

2011

LA INESTABILIDAD NATURAL DEL SUELO Y DEL TERRENO EN EL ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO MUNICIPAL

Ensayo Técnico

En los planes de ordenamiento territorial de los municipios, se deben tener en cuenta áreas de alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos, debido a la inestabilidad natural del suelo y del terreno.

La mencionada inestabilidad del suelo es resultado de la interacción de variables abióticas, que se puede determinar y localizar geográficamente mediante estudios de carácter cualitativo.

Factores erosionabilidad del perfil del suelo, lluvias y pendientes complejas, son suficientes y apropiados para determinar espacios con inestabilidad del suelo, mediante la aplicación de superposición de cartografía temática. Inestabilidad del suelo que junto a la inestabilidad del subsuelo conducen a su vez a determinar la inestabilidad del terreno.

M.Sc. I.F. Henry Zuñiga

Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Ingeniería Forestal

<http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/docentes/hzunigap/>

2011



**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS
NATURALES**

**PROYECTOS CURRICULARES DE INGENIERIA
FORESTAL, INGENIERIA AMBIENTAL. ESP.
GERENCIA RECURSOS NATURALES, ESP. AMBIENTE
Y DESARROLLO LOCAL**

**LA INESTABILIDAD NATURAL DEL SUELO Y DEL TERRENO
EN EL ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO MUNICIPAL
(ENSAYO TÉCNICO)**

HENRY ZUÑIGA PALMA I.F M.Sc.

GRUPO DE APOYO

**Sánchez Heliodoro I.F
Figuroa Alberto I.F Esp. M.Sc.
Zúñiga Pier Paolo A.E Esp.**

BOGOTA 2011

- Resumen

En los planes de ordenamiento territorial de los municipios, se deben tener en cuenta áreas de alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos, debido a la inestabilidad natural del suelo y del terreno.

La mencionada inestabilidad del suelo es resultado de la interacción de variables abióticas, que se puede determinar y localizar geográficamente mediante estudios de carácter cualitativo.

Factores erosionabilidad del perfil del suelo, lluvias y pendientes complejas, son suficientes y apropiados para determinar espacios con inestabilidad del suelo, mediante la aplicación de superposición de cartografía temática. Inestabilidad del suelo que junto a la inestabilidad del subsuelo conducen a su vez a determinar la inestabilidad del terreno.

1- INTRODUCCIÓN

Por lo general en las épocas lluviosas los pobladores de diferentes regiones del país, observan como se deslizan los terrenos donde están instaladas sus viviendas, sus cultivos y los caminos o carretables por los cuales cotidianamente transitan.

Pero los movimientos de tierras no solo se deben a presencia de abundantes o excesivas precipitaciones, sino que se inician por alta a muy alta inestabilidad del

propio suelo, aunada a otros factores del entorno limitando así el aprovechamiento del territorio por actividades económicas y la instalación de estructuras y redes físicas,

En la inestabilidad natural del suelo intervienen atributos intrínsecos físicos y químicos del mismo suelo y factores climáticos y geomorfológicos, entre otros, los cuales se deben tener en cuenta al ordenar ambientalmente el ámbito de jurisdicción de los entes territoriales de primer nivel, para prevenir - evitar y/o atender sucesos de movimientos de tierras, que causen desgracias de diferente índole a habitantes de un lugar.

En la determinación espacial de zonas con suelos inestables y cuando no se requieren cálculos específicos para la construcción de construcciones civiles de grandes dimensiones, el empleo de métodos cualitativos es suficiente y apropiado para delimitar tales áreas y poder darles así el tratamiento que les corresponde por su vulnerabilidad y o fragilidad.

El propósito principal de este ensayo técnico, es proponer la aplicación de un método cualitativo específico en la determinación de áreas inestables de suelos y terrenos para ser utilizados en la revisión de los documentos técnicos de los planes de ordenamiento territorial de los municipios.

