

ANEXO 4. METODOLOGIA PERDIDA DE SUELOS

1. METODOLOGIA

La palabra erosión proviene del latín “erode” que significa desgaste o destrucción.

Generalmente la pérdida de suelos es ocasionada por agentes naturales importantes como son el viento y /o el agua.

En el plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Anamichú, se cálculo la perdida de suelos a través de la metodología USLE – modificación MUSLE, la cual permitió calcular la erosión hídrica, tanto actual como potencial. Para esto se utilizaron temáticas principales como suelos, clima, pendiente y cobertura y uso de la tierra.

La Ecuación Universal de Perdida de Suelos – USLE, permite predecir la cantidad de pérdida de suelo por escurrimiento en áreas específicas bajo determinados sistemas de manejo y cultivos. (Wischmeier y Smith, 1978).

La USLE se expresa, en el sistema métrico internacional, como:

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

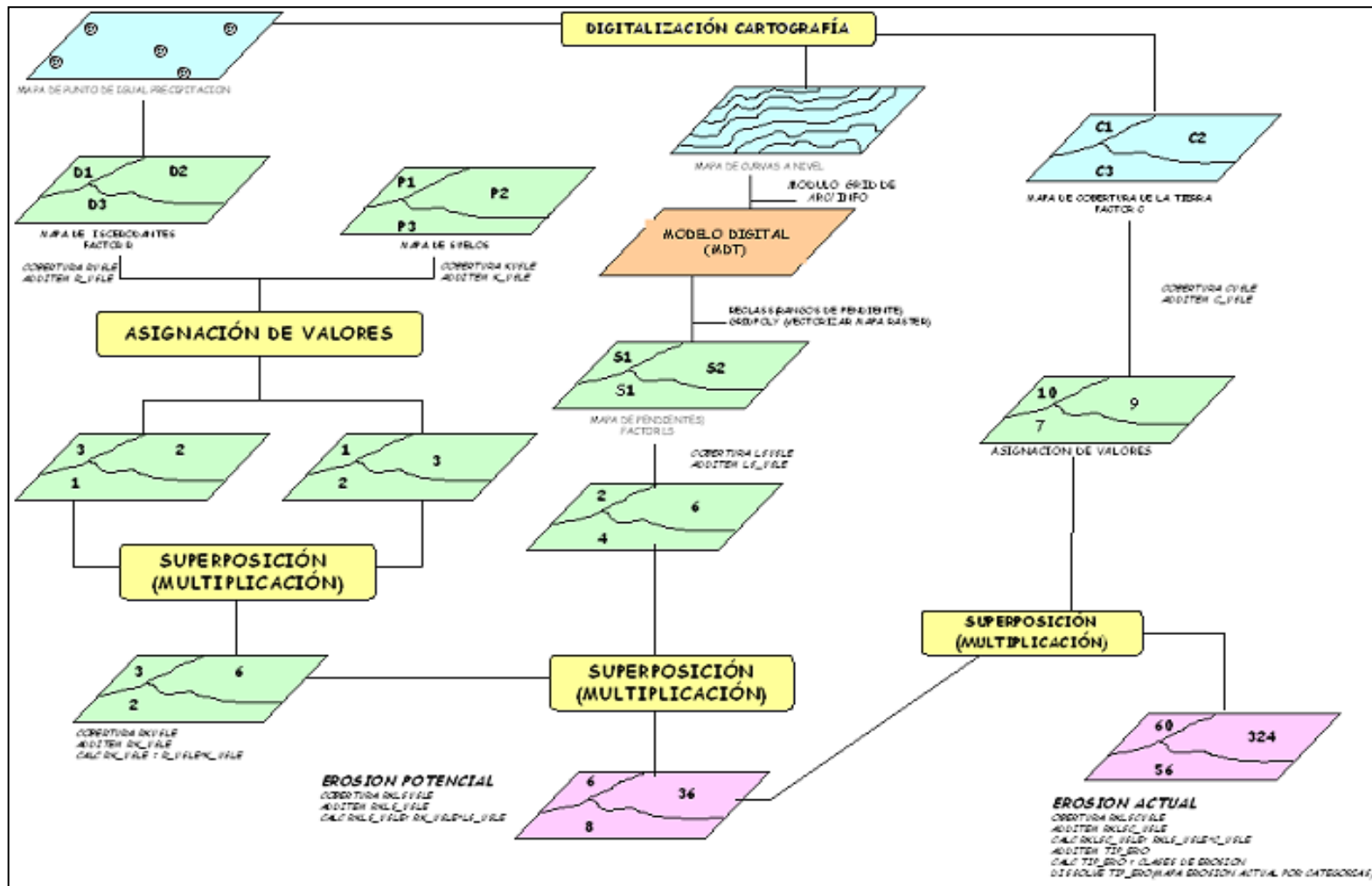
Donde:

