

Mapa de Índices de Erodabilidad en la Cuenca Alta del Río Bogotá Utilizando el Sistema de Información Geográfica ARC-INFO™ 1

Lucio Andrés Santos Acuña* - Carlos Alberto González M.,**

RESUMEN

Se presentan los mapas de zonas de erodabilidad para los suelos de la cuenca alta del río Bogotá, usando como criterios de interpretación los propuestos por USDA (1962) y con base en el mapa de asociaciones de suelo del estudio general de suelos con fines agrícolas para la cuenca alta del río Bogotá.

El factor de erodabilidad, K , se calculó por los métodos indirectos de Wischmeier (1978) y Paulet (1973), sobre un total de 96 perfiles de suelos representativos, tomados de ocho estudios de suelos generales, semidetallados y detallados que incluían alguna zona de la cuenca alta del río Bogotá.

I. LOCALIZACIÓN

La cuenca alta del río Bogotá (véase figura 1) se extiende desde los nacimientos de este río en el norte (municipio de Villapinzón) hasta el páramo de Sumapaz en el sur; por el este está enmarcada por las cimas de las montañas que constituyen la separación de las aguas con los Llanos Orientales, y en el oeste por un cordón de montañas que unen las poblaciones de Facatativá, Subachoque y La Pradera.



Figura 1. Localización de la sabana de Bogotá.

La cuenca alta ocupa un área de 425.000 ha. aproximadamente, de las cuales 125.000 ha. son de tierras planas con pendientes menores del 3%; 282.000 ha. onduladas y quebradas con pendientes hasta del 75% y 6.000 ha. están

dedicadas a represas y embalses. Constituye aproximadamente el 18,12% del departamento de Cundinamarca.

II. METODOLOGÍA

Los índices de erodabilidad se calcularon usando la variación de la ecuación, también dada por Wischmeier y citada por Abernethy (1986):

$$K = \frac{2,1(L^2 + LA)^{1,14} (10^{-4})^{1,14} (12-a) + 3,25(b-2) + 2,5(c-3)}{100} \cdot 1,292$$

En donde:

K : índice de erodabilidad en $\frac{t \text{ ha h}}{tm \text{ mm ha}}$.

L : % de limo (0.002-0.1mm).

A : % de arena (0.1-2mm).

a : % de materia orgánica.

b : calificación de la estructura.

c : calificación de la permeabilidad.

$$K_1 = 0,010356 - 0,00378082A + 0,00232882L + 0,323545Da$$

Y por el método de Paulet (1972):

En donde:

K_1 : índice de erodabilidad en $\frac{t \text{ ha h}}{tm \text{ mm ha}}$.

A : % de arena.

L : % de limo.

Da : densidad aparente en gr/cm^3 .

En la estación de trabajo Arc-Info™ se creó una cobertura, a partir del mapa de suelos, a la que se le generó una topología de polígonos para producir una tabla de atributos de polígonos (PAT, Polygon Attribute Table). A la tabla de atributos se le adicionó el ítem para luego, en el módulo INFO, proceder a asignar a cada polígono, correspondiente a una asociación, un identificador.

*Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional de Colombia

**Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional de Colombia.

¹Trabajo desarrollado como proyecto de grado en el laboratorio de la Red Nacional de Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional de Colombia, donado por el Gobierno del Japón.

Este identificador nos permite, por una parte, asociar una base de datos de información general y complementaria, y por otra, generar una serie de coberturas de polígonos, cada una correspondiente a una de las asociaciones de suelos.

Con los perfiles representativos del *Estudio de suelos con fines agrícolas para la sabana de Bogotá* (IGAC, 1980) y con los perfiles representativos de otros estudios escogidos se generó una cobertura de puntos a la cual se le construyó una topología de puntos para generar una tabla de atributos de puntos (PAT, *Point Attribute Table*).

A la tabla generada para la cobertura de puntos también se le asoció una base de datos con la identificación del perfil, las propiedades físicas y los valores calculados del índice de erodabilidad por los métodos indirectos de Wischmeier y Smith (1978) y Paulet (1973).

Con cada una de las coberturas de polígonos generadas para las asociaciones se hizo una intersección con la cobertura de puntos de los perfiles de suelos, y se determinaron coberturas de puntos para cada asociación a partir de las cuales se hallaron los mapas de erodabilidad para las mismas.