2- DESARROLLO TEMÁTICO

Características del tema

Al llevar a cabo propuestas de organización territorial de cualquier municipio de nuestra nación, no se debe olvidar que en su área de actuación y especialmente en los localizados en zonas de ladera, la presencia de terrenos inestables cuya causa proviene principalmente de atributos del material edáfico que los soporta.

La poca estabilidad de la tierra superficial es una característica compleja del suelo, categorizada en términos de peligrosidad con estimaciones de baja, media, alta y muy alta, pero esta calificación es definida en la mayoría de los casos, sin conocimiento de información técnica existente y/o aplicada de forma inadecuada para cada espacio físico en particular.

Al respecto, procedimientos simples de carácter cualitativo, pero confiables por articular científica y técnicamente variables abióticas del sistema natural, facilitan la delimitación con alto nivel de credibilidad de áreas problema por posibles deslizamientos y a los cuales nos referimos en este ensayo.

Sinopsis

Los suelos por su posición y saturación hídrica, conjuntamente con la precipitación, litología, pendiente y patrón de drenaje, fueron considerados en la determinación de amenazas naturales en el departamento de Cundinamarca, por dicho ente territorial y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD en 1.991.

En Zúñiga (2.000), las áreas inestables del suelo bajo su concepto de erodabilidad, se cuantifican teniendo en cuenta la interrelación de la erosionabilidad del suelo, la precipitación y la inclinación natural del lugar.

Sánchez et al (2.002) para el pronóstico de la amenaza por deslizamiento en tiempo real, manifiestan que el componente suelo es importante en sus variables estructura y dinámica del agua en el perfil; aspectos relevantes considerados a la vez con la lluvia, la litología, la densidad de fracturamiento, la morfología, la densidad de drenaje, la pendientes del terreno, la dinámica morfológica y la cobertura vegetal existente.

Echarry (2.005) al comentar la inestabilidad de las laderas, resalta del suelo las texturas pero particularmente la expansividad de las arcillas, propiedad física relacionada conjuntamente con las características del terreno, las lluvias intensas, la erosión, las fallas y fracturas de las rocas y las acciones antrópicas.

Calzadillas (2.005) menciona como factores influyentes en la inestabilidad de las laderas, los mismos señalados por Echarry, pero aclara que los deslizamientos a lo largo de superficies con cohesión y fricción, ocurren en suelos residuales o masa saprolítica, con rotura durante o después de precipitaciones con más de 100 mm/día.

Alzate (2.005) afirma que la inestabilidad del territorio se observa en diferentes tipos de materiales: rocas, suelos, materiales de relleno. Estos materiales encuentran su

estabilidad en niveles posicionales de menor energía, consiguiéndola mediante movimientos de masas conocidas como deslizamientos.

Los deslizamientos ocurren cuando se sobrepasa la resistencia al corte del material y en el caso de los suelos arcillosos se presenta cuando la relación D/L varía entre 0.15 y 0.33, anotando que D es la profundidad del volumen de tierra a deslizarse y L la longitud del área a ponerse en movimiento ladera abajo.

Análisis

Los autores antes citados manifiestan posiciones conceptuales distintas entre sí, al comentar la inestabilidad de la tierra en un lugar, llamándola indistintamente inestabilidad de las laderas, inestabilidad del territorio, deslizamiento de tierras, deslizamiento en el tiempo y erodabilidad del suelo.

En términos generales, el componente suelo lo articulan con otros componentes abióticos y bióticos del sistema natural, pero resaltando cada uno de aquellos autores, la(s) variable(s) ambiental(es) que desde su punto de vista y sustento técnico, incide(n) en mayor proporción en el movimiento de la tierra cuando busca su estabilidad posicional.

En lo que atañe particularmente al suelo, para Zúñiga (2.000), Gobernación de Cundinamarca y PNUD (1.991) y Sánchez (2.002) es muy importante el movimiento del agua en el substrato edáfico, ya sea interpretado a través de la permeabilidad del

suelo, la saturación hídrica y posición del terreno o la dinámica del agua y la estructura del solum en el perfil. No lo interpretan de igual manera Echarry (2.005), Calzadilla (2.005) y Alzate (2.005), porque en su orden, destacan con mayor significancia a la textura y a la expansión de las arcillas, al origen del suelo y la precipitación y, a la pendiente del terreno con las arcillas (textura) del suelo.