- A**, es la pérdida de suelo en t/ha.año.
- R**, es el factor erosividad de la lluvia en Mjmm/ha.año.
- K**, es el factor erosionabilidad el suelo en (t/ha)/(Mj.mm/ha.h)
- L**, es el factor longitud del terreno (adimensional).
- S**, es el factor pendiente del terreno (adimensional).
- C**, es el factor cobertura y manejo de la vegetación (adimensional).
- P**, es el factor prácticas de conservación (adimensional).

El calculo de la erosión actual se obtiene efectuando la multiplicación de todos los factores que conforman la ecuación: $R * K * LS * C * P$, mientras que la erosión potencial se obtiene multiplicando sólo tres de sus factores $R * K * LS$.

La Figura 1, muestra el modelamiento para determinar la pérdida de suelo a través de un SIG, mediante los métodos USLE.

Figura 1. Modelamiento para la determinación de la Erosión Actual y Potencial a través de la Metodología USLE, mediante un SIG en la cuenca del río Anamichú.



A continuación se muestra la metodología para el cálculo de cada uno de estos factores:

1.1 CALCULO DEL FACTOR R (EROSIVIDAD DE LA LLUVIA)

Wischmeier y Smith, (1978), consideran que el término de R en forma de producto, es el mejor parámetro de la precipitación que refleja la interacción entre el potencial combinado del impacto de lluvias y la turbulencia del escurrimiento para transportar las partículas desprendidas.

La estimación de R se puede hacer a través de dos métodos: El directo que se basa en la lectura de bandas pluviográficas y se estima R, según Barrios, (1995); y el indirecto que es para cuando no se cuenta con estas bandas.

Cuando no se puede contar con bandas pluviográficas en las estaciones de precipitación, se realizan relaciones empíricas entre el valor de R y la lluvia total: diaria, mensual, o de eventos extremos.

Para estimar R a partir de lluvias diarias, Elsenbeer (1994), presenta la ecuación de Richardson;

$$E_{it} = 0,34 R_t^{1,81}$$

Donde:

E_{it} , es el índice de erosividad de la lluvia del día t, en Mj.mm/ha.h.
 R_t , es la lluvia del día t, en mm.

La figura 2, muestra el cálculo de E_{it} para un evento que ocurrió en la cuenca mayor del río Coello (Subcuenca Anaime) y que se toma como ejemplo.

Figura 2. Cálculo de un evento ocurrido en la subcuenca del río Anaime; cuenca mayor río Coello.

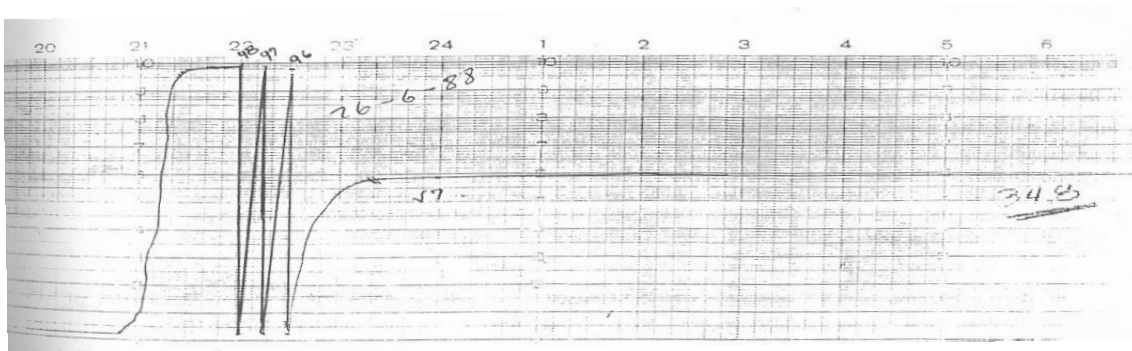


Tabla 1. Calculo de un evento ocurrido en la Subcuenca del río Anaime.