Partiendo de las coberturas de puntos que señalan la localización de los perfiles de suelos para cada asociación y con los valores calculados de los índices de erodabilidad, se aplicó el método de interpolación IDW (*Inverse Distance Weighted Interpolation*). El mapa de salida que se obtiene, tiene formato raster.

Luego de esta interpolación se realizó una reclasificación de zonas de erodabilidad con el mismo rango, de acuerdo con lo propuesto por USDA (1962) (véase cuadro 1) para la interpretación de los valores de índices de erodabilidad.

Cuadro 1. Clasificación de los grados de erodabilidad según USDA (1962).

Valor de K (T acre H/ T-P acre PG.)	Valor de K (T ha. H/TM MM ha.)	Clasificación
< 0,06	<0,0775	Muy poco erodable.
0,06 – 0,13	0,0775 – 0,1680	Débilmente erodable.
0,13 – 0,25	0,1680 – 0,3230	Medianamente erodable.
0,26 – 0,52	0,3230 – 0,6784	Fuertemente erodable.
0,52 – 0,78	0,6784 - 1	Extremadamente erodable.

Fuente: AMEZQUITA, E. "El agua y la erodabilidad de los suelos". En: *Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos plantas y aguas para riego*. Memorias del Seminario Taller, Sociedad colombiana de la Ciencia del Suelo, Santa Fe de Bogotá. 1990.

III.RESULTADOS

Se recopilaron 193 perfiles de suelos representativos de ocho estudios de suelos generales, semidetallados y detallados. De estos perfiles se seleccionaron 96 a los cuales se les pudo

determinar su localización geográfica exacta, a partir de la descripción de localización de cada estudio; con estos 96 perfiles se determinó la erodabilidad en 11 unidades de mapeo, (véase figura 2).

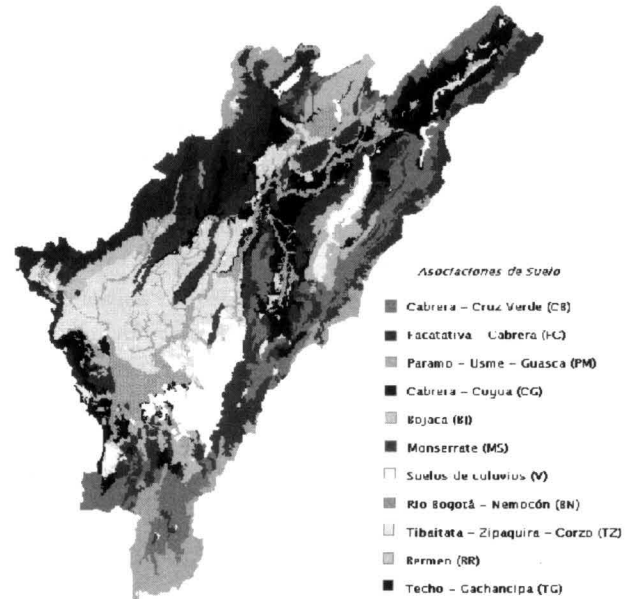


Figura 2. Mapa de asociaciones de suelos para la cuenca alta del río Bogotá.

En la figura 3 se presentan los índices de erodabilidad por los métodos indirectos de Wischmeier y Smith(1978) y Paulet (1973), y se observa que para el caso de los resultados obtenidos por el método indirecto de Paulet (1973) no se muestra una clara tendencia en los valores de erodabilidad respecto a los obtenidos por el método indirecto de Wischmeier (1978), lo cual puede deberse a que las condiciones físicas y ambientales en las cuales fue desarrollado el modelo sean diferentes a las presentes en la cuenca alta del río Bogotá; por tanto, el modelo no sería aplicable a estos suelos.

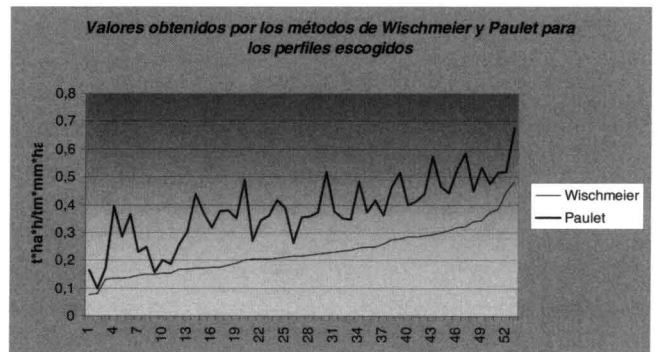


Figura 3. Valores obtenidos por los métodos de Wischmeier (1978) y Paulet (1972) para los perfiles escogidos.