Atendiendo lo antes escrito, en la inestabilidad del suelo intervienen de manera interrelacionada características intrínsecas físicas y químicas de sus distintos horizontes, tales como la textura, la materia orgánica, la estructura y la permeabilidad, las cuales en esencia facilitan o entorpecen el movimiento del agua a través del perfil, ya sea en su desplazamiento vertical descendente y/o descendente y/o en su flujo horizontal, aspectos que aunados a factores externos del orden abiótico en nuestro caso, se tratan en este documento.

Argumento

En la determinación de zonas homogéneas de inestabilidad edáfica en los municipios, es de gran utilidad la aplicación de metodologías cualitativas que incluyan en su conformación, parámetros y variables ambientales con apropiada información y fácil consecución.

Parámetros y variables del sistema natural que sean posibles de representar en mapas temáticos, para luego superponer técnicamente y poder así delimitar las zonas problema. De tal manera que es preferible elegir pocos componentes, parámetros y

variables con apropiados niveles de resolución cartográfica, en lugar de varios con información incierta. La integración de mapas se aconseja llevarla a cabo bajo la premisa de igual valor para cada uno de ellos, evitando de esa forma la subjetividad que le pueda asistir a quienes la realicen.

En el momento de precisar las variables a emplear, conviene iniciar con las abióticas y seguir después con las bióticas; decidiéndose en lo mínimo por tres de ellas, con registros confiables y verificables y de fácil delimitación en el terreno.

Al tenor de lo antes señalado, al limitar zonas homogéneas de inestabilidad del suelo, técnicamente es apropiado al menos integrar del sistema natural tres componentes abióticos, tres parámetros (uno por cada componente) y tres variables (una por cada parámetro).

A continuación se da a conocer el procedimiento cualitativo para determinar áreas de inestabilidad natural del suelo, teniendo en cuenta lo abiótico en dos escenarios diferentes. Así mismo, en un tercer escenario se muestra la interrelación de áreas de inestabilidad natural del suelo con áreas de inestabilidad del subsuelo, integración cualitativa para determinar la inestabilidad natural del terreno, inestabilidad también conocida como amenaza de remoción en masa.

Primer escenario

Escenario fundamental con parámetros de igual peso o importancia.

-Componente edáfico, parámetro profundidad perfil, variable erosionabilidad del perfil (erosionabilidad promedio de todos los horizontes).

-Componente climático, parámetro precipitación, variable cantidad lluvia anual.

-Componente geomorfológico, parámetro inclinación natural terreno, variable pendiente compleja (por presencia de varios paisajes y o relieves)

- En lo edáfico se utiliza del anexo la clasificación de erosionabilidad de Zúñiga (2.011), valorando con 1 la baja erosionabilidad (0,1 a 0,89 T/ha/año), con valor de 2 la media erosionabilidad (0.9 a 1.13 T/Ha/año), con valor de 3 la alta erosionabilidad (1.14 a 1,53T/Ha/año) y con valor de 4 la muy alta erosionabilidad (> 1,53 T/Ha/año).

Pertinente con lo climático se emplea del anexo la clasificación de pluviosidad de la Organización Metereológica Mundial – adaptada por el autor- asignándole un valor de 1 a las precipitaciones de insuficientes a escasas (0 a 500mm), con valor de 2 las lluvias suficientes (500 a 1.000 mm), con valor de 3 las precipitaciones abundantes (1.000 a 2.000mm) y con valor de 4 la pluviosidad excesiva (>2.000mm).

Relacionado con lo geomorfológico (del anexo) se aplica la clasificación de pendientes complejas, señalándole un valor de 1 al rango bajo de pendientes (0-25%), un valor de 2 al rango medio de pendientes (25 – 35%), un valor de 3 al rango

alto de pendientes (35 -100%) y un valor de 4 al rango muy alto de pendientes (>100%).