Hora	Lluvia Lámina (mm)	Duración (min.)	Lámina (mm.)	Intensidad (mm/h)	Ei (Mj/ha.m m)	Es (Mj/ha)
08:55	0					
09:25	9,6	30	9,6	19,20	0,231	2,218
10:00	9,8	35	0,2	0,34	0,078	0,016
10:15	19,5	15 *	9,7 *	38,80	0,258	2,500
10:30	29,1	15 *	9,6 *	38,40	0,257	2,470
11:20	34,8	50	5,7	6,84	0,192	1,094
Totales		145	34,8			E = 8,297
* 30 minutos donde más llovió						
$I_{30} = (9,7 \text{ mm} + 9,6 \text{ mm}) / (15 \text{ min} + 15 \text{ min}) = 19,3 \text{ mm} / 30 \text{ min} = 0,64 \text{ mm/ min} * 60 \text{ min} / 1 \text{ h} = I_{30} = 38,6 \text{ mm} / \text{h}$						
$EI_{30} = I_{30} * E = 38,6 \text{ mm} / \text{h} * 8,297 \text{ Mj/ha} = 320,26 \text{ Mj.mm/ha.h}$						

Estimación de R a partir de datos mensuales, presentada por Páez, et al., (1985), se puede observar en la ecuación:

$$EI_{30} = - 190,5 + 8,8 P$$

Donde:

EI₃₀, es la erosividad de la lluvia; se expresa en Mj.mm/ha.h
P, es la precipitación mensual promedio, en mm.

La erosividad anual promedio resulta de la sumatoria de los doce meses del año.

Una vez el factor “R” o de erosividad de la lluvia, se ha determinado a través del método directo para una o mas estaciones de influencia o con características similares a la zona de estudio, se establece una relación estadística la cual se convierte en la ecuación del método indirecto.

Este factor se determinó a través del método directo para la Estación Cajamarca (cuenca mayor del río Coello, subcuenca del río Anaime), en la cual se encuentra información pluviográfica; y para el resto de las estaciones influyentes, donde no se cuenta con tal información, se calculó a través de una ecuación generada mediante análisis de regresión, obtenida a partir de los datos de erosividad (y) y lámina de lluvia (X) de la Estación Cajamarca. El análisis de regresión se efectuó

utilizando datos mensuales. Se realizó un análisis de regresión con los datos diarios para generar una ecuación que sirva de herramienta en trabajos futuros.

Los resultados de dicho análisis de regresión, generaron diversos modelos, los cuales se presentan en la Tabla 2, donde se muestran las diferentes ecuaciones, coeficiente de correlación (r), coeficiente de determinación (R^2), intercepto (a) y pendiente (b); en esta se observa que la variación entre los valores del coeficiente de determinación (R^2) no es mucha entre los modelos aplicados, por lo tanto se escogió como ecuación para la determinación de la erosividad de la lluvia, en las estaciones influyentes, el modelo que mejor ajuste dio y además el más conocido, es decir, el modelo lineal.

Tabla 2. Modelos alternativos de comparación para el cálculo de R en las estaciones influyentes, a través del método indirecto.

Modelo	Fórmula	r	R^2 (%)	A	b
Lineal	$Y = a + b * X$	0,86	74,4	-10,3	3,2
Potencial	$Y = a * X^b$	0,85	73,1	0,2	1,2
Logarítmica	$Y = a + b * \ln(X)$	0,80	63,3	-515,6	183
Exponencial	$Y = e(a + b * X)$	0,79	62,7	3,7	0,02

1.2 CALCULO DEL FACTOR K (EROSIONABILIDAD DEL SUELO)

Para el calculo del factor K, se requiere de datos sobre porcentaje de limo, porcentaje de arena muy fina, porcentaje de arena, porcentaje de contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad. En el caso de no contar con información tan detallada se pueden usar valores tabulados por Kirkby y Morgan (1980), en el cual se utilizan valores obtenidos asociando la textura del suelo y contenido de materia orgánica. Estos valores tabulados pueden observarse en la Tabla 3.

Tabla 3. Nomograma de Kirby y Morgan. Valores de K asociados a la textura y al contenido de materia orgánica.

TEXTURA DEL SUELO	< 0.5%	2%	>4%
Arena	0.007	0.004	0.003
Arena fina	0.0021	0.018	0.013
Arena muy fina	0.055	0.047	0.037
Arena franca	0.016	0.013	0.011
Arena fina franca	0.032	0.026	0.021

TEXTURA DEL SUELO	< 0.5%	2%	>4%
Arena muy fina franca	0.058	0.050	0.040
Franco arenoso	0.036	0.032	0.025
Franco arenoso fino	0.046	0.040	0.032
Franco arenoso muy fino	0.062	0.054	0.043
Franco (grada)	0.050	0.045	0.038
Limo franco	0.063	0.055	0.043
Limo	0.079	0.068	0.055
Franco arenoarcilloso	0.036	0.033	0.028
Franco arcilloso	0.037	0.033	0.028
Franco arcillolimoso	0.049	0.042	0.034
Arcilla arenosa	0.018	0.017	0.016
Arcilla limosa	0.033	0.030	0.025
Arcilla	0.017	0.038	-----