En los resultados se observa que ninguno de los suelos de la Sabana de Bogotá presenta índices de erodabilidad que estén dentro del rango “extremadamente erodable”; los mayores índices los presentan los suelos de la asociación Bojacá – Cagua – Techo, que está integrada casi en su totalidad por suelos de la serie Bojacá; califican como suelos extremadamente erodables ($0,48 \text{ t*ha.*h/tm*mm*ha.}$, para Wischmeier y Smith (1978) y $0,67 \text{ t/ha.}$ para Paulet (1973). Los menores índices de erodabilidad se presentan en las asociaciones Páramo – Usme – Guasca y Facatativá – Cabrera y califican dentro del rango de muy poco erodables a débilmente erodables.

En las figuras 4 y 5 pueden verse los mapas generales de erodabilidad para la sabana de Bogotá por los métodos indirectos de Wischmeier y Smith (1978) y Paulet (1973) y podemos decir en general, que según el método de Wischmeier y Smith (1978), los suelos de la Sabana de Bogotá son muy poco erodables el 21,5%, débilmente erodables el 39,3%, medianamente erodables el 36% y fuertemente erodables el 3,2%. Con el método de Paulet los suelos de la Sabana de Bogotá son muy poco erodables el 13,1%, débilmente erodables el 7%, medianamente erodables el 45,8% y fuertemente erodables el 34,1%.

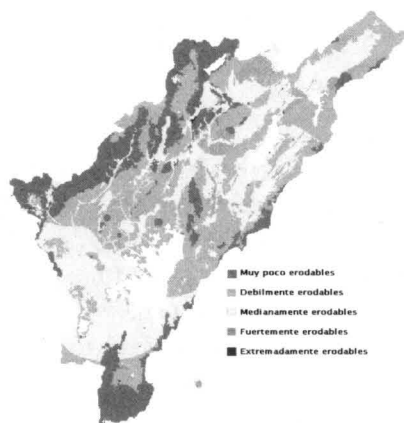


Figura 4. Mapa de zonas de erodabilidad por el método indirecto de Wischmeier y Smith (1978).



Figura 5. Mapa de zonas de índices de erodabilidad por el método indirecto de Paulet (1973).

CONCLUSIONES

Aunque por el método de Paulet (1972) no se encontró para ninguno de los suelos estudiados en la sabana de Bogotá, que los índices calificaran dentro del rango de extremadamente erodables, sí se observa la tendencia a sobreestimar el rango de erodabilidad en un grado respecto al índice de erodabilidad calculado por el método indirecto de Wischmeier y Smith (1978).

Solamente en el 27,8% de los suelos de la sabana de Bogotá se obtuvieron los mismos rangos de erodabilidad al calcular el índice K por los métodos indirectos de Wischmeier y Smith (1978) y Paulet (1973).

Para suelos en los que el contenido de materia orgánica es mayor a 14% (37% de los suelos estudiados en la sabana de Bogotá tienen el porcentaje de materia orgánica mayor al 14%), el método de Wischmeier y Smith (1978) se vuelve cero o se hace negativo el factor M .

Los resultados de índices de erodabilidad K concuerdan con observaciones de campo, y se observa que en las zonas donde se presenta erosión severa (cercañas del embalse de Tominé y los municipios de Bojacá, Villapinzón y Chocontá) corresponde a índices de erodabilidad de medianamente a fuertemente erodables. Igualmente donde se observa la primera capa de suelo en buenas condiciones (páramos de Neusa, Sumapaz y Chingaza) corresponde a zonas con índices de erodabilidad de muy poco erodable a débilmente erodable.