La interrelación de las valoraciones asignadas se efectúa de la siguiente manera:

Erosionabilidad perfil: 1- 2 – 3 - 4

Pendiente: 1 – 2 – 3 – 4

Precipitación: 1 – 2 – 3 – 4

Valor mínimo de interrelación: $1 \times 1 \times 1 = 1$

Valor máximo de interrelación: $4 \times 4 \times 4 = 64$

Valor medio de la interrelación: 32

Con los valores anteriormente calculados se elabora la siguiente tabla:

Tabla No 1: Inestabilidad natural del suelo. Primer escenario.

RANGO	VALOR	CLASE
1	0-16	Baja
2	17-32	Media
3	33-48	Alta
4	49-64	Muy Alta

Los valores de la Tabla No 1 se obtienen al superponer los mapas temáticos erosionabilidad del perfil, Isoyetas y pendientes complejas. A continuación dos ejemplos posibles para aplicación.

Si al sobreponer los mapas antes señalados, se obtiene una zona con erosionabilidad de 0.67 T/Ha/año, con precipitación de 1.500 milímetros año y pendiente compleja del 30%, tendríamos un valor máximo de interrelación de 6 (1 X 3 X 2), cifra que permite ubicar a la zona en el primer rango de clasificación, con denominación de baja inestabilidad del suelo.

De igual manera, al sobreponer los mapas anteriormente señalados, se determina una zona con erosionabilidad de 1.4 T/Ha/año, con precipitación de 1.500 milímetros año y pendiente compleja del 40%, se obtiene un valor máximo de interrelación de 36 (4 X 3 X 3), cifra que permite ubicar al área en el tercer rango de clasificación, denominándose por lo tanto como zona de alta inestabilidad del suelo.

Segundo escenario

Es un escenario básico, en donde los parámetros tienen igual peso o importancia. Se diferencia del anterior por el uso de pendientes simples, en lugar de pendientes complejas.

- Componente edáfico, parámetro profundidad del perfil, variable erosionalidad de todos los horizontes
- Componente climático, parámetro precipitación, variable cantidad lluvia anual.
- Componente geomorfológico, parámetro inclinación natural terreno, variable pendiente simple (por presencia de un solo tipo de relieve)

Al abordar lo edáfico se utiliza del anexo la clasificación de erosionabilidad de Zúñiga (2.011), valorando con 1 la baja erosionabilidad (0,1 a 0,89 T/ha/año), con valor de 2 la media erosionabilidad (0.9 a 1.13 T/Ha/año), con valor de 3 la alta erosionabilidad (1.14 a 1,53T/Ha/año) y con valor de 4 la muy alta erosionabilidad (> 1,53 T/Ha/año).

En lo climático se aplica del anexo la clasificación de pluviosidad de la Organización Metereológica Mundial – adaptada por el autor- asignándole un valor de 1 a las precipitaciones de insuficientes a escasas (0 a 500mm), con valor de 2 las lluvias suficientes (500 a 1.000 mm), con valor de 3 las precipitaciones abundantes (1.000 a 2.000mm) y con valor de 4 la pluviosidad excesiva (>2.000mm).

En lo geomorfológico (del anexo) se usa la clasificación de pendientes complejas, señalándole un valor de 1 al rango bajo de pendientes (0-25%), un valor de 2 al rango medio de pendientes (25 – 35%), un valor de 3 al rango alto de pendientes (35 - 100%) y un valor de 4 al rango muy alto de pendientes (>100%).

La interrelación de las valoraciones asignadas se efectúa como sigue:

Erosionabilidad perfil: 1- 2 – 3 - 4

Pendiente: 1 – 2 – 3 – 4

Precipitación: 1 – 2 – 3 – 4

Valor mínimo de interrelación: $1 \times 1 \times 1 = 1$

Valor máximo de interrelación: $4 \times 4 \times 4 = 64$

Valor medio de la interrelación: 32

Con los valores anteriormente calculados se elabora la siguiente tabla:

Tabla No 2: Inestabilidad natural del suelo. Segundo escenario.