Fuente: Kirkby y Morgan, 1980

1.2.1 Procedimiento para estimar K

En este caso al contar solo con información de profundidad y clase textural, se procedió a calcular el porcentaje de materia orgánica para cada una de las unidades de suelos. Para conocer la cantidad en porcentaje de la materia orgánica del suelo se pueden emplear diferentes formulas en las cuales se utilizan algunos elementos que se encuentran en el suelo, como por ejemplo a partir del azufre (S), nitrógeno (N), carbono (C) y otros, en esta ocasión se empleara el método de Walkley y Black (dicromato de potasio) que analiza el carbono, principal componente de la materia orgánica, ya que el 58% de la materia orgánica es carbono.

$$\text{M.O \%} = \%C * 1.724 \quad (\text{factor de Von Bemmelen})$$

Sin embargo hay investigaciones que concluyen que se debe variar el factor entre 1.724, 1.9 y 2.5 dependiendo del Ph, temperatura del suelo y otras características propias del sitio como del suelo.

Al seleccionar los valores del factor de Von Bemmelen para el desarrollo de la formula se tuvieron en cuenta características de los perfiles del suelo como profundidad, relieve o pendiente y altura, puesto que solo por el hecho de hallarse un valor por medio de formulas los resultados son mas representativos o empíricos que reales, por tal razón se tuvieron en cuenta estas variables para que los resultados fueran lo más acertados y completos.

Al encontrar que debido a la escala del estudio de suelos (1:100.000), el nivel de detalle en el que se halla la información requerida para calcular los valores de K, es menor, estos valores se obtienen empleando los porcentajes de las unidades cartográficas en cada perfil, para que de esta forma se pueda totalizar y dar un único valor de K en cada unidad de suelo.

Para los perfiles que no tenían información sobre materia orgánica, pero si de textura, se estimó su valor teniendo en cuenta su descripción y principales características, los cuales se obtuvieron del estudio de suelos respectivo.

1.3 CALCULO DEL FACTOR LS

El factor topográfico LS es la relación entre el suelo perdido en un terreno cualquiera con pendiente p y longitud λ , y la correspondiente a la parcela piloto utilizada en el desarrollo de la USLE. Se refiere entonces al efecto combinado de la pendiente y la longitud de los terrenos expuestos a la erosión laminar y en surcos. Su valor se obtiene por multiplicación de dos subfactores: longitud (L) y pendiente (S). Para el cálculo de LS Wischmeier y Smith, (1978), propusieron las siguientes ecuaciones:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,1} \right)^m$$

$$S = 65,41 \text{Sen}^2 \theta + 4,56 \text{Sen} \theta + 0,065$$

donde:

L: Es el factor longitud de la pendiente (adimensional).

λ : Es la longitud uniforme del terreno (metros).

m: Es el exponente cuyo valor varía entre 0,2 y 0,5 de acuerdo al valor en la inclinación de la pendiente entre < 1 y > 5 %.

S: Es el subfactor inclinación de la pendiente (adimensional).

θ : Es el ángulo de inclinación del terreno uniforme en grados.

Basándose en el trabajo de McCool et al., (1987 y 1989), proponen para la MUSLE la siguiente actualización:

$$L = (\lambda / 22,1)^m \quad (12)$$

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad (13)$$

$$\beta = \left\{ (\text{Sen} \theta / 0.00896) / (3,0 \times (\text{Sen} \theta)^{0.8} + 0,56) \right\} \times r \quad (14)$$

$$S = 16,8 \text{Sen} \theta - 0,50 \quad \text{si la pendiente} \geq 9 \%. \quad (15)$$

$$S = 10,8 \text{Sen} \theta + 0,03 \quad \text{si la pendiente} < 9 \%. \quad (16)$$

Donde:

L: Es el factor longitud del terreno (adimensional).

λ : Longitud del terreno (m)

m: exponente variable según β

β : Relación erosión en surco a erosión en entresurco

θ : Ángulo de inclinación del terreno

r: Coeficiente igual a: 0,5 en tierras forestales o pastizales; 1,0 en terrenos agrícolas y 2,0 en sitios en construcción.

