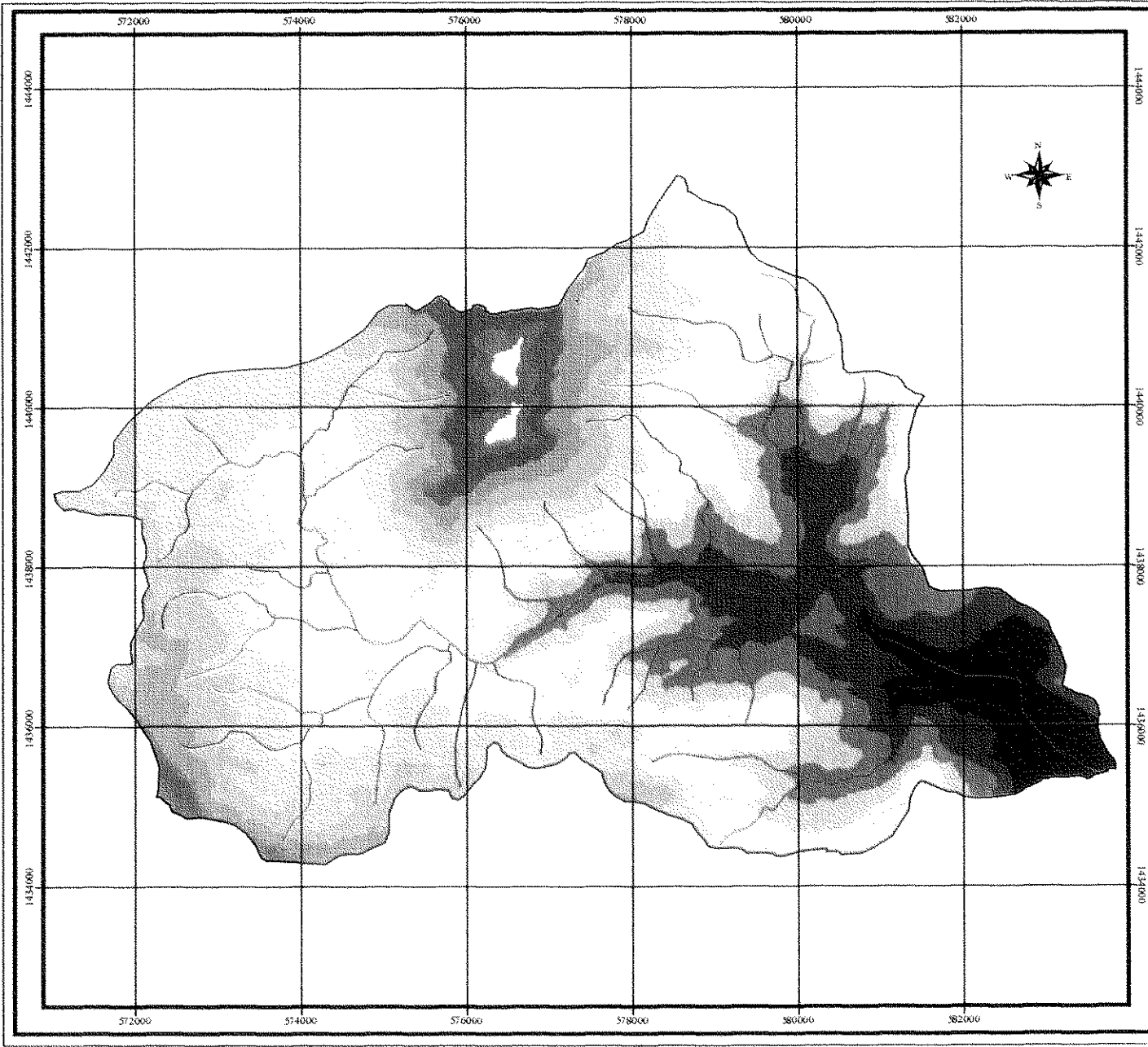


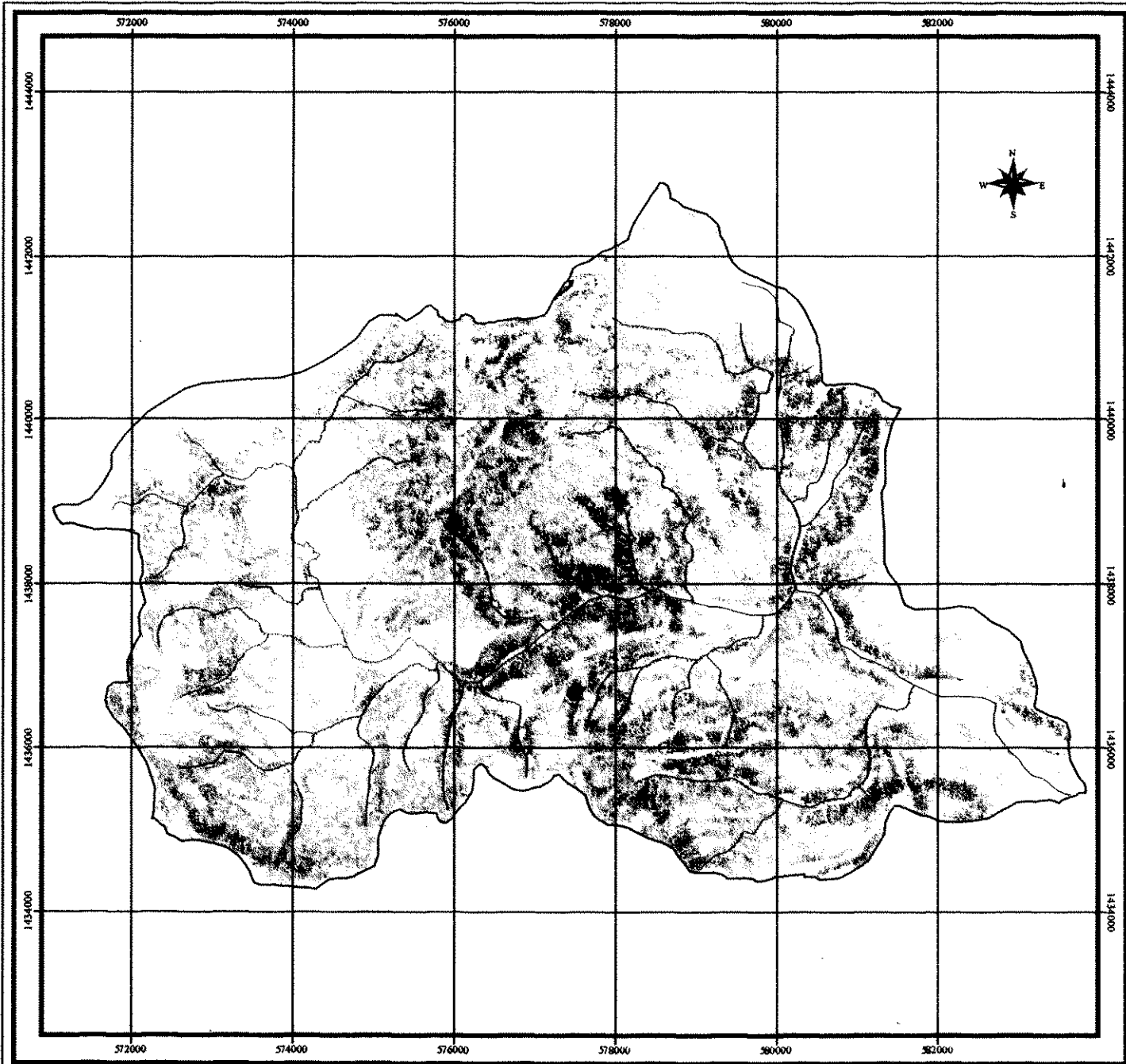
CONVENCIONES



Elaborado por:  
Ing. Marcos Zeledón  
Ing. Fernando Mendoza

Proyección:  
Universal de Mercator UTM  
Esfere de Clark 1866  
Datum NAD 27, Zona 16



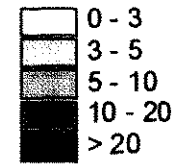


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

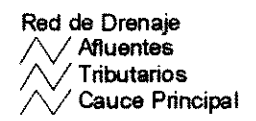
FACULTAD DE RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE

LONGITUD Y GRADIENTE DE LA  
PENDIENTE Factor LS de la EUPS

LEYENDA



CONVENCIONES

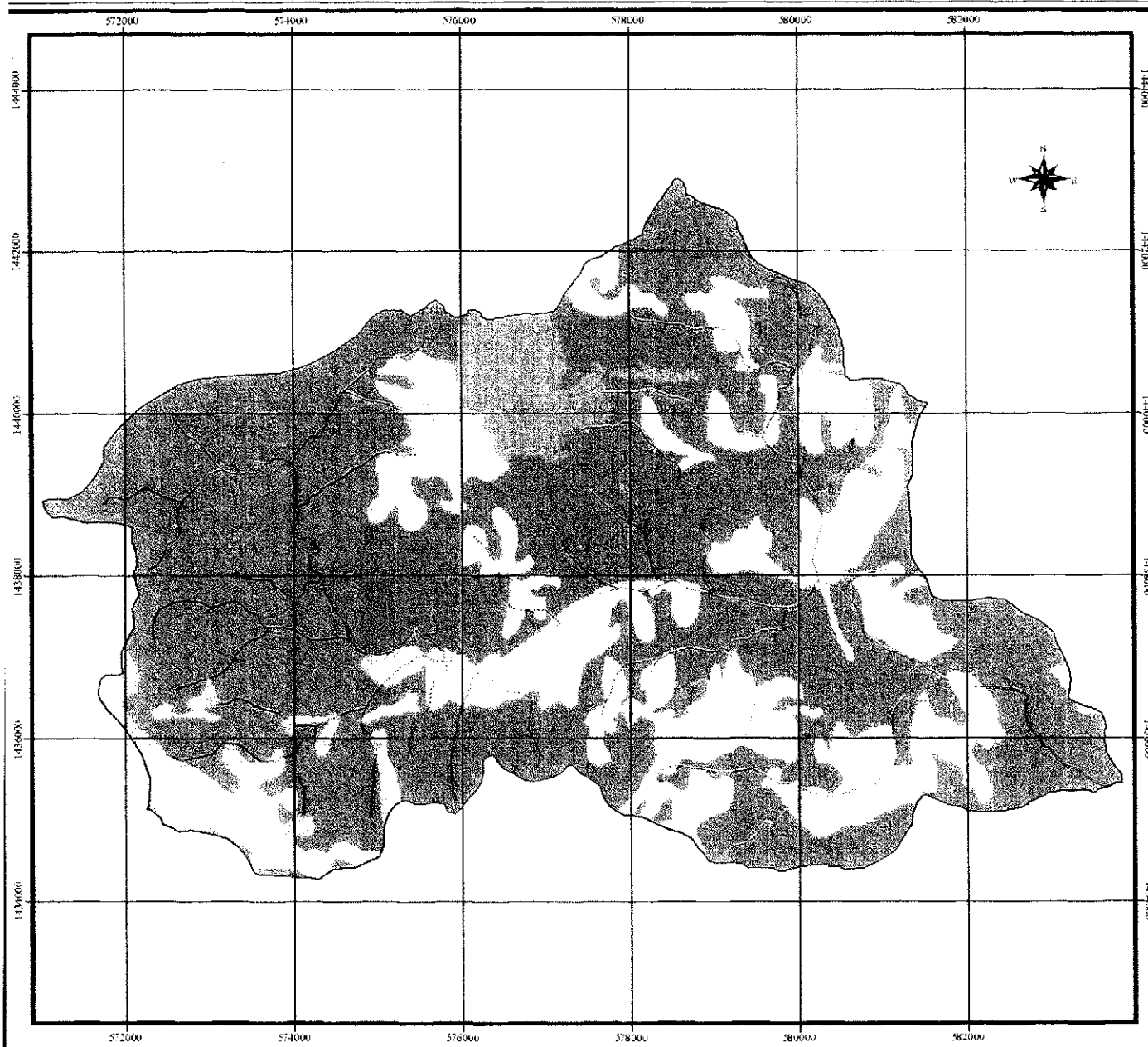


Limite de la Microcuenca

Elaborado por:  
Ing. Marcos Zeledón  
Ing. Fernando Mendoza

Proyección:  
Universat de Mercator UTM  
Esteroid Clark 1866  
Datum NAD 27, Zona 18



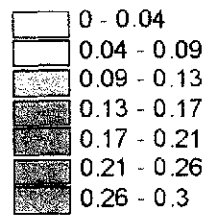


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS  
NATURALES Y DEL AMBIENTE

PROTECCION DE LA CUBIERTA  
VEGETAL  
Microcuenca Querbrada Grande

LEYENDA



CONVENCIONES

- Red de Drenaje
- Afluentes
- Tributarios
- Cauce Principal
- Limite de la Microcuenca

Elaborado por:  
Ing. Marcos Zeledón  
Ing. Fernando Mendoza

Proyección:  
Universal de Mercator UTM  
Ester de Clark 1866  
Datum: NAD 27 Zona 16