De acuerdo con resultados obtenidos por Vanegas (1987) quien calificó los índices de erodabilidad para la asociación río Bogotá – Nemocón, según el método indirecto de Wischmeier y Smith (1978), como suelos débiles a medianamente erodables, concuerdan con los resultados obtenidos en este trabajo donde se califican en su mayoría como medianamente erodables.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABERNETHY, Charles L. *Erosion and Sedimentation. Lectures Notes for the International Postgraduate Course in Engineering Hidrology.* University College, Galway. 1986.
2. AMÉZQUITA, Edgar. “El agua y la erodabilidad de los suelos”. En: *Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos plantas y aguas para riego.* Memorias del Seminario Taller, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Santa Fe de Bogotá. 1990.
3. BETHENCOURT, Agustín. *Restauración hidrológico-forestal de cuencas y control de erosión.* Madrid 1994.
4. CENICAFE. *Manual de conservación de suelos de ladera.* Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Santa Fe de Bogotá. 1975.
5. GONZÁLEZ, Fernando. “El clima de la sabana de Bogotá”. En: *Naturaleza, educación y ciencia* No.3. Santa Fe de Bogotá. 1986.

6. GONZÁLEZ, Carlos. "Hacia un enfoque integral en la conservación de suelos". En : *Memorias del Seminario Nacional Sobre Actualización en Conservación de Suelos de Ladera*. Santa Fe de Bogotá. 1996.
7. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. *Estudio general de clasificación de los suelos de la cuenca alta del río Bogotá para fines agrícolas*. IGAC, Bogotá. 1980.
8. _____ *Empastado con fraccionamiento y mineralización de nitrógeno de suelos volcánicos de la sabana de Bogotá*. IGAC, Bogotá. 1981.
9. _____ *Estudio general de suelos de los municipios de Ubaté y norte de la sabana de Bogotá*. IGAC, Bogotá. 1982.
10. _____ *Estudio general de suelos del oriente de Cundinamarca y municipio de Umbita*. IGAC, Bogotá. 1985.
11. _____ *Estudio general y detallado de los municipios de Cota, Funza, Mosquera y parte de Madrid*. IGAC, Bogotá. 1977.
12. _____ *Estudio general de suelos de los sectores sur y soroeste del departamento de Cundinamarca*. IGAC, Bogotá. 1985.
13. _____ *Estudio semidetallado de suelos de la parte plana de los municipios de Armero, Honda y general de Guaduas, Villeta, Sasaima Albán y parte de Facatativa*. IGAC, Bogotá. 1979.
14. _____ *Estudio semidetallado de la cuenca del río San Jorge*. IGAC, Bogotá. 1974.
15. _____ *Estudio semidetallado de suelos de áreas representativas de los páramos de Sumapaz, Neusa y Chingaza*. IGAC, Bogotá. 1978.
16. MACHADO, Alberto. "Primera aproximación de los valores de erodabilidad K en algunos suelos colombianos". *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Vol. XXXI No. 1. Medellín. 1978.
17. MONTENEGRO, Hugo y MARÍN, Dora Stella. "Estimación actual y potencial de la pérdida de suelo". En : *VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo*. Octubre de 1994 . Bucaramanga, S.C.C.S. pp. 153 - 162.
18. PAULET, I.M. *Guía para el planeamiento del uso de las tierras agrícolas en las zonas de lluvias del Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Recursos de Agua y Suelos. Publicación No.3. 1973.
19. RESTREPO, Hugo, PEREA, Jairo de Jesús y AMARIZ, Mario. "La erodabilidad de algunos suelos de cuenca alta del Magdalena con énfasis en la zona cafetera del departamento del Huila". *Suelos ecuatoriales*. Vol.25. 1995.
20. RIVERA, José Horacio. *Determinación de los índices de erosividad, erodabilidad y erosión potencial en la zona cafetera central colombiana. (Caldas, Quindío y Risaralda)*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Tesis de Postgrado. Palmira- Valle. 1990.
21. VAN DER HAMMEN, Thomas. *Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, Santa Fe de Bogotá. 1998.
22. VANEGAS B., Jesús Armando. *Predicción cuantitativa de la pérdida de suelo por erosión pluvial (cuenca del río Checua)*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 1987.
23. WISCHMEIER, Walter. "Rainfall erosion potencial geographic and location differences of distribution". *Agricultural Engineering*. 1962.
24. WISCHMEIER, W y MANNERING, J.V. *Soil and Water Management and Conservation*. Soil Science Society of American Proceedings. Vol.33. 1969.
25. WISCHMEIER, W. y SMITH, D.D. "Predicting rainfall erosion losses : A guide to conservation planning". *Agriculture Handbook*, No. 537. Department of Agriculture, U.S.A. 1978.