S: Es el factor pendiente del terreno (adimensional)

La expresión original de Wischmeier y Smith, (1978), fue desarrollada experimentalmente con datos de terrenos uniformes, pendientes entre 3 y 18 % y longitudes entre 10 y 100 metros. La aplicación fuera de este rango experimental es de carácter especulativo, tal es el caso de las cuencas hidrográficas en donde las vertientes no son uniformes y frecuentemente tienen 20 %, 30 %, 40 % o más de pendiente. La expresión de McCool et al., (1987), fue realizada teniendo en cuenta lo anterior y por eso es la que se recomienda y utiliza para cuencas hidrográficas. (Barrios, 1995).

1.3.1 Metodología para el cálculo de pendientes

Para la realización del mapa de pendientes, se procedió a generar una red irregular de triángulos con el módulo TIN a partir de la cobertura de curvas de nivel, una vez realizado la red de triángulos este fue rasterizado a través del módulo GRID, posteriormente se procedió a reclasificar cada celda (pixels) según unos rangos preestablecidos

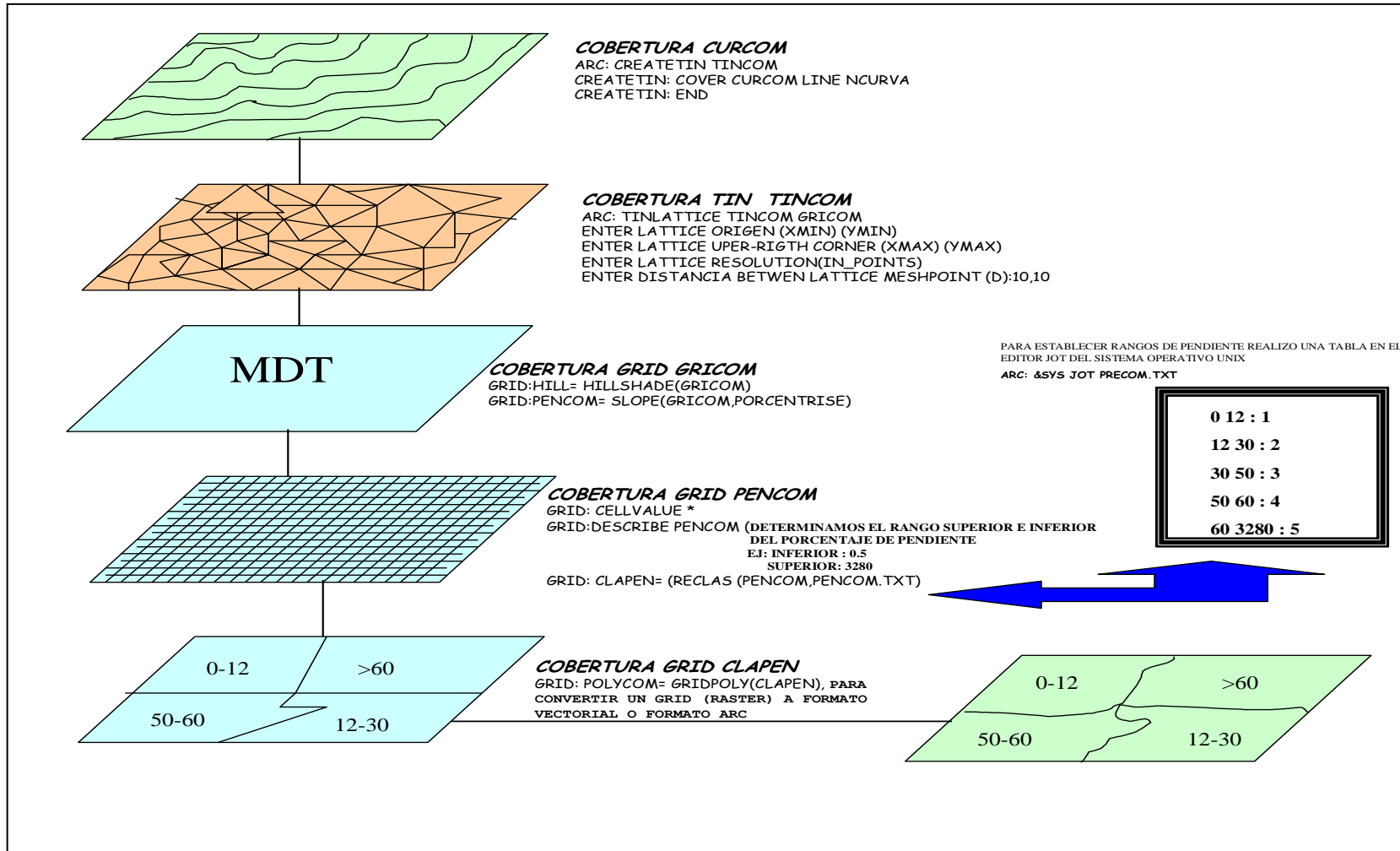
En la figura 3, se observa el esquema metodológico seguido para obtener el mapa de pendientes a partir de la cobertura de curvas de nivel mediante el SIG ARCVIEW.