RANGO	VALOR	CLASE
1	0-16	Baja
2	17-32	Media
3	33-48	Alta
4	49-64	Muy Alta

Los valores de la Tabla anterior son resultado de la superposición de los mapas temáticos erosionabilidad del perfil, isoyetas y pendientes simples. A continuación se ilustran dos ejemplos posibles para aplicar en predios con un solo tipo de relieve. .

Al sobreponer los mapas antes señalados, se obtiene una zona con erosionabilidad del perfil de 0,56 T/Ha/año, con precipitación de 1.500 milímetros año y pendiente simple del 30%, calcularíamos un valor máximo de interrelación de 9 ($1 \times 3 \times 3$), cuantificación que permite ubicar a la zona en el primer rango de clasificación, con denominación de baja inestabilidad del suelo.

Así mismo, si como resultado de la sobreposición de los mapas arriba enunciados, se delimita una zona con erosionabilidad del perfil de 1,05 T/Ha/año, con precipitación de 2.500 milímetros año y pendiente simple del 55%, se obtiene un valor máximo de

interrelación de 32 (2 X 4 X 4), cifra que permite ubicar al área en el segundo rango de clasificación, el cual relaciona las áreas de media inestabilidad del suelo.

Tercer escenario

En este escenario se articula la inestabilidad natural del suelo con la inestabilidad natural del subsuelo en un mismo lugar del terreno.

Tabla No 3: Inestabilidad natural del suelo en tercer escenario

RANGO	VALOR	CLASE
1	1	Baja
2	2	Media
3	3	Alta
4	4	Muy Alta

Tabla No 4: Inestabilidad natural del subsuelo en tercer escenario

RANGO	VALOR	CLASE
1	1	Baja
2	2	Media
3	3	Alta
4	4	Muy Alta

Las articulaciones de las valoraciones asignadas en las tablas anteriores se efectúan de la siguiente forma:

Inestabilidad natural del suelo 1 – 2 – 3 – 4

Inestabilidad natural del subsuelo: 1 – 2 – 3 – 4

Valor mínimo de articulación: $1 \times 1 = 1$

Valor máximo de articulación: $4 \times 4 = 16$

Valor medio de la articulación: 8

Con los valores anteriormente calculados se elabora la tabla a continuación:

Tabla No 5: Inestabilidad natural del terreno:

RANGO	VALOR	CLASE
1	1,2,3	Baja
2	4,6,8	Media
3	9,12	Alta
4	16	Muy Alta

3- CIERRE

Al determinar áreas con inestabilidad natural del suelo en los planes de ordenamiento territorial de los municipios, técnicamente es apropiado interrelacionar las variables abióticas erosionabilidad del perfil del suelo, precipitación anual y pendientes.

Al calcular la inestabilidad natural del suelo para un predio en un lugar particular, y en el mismo aparezca un solo tipo de relieve, las pendientes a interrelacionar son de carácter simple; cuando se presenten en el inmueble varios paisajes geomorfológicos y/o varios relieves se aconseja tener en cuenta las pendientes complejas.

Al entrar a definir áreas de inestabilidad natural del terreno, técnicamente y de manera cualitativa, es viable la interrelación de áreas de inestabilidad natural del suelo con zonas de inestabilidad subsuelo, encontrando de esta manera, espacios físicos susceptibles a deslizarse como fenómenos de remoción en masa.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA CITADA

ALZATE, Raúl de Jesús. Estabilidad de taludes con aplicación en zonas húmedas. Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, Quibdó. 2.005.

CALZADILLA, María. Efecto del agua sobre las rocas y los suelos. Curso internacional de capacitación sobre fundamentos para el monitoreo y pronóstico de fenómenos hidrometeorológicos. Santo Domingo. 2.005. Estracto de <http://hercules.cedex.es/hidráulica/PROHIMET/RD05/PresRDo5/calzadilla.pdf>

ECHARRY, Luis. Movimiento de la tierra y aludes. Ciencias de la tierra y medio ambiente. Tema 8. Libro electrónico. 2.005. <http://www.tecnum.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/08RiesgN/140MovTierr.htm>.