1.4 CÁLCULO DEL FACTOR C

La determinación de C se hace a partir de valores tabulados según se trate de cultivos agrícolas o vegetación forestal. Wischmeier y Smith, (1978), publicaron numerosas tablas del factor C por tipos de cultivos, etapa de desarrollo y sistemas de manejo. Así como también una tabla para vegetación de gramínea-arbustal y otra para bosque. (Barrios, 1995).

Dissmeyer y Foster, (1982), presentan un procedimiento paramétrico para estimar el factor C en tierras forestales basado en subfactores como: porcentaje de suelo desnudo, porcentaje de suelo desnudo con matriz densa de raíces finas, cobertura y altura del dosel y contenido de materia orgánica.

Figura 3. Modelamiento para la Generación del Mapa de Pendientes.



- Porcentaje de suelo desnudo: El suelo desnudo es de importancia para la erosión, porque ésta en función de la cantidad de suelo expuesto. Para la correcta interpretación del suelo desnudo hay que tener en cuenta que se considera como cubierta de los terrenos a las ramas, troncos, restos de talas o a materiales rocosos sobre la superficie del suelo. El dato necesario a estimar es el porcentaje del área ocupada por el suelo desnudo.

- Porcentaje de suelo desnudo con matriz de raíces finas: Una matriz densa de raíces finas está usualmente presente en las primeras dos pulgadas de los suelos forestales. Aunque después de que los árboles son removidos la matriz de raíces residuales continúan protegiendo al suelo de las fuerzas erosivas de la lluvia y escorrentía. Este subfactor sólo se aplica al suelo desnudo.

- Cobertura del dosel: Este subfactor se aplica a la cubierta vegetal sobre el suelo desnudo. El subfactor se evalúa estimando el porcentaje de suelo desnudo que tiene cobertura del dosel sobre si. Las áreas abiertas del dosel donde la lluvia puede pasar no forma parte del subfactor.

- Contenido de materia orgánica: Bajo bosques permanentes el suelo superficial acumula un alto contenido de materia orgánica, éste hace al suelo menos erodable. Este subfactor es de 0,70 cuando el suelo superficial tiene 2,5 cm. de espesor de materia orgánica.

Para los terrenos de uso agrícola se determina un valor de C promedio anual tomando en cuenta la superficie neta bajo cultivo, rotación de cultivos y distribución de la erosividad de la lluvia a lo largo del año, por tanto el valor medio del factor C para los terrenos con cultivos anuales dependerá de las rotaciones existentes y del tiempo que pasa en barbecho. (Barrios, 1995).

1.4.1 Determinación del Factor C en coberturas permanentes

Para obtener el valor de C se multiplica el valor obtenido de los subfactores al utilizar las Tablas 4 y 5; si el suelo tiene cobertura de bosque se multiplica por 0,70. Para tener una visión al respecto se presenta en forma de ecuación:

$$C = C1 * C2 \quad \text{si es el caso de coberturas permanentes.}$$
$$C^* = C1 * C2 * 0,70 \quad \text{si es el caso de coberturas con bosques.}$$

Donde:

- C**, es el valor de C para tierras con coberturas de cultivos permanentes.
- C1**, es el valor obtenido del % de suelo desnudo vs. % de suelo desnudo con matriz de raíces finas.
- C2**, es el valor obtenido de la Altura del dosel vs. % de suelo desnudo con cobertura.
- C***, es el valor de C para tierras con cobertura de bosques.

Conocidos los valores de los subfactores y haciendo uso de las tablas propuestas por Dissmeyer y Foster, (1982), se calculan los valores de C para las coberturas permanentes.

Tabla 4. % de suelo desnudo, matriz de raíces finas de los árboles y reconsolidación del suelo, en suelos no labrados.

Porcentaje de suelo desnudo	porcentaje de suelo desnudo con una matriz densa de raíces finas en los primeros 3 cm de suelo											
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
0	0.0000											
1	0.0004	0.0004	0.0005	0.0007	0.0007	0.0008	0.0010	0.0012	0.0014	0.0016	0.0018	
2	0.0008	0.0008	0.0010	0.0012	0.0014	0.0017	0.0020	0.0023	0.0027	0.0031	0.0036	
3	0.0030	0.0030	0.0030	0.0030	0.0050	0.0060	0.0070	0.0080	0.0090	0.0111	0.0120	
10	0.0050	0.0050	0.0060	0.0300	0.0090	0.0110	0.0130	0.0150	0.0170	0.2000	0.0230	
20	0.0110	0.0120	0.0140	0.0170	0.2000	0.2400	0.0280	0.0330	0.0380	0.0440	0.0500	
30	0.0170	0.0180	0.0200	0.0250	0.2900	0.0360	0.0420	0.0500	0.0500	0.0680	0.0770	
40	0.0230	0.0240	0.2700	0.0340	0.4200	0.0490	0.0580	0.0680	0.0700	0.0920	0.1040	
50	0.0300	0.0320	0.0380	0.0450	0.5400	0.0640	0.0740	0.0860	0.1030	0.1180	0.1350	
60	0.1370	0.0380	0.0430	0.0550	0.6700	0.0790	0.0920	0.1020	0.1270	0.1470	0.1670	
70	0.0470	0.0490	0.0540	0.6800	0.8300	0.0980	0.1170	0.1380	0.1680	0.1870	0.2120	
80	0.0550	0.0580	0.0660	0.0810	0.9800	0.1180	0.1410	0.1640	0.1920	0.2210	0.2520	
85	0.0560	0.0690	0.0780	0.0950	0.1150	0.1380	0.1650	0.1950	0.2260	0.2640	0.3000	
90	0.0750	0.0800	0.0890	0.1110	0.1330	0.1570	0.1870	0.2220	0.2680	0.3010	0.3420	
95	0.0860	0.0900	0.1020	0.1250	0.1550	0.1820	0.2170	0.2550	0.2980	0.3450	0.3920	
100	0.0990	0.1040	0.1170	0.1440	0.1800	0.2070	0.24810	0.2930	0.3420	0.3960	0.4500	

Fuente: Dissmeyer y Foster, (1982)

Tabla 5. Subfactor cobertura dosel.

ALTURA DEL DOSEL	PORCENTAJE DEL SUELO DESNUDO										
CON COBERTURA DEL DOSEL EN METROS											
(PIES)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0.5 - (1.5)	1	0.91	0.83	0.74	0.66	0.58	0.49	0.41	0.32	0.24	0.16
1 - (3.2)	1	0.93	0.86	0.79	0.72	0.65	0.58	0.51	0.44	0.37	0.30
2 - (6.5)	1	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
4 - (13.0)	1	0.97	0.95	0.92	0.90	0.97	0.84	0.82	0.79	0.76	0.74
6 - (19.5)	1	0.98	0.97	0.96	0.94	0.98	0.92	0.90	0.89	0.87	0.85
8 - (26.0)	1	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92
16 - (52.0)	1	1	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.96
20 - (65.0)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Dissmeyer y Foster, (1982).

La Tabla 6, muestra los valores de C para tierras forestales.

Tabla 6. Valores del factor C para tierras forestales.

Tipo de Cobertura	% Suelo Desnudo	%Suelo Desnudo con Raíces Finas	Altura del Dosel (m)	%Suelo Desnudo con Cobertura	Alto Contenido Orgánico	Valor de C
Bosque natural	10	90	16	90	0.70	0.0034
Bosque plantado	20	80	16	70	0.70	0.0095
Bosque secundario	30	70	16	80	0.70	0.0170
Guadua	30	80	20	70	0.70	0.0136
Rastrojo	30	40	4	50	0.70	0.0259
Vegetación de páramo	50	30	1	10	0.70	0.574

Fuente: Elsa Rocío López 1999; revisado CORTOLIMA 2008.

En la tabla 7, se presentan algunos valores de C para diferentes cultivos según Delgado y Vásquez, (1997) y revisados por CORTOLIMA, estos valores son los empleados para calcular el factor C definitivo de las tierras en la cuenca del río Anamichú.

Tabla 7. Valores de C para diferentes cultivos.