GOBERNACION DE CUNDINAMARCA - PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO – PNUD. E Evaluación ambiental de amenazas naturales en el Departamento de Cundinamarca. Bogotá, 1.991.

SANCHEZ, Reinaldo, MAYORGA, Ruth, URREGO, Luis, VARGAS, Germán. Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real. Simposio Latinoamericano de Control de Erosión. Ideam. 2.002.

ZÚÑIGA PALMA, Henry. Valoración apropiada de la permeabilidad del suelo, cualidad importante en la determinación de la erosionabilidad del territorio. 2.010.
<http://gemini.udistrital/edu.co/comunidad/docentes/hzunigap>

ZÚÑIGA, Henry. Hagamos el Ordenamiento Territorial del Sector Rural de Nuestro Municipio. Bogotá D.C.: Universidad Distrital. 2000. Extractado de
<http://gemini.udistrital/edu.co/comunidad/docentes/hzunigap>

ZÚÑIGA, Henry.. La inestabilidad natural del subsuelo es una amenaza natural, a considerar en el ordenamiento territorial de los municipios del país
2.011 <http://gemini.udistrital/edu.co/comunidad/docentes/hzunigap>

OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

CORPOBOYACÁ – U. DISTRITAL. Plan de ordenamiento ambiental del territorio jurisdicción de Corpoboyacá. Bogotá 1.997.

CORPOBOYACÁ – U. DISTRITAL. Plan de manejo para el uso sostenible del recurso hídrico de los páramos de Guina, Guantiva y Onzaga del Departamento de Boyacá. Bogotá. 1.997

INVERNAR ASESORES LTDA. Estudio regional de ordenamiento ambiental de la zona minera del carbón en el área del Valle del Cauca y Cauca._Convenio CVC – CARBOCOL. Cali ,1.993.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE - MMA. Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Madrid: Secretaría General del Medio Ambiente. Madrid. 1996.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO - MOPU. Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Madrid: 1981.

ZUÑIGA, Henry. Estudio de ordenamiento ambiental de la pequeña y mediana minería del carbón en el área de norte de Santander_ Corponor. Cúcuta. 1.993

GRUPO TÉCNICO DE APOYO

SÁNCHEZ, Heliodoro. I.F. (Premio Mundial Kenton Miller a la Innovación para la Sostenibilidad de Áreas Protegidas. Año 2007). Revisión texto.

FIGUEROA ALBERTO IF. Esp.M.Sc. Edición página Web.

ZUÑIGA PIER PAOLO Adm Emp. Esp. Revisión documental soporte.

ANEXO 1: Tablas

Tabla 1 Anexo: Erosionabilidad del perfil del suelo

Rango	Valor (T/Ha/año)	Clase
1	0,01 – 0,89	Baja
2	0,90 – 1,13	Media
3	1,14 – 1,53	Alta
4	>1,53	Muy Alta

Fuente: Zúñiga (2011). La inestabilidad natural del subsuelo es una amenaza natural,, a considerar en el ordenamiento territorial de los municipios del país.(Ensayo Técnico). Adaptado por el autor

Tabla 2 Anexo: Relación rangos pendientes simples y pendientes complejas:

Pendiente simple (%) (en una sola dirección)	Pendiente compleja (%) (en varias direcciones)	Clase
0 - 15	0 - 25	Baja
15 - 25	25 - 35	Media
25 - 50	35 - 100	Alta
> 50	> 100	Muy Alta

Fuente: Zúñiga (2010). La pendiente compleja atributo del territorio, útil en el ordenamiento espacial del municipio (Ensayo Técnico) – Adaptado por el autor

Tabla 3 Anexo: Clasificación de la pluviosidad:

Pluviosidad (mm)	Calificación
0 - 200	Insuficiente
200 - 500	Escasa
500 - 1000	Suficiente
1000 – 2000	Abundante
> 2000	Excesiva

Fuente: Organización Meteorológica Mundial. 1993. <http://es.wikipedia.org/>

Wiki/luvia.