Cultivo	Factor C	Cultivo	Factor C	Cultivo	Factor C
Suelo desnudo	1,000	Maíz (baja dens.)	0,620	Maíz (Mod. dens)	0,530
Maíz (alta dens.)	0,415	Sorgo (baja dens)	0,555	Sorgo (alta dens)	0,405
Frijol (baja dens)	0,450	Frijol (alta dens)	0,400	Maní	0,575
Yuca	0,430	Ñame	0,525	Tomate(solanáceas)	0,625
Arroz	0,190	Papa	0,610	Trigo (baja dens)	0,675
Trigo(alta dens)	0,580	Soya (baja dens)	0,460	Soya (alta dens)	0,415
Algodón	0,520	Tabaco	0,545	Piña	0,330
Lechuga, Repollo Coliflor	0,545	Ajo	0,820	Cebolla, cebollín	0,820
Zanahoria	0,690	Remolacha	0,670	Plátanos, bananos	0,250

Cultivo	Factor C	Cultivo	Factor C	Cultivo	Factor C
Cacao	0,180	Café (con sombra)	0,090	Café(sin sombra)	0,180
Asociación maíz-fríjol	0,210	Asociación maíz-yuca	0,235	Asociación maíz-yuca-fríjol	0,105
Cítricos	0,375	Patilla, melón	0,265	Ahuyama	0,010
Pasto denso	0,005	Bosque denso	0,001		

Fuente: Delgado y Vázquez 1997; revisado por CORTOLIMA, 2008.

El factor C para cada área de influencia de las estaciones que hacen parte de la cuenca, se obtiene ponderando los valores de C asignados a las diferentes formaciones vegetales según el uso actual presente en el área, y de acuerdo a la superficie relativa que ocupa cada tipo de vegetación. El valor de C para los cultivos transitorios es el resultado del promedio de los valores de C hallados para cada área de influencia.

Ya contando con los valores de C para medir el efecto de la cubierta vegetal en la pérdida de suelo, por cobertura, se procede a calcularla para cada una de las combinaciones existentes dentro del área de la cuenca; este procedimiento es el mismo tanto para coberturas permanentes como para tierras agrícolas.

Finalmente para obtener los valores de C para cada una de las combinaciones de coberturas presentes, se calcularon teniendo en cuenta el porcentaje de consociaciones (70/30) y para asociaciones (60-40).

En la cobertura afloramiento rocoso, se considero conveniente tomar como definitivo el mayor valor de C ya que las combinaciones encontradas en la cobertura semidetallada tomaban un mínimo porcentaje. Algo similar se presento en la cobertura de tierras eriales en esta se tomo una relación 80/20, como forma de sancionar este tipo de cobertura.

1.5 CALCULO DE LA EROSIÓN ACTUAL

La metodología empleada para el calculo de la erosión actual, es a través de la ecuación universal de pérdida de suelos - USLE, el cual es un método Empírico, como se explica al inicio del anexo; este hace referencia a la relación que existe entre el factor de erosividad de las lluvias (factor R), el factor de erosionabilidad del suelo (factor K), el factor de longitud y pendiente del terreno (factor LS) y el factor de cobertura y uso del suelo (factor C). Esto se compila en la siguiente ecuación:

$$A = R * K * LS * C.$$

Donde:

A: Erosión actual

R: Factor de erosividad de las lluvias

- K:** Factor de erosionabilidad del suelo
- LS:** Factor de longitud y pendiente del terreno
- C:** Factor de cobertura y uso del suelo

Luego de realizar la multiplicación de cada uno de estos factores se realiza la clasificación dentro de unos rangos de erosión, expresados en toneladas/hectárea.año (tn/ha.año), para esto se utilizo la tabla 8.

Tabla 8. Clasificación de la erosión actual

CLASIFICACIÓN DE LA EROSIÓN ACTUAL	RANGO DE EROSIÓN (toneladas/hectarea.año)
Ligera	< 20
Moderada	20 – 100
Fuerte	100 – 300
Severa	> 300

Fuente: Proyecto SHT, 1998.

1.6 CALCULO DE LA EROSION POTENCIAL

Esta hace referencia a la relación que existe entre el factor de erosividad de las lluvias (factor R), el factor de erosionabilidad del suelo y el factor de longitud y pendiente del terreno (factor LS).

Esta se determino a través de la ecuación universal de perdida de suelos y compila a la siguiente ecuación:

$$A = R * K * LS$$

Donde:

- A:** Erosión Potencial
- R:** Factor de erosividad de las lluvias
- K:** Factor de erosionabilidad del suelo
- LS:** Factor de longitud y pendiente del terreno

Luego de realizar la multiplicación de cada uno de estos factores se realiza la clasificación dentro de unos rangos de erosión, expresados en toneladas/hectárea.año (tn/ha.año), para esto se utilizo la tabla 9.

Tabla 9. Clasificación de la erosión potencial.

CLASIFICACIÓN DE LA EROSIÓN POTENCIAL	RANGO DE EROSIÓN (toneladas/hectarea.año)
Ligera	< 100
Moderada	100 - 500
Fuerte	500 - 1500
Severa	> 1500

Fuente: Proyecto SHT (1998).