

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE PENDIENTES

Gonzalo Hernández¹

RESUMEN

Se expone aquí una metodología, de tipo gráfica, para la elaboración de mapas de pendientes; se explica su fundamento teórico, diseño y aplicación. A la vez se citan ejemplos reales de su aplicación y las posibles ventajas en comparación con otros métodos.

SUMMARY

We expose a type of graphic methodology for the elaboration of slopes maps; their theoretical foundation, design and applications is explained. At the same time we appointment real examples of their application and the possible advantages in comparison with other methods.

1. Profesor, Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional.

I. INTRODUCCIÓN

Elaborar mapas en los que se represente la distribución espacial de los cores de inclinación o pendiente del terreno, constituye un ejercicio cartográfico de suma importancia en las ciencias relacionadas con estudios de la superficie terrestre; "la pendiente es el factor principal que determina y diferencia las formas del relieve... además la pendiente impone límites en el uso del suelo y en la agricultura a través de sus efectos en la erosión y en las técnicas de cultivo; y como consecuencia de esto, las diferentes clasificaciones del terreno toman como uno de los principales factores a la pendiente" (López, 1977). Los estudios del relieve principalmente de pendientes, así como su evolución representan una necesidad fundamental para la adecuada planeación del uso del suelo y los planes de desarrollo de una región o país (Quero, 1980).

Se expone aquí una metodología gráfica, para la elaboración de mapas de pendientes cuya principal característica es su precisión para representar los cambios "graduales" o "bruscos" que se presentan en forma aleatoria sobre la superficie de la tierra. Su aplicación resulta en un *mapeo* muy exacto de las características fisiográficas reales del terreno. Estos tipos de mapas son un instrumento de gran importancia en estudios geomorfológicos, capacidad de uso, mapeo de suelos, riesgos naturales, ingeniería de caminos, manejo de cuencas entre otros.

Aunque actualmente los Sistemas de Información Geográfica (SIG), posibilitan la elaboración de mapas de pendientes, el tedioso proceso que esto requiere, principalmente la digitalización de curvas de nivel, consume tiempo y recursos valiosos; en muchas ocasiones los mapas generados con SIG's resultan en la generación de polígonos que poco o nada tienen que ver con las condiciones reales del terreno.

En la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional, en una valoración de ambos métodos (SIG vrs Método Gráfico) para ser aplicados en estudios de ordenamiento territorial a escala 1:10.000, se ha comprobado que el método gráfico ofrece resultados más confiables y exactos, e incluso los mapas se obtienen para su aplicación en un menor período de tiempo.

La metodología consiste en una plantilla diseñada para identificar diversos rangos de pendientes, ya sea en gradientes o en porcentajes, la cual se desplaza sobre el mapa de tal manera, que busca asociar la "abertura" o

distancia horizontal entre curvas con un determinado rango de la plantilla, asignándose al espacio analizado un identificador (número, color, achurado, etc.) según la categoría de pendiente que posea.

II. DESCRIPCIÓN

El principio teórico en el que se fundamenta el diseño de la plantilla, es que en mapas topográficos con curvas de nivel la pendiente relativa del terreno queda reflejada por la separación o distancia horizontal entre curvas, a saber, cuanto más “juntas” estén las curvas mayor será la pendiente o inclinación del terreno, y a la inversa cuanto más “separadas” estén las mismas, más “suave” será la pendiente.

Dados dos puntos de diferente altitud entre sí, se entiende como “pendiente del terreno”, a la razón matemática determinada por la relación proporcional que existe entre la diferencia de altitud o vertical y la distancia horizontal entre ambos puntos.

Existen dos formas principales de expresar la pendiente, mediante porcentajes o mediante grados sexagesimales, éstas se calculan por las expresiones matemáticas:

$$(1) \quad P = (da / dh) \times 100 \text{ (como porcentaje)}$$

$$(2) \quad P = (da / dh) \text{ InvTang. (en grados sexagesimales)}$$

En donde:

P = Pendiente del terreno en porcentaje o en grados sexagesimales

da = diferencia de altitud en metros entre dos puntos dados.

dh = distancia horizontal en metros entre los dos puntos dados

InvTang. = arcotangente (inversa tangente)

De las fórmulas 1 y 2, podemos derivar las fórmulas para el diseño de la plantilla. Antes es necesario mencionar que la función básica por la cual opera la plantilla es, que la misma “mide” la “separación” entre curvas, con base en el intervalo de las mismas y la escala del mapa, asigna una clase de pendiente determinada.

III. CÁLCULO DE PLANTILLA

3.1. Para pendientes en porcentajes

$$(3) (Im / P/100) / (ESC/1000) = x \text{ mm}$$

En donde:

Im = Intervalo en metros entre curvas de nivel

P = Pendiente en porcentaje

ESC = Escala del mapa (sólo consecuente)

xmm = Altura en milímetros (espacio) entre líneas de la plantilla para la pendiente dada

3.2 Para pendientes en grados

$$(4) (Im/\text{Tang } P) / (ESC/1000) = \text{xmm}$$

En donde:

Im = Intervalo en metros entre curvas de nivel

Tang = tangente.

P = pendiente en grados sexagesimales

ESC = Escala del mapa (sólo consecuente)

Xmm = Altura en milímetros (espacio) entre líneas de la plantilla para la pendiente dada

EJEMPLO Nº 1

Se requiere elaborar un mapa de pendientes en porcentajes a escala 1:50.000, usando los siguientes rangos:

0% - 3% Plano o casi plano

- 3% - 8% Ligeramente ondulado
- 8% - 15% Moderadamente ondulado
- 15% - 30% Ondulado
- 30% - 60% Fuertemente ondulado
- 60% - 75% Escarpado
- 75% y más Fuertemente escarpado

El mapa a diseñar es un mapa de escala 1:50.000 con intervalo de curvas intermedias cada 20 metros y curvas índice cada 100 metros.

Aplicación para el rango pendiente de 3% a 8% y curvas de nivel cada 20 metros.

- a. $\frac{20m}{(3/100)} / (50.000/1000) = 13,33mm$
- b. $\frac{20m}{(8/100)} / (50.000/1000) = 5mm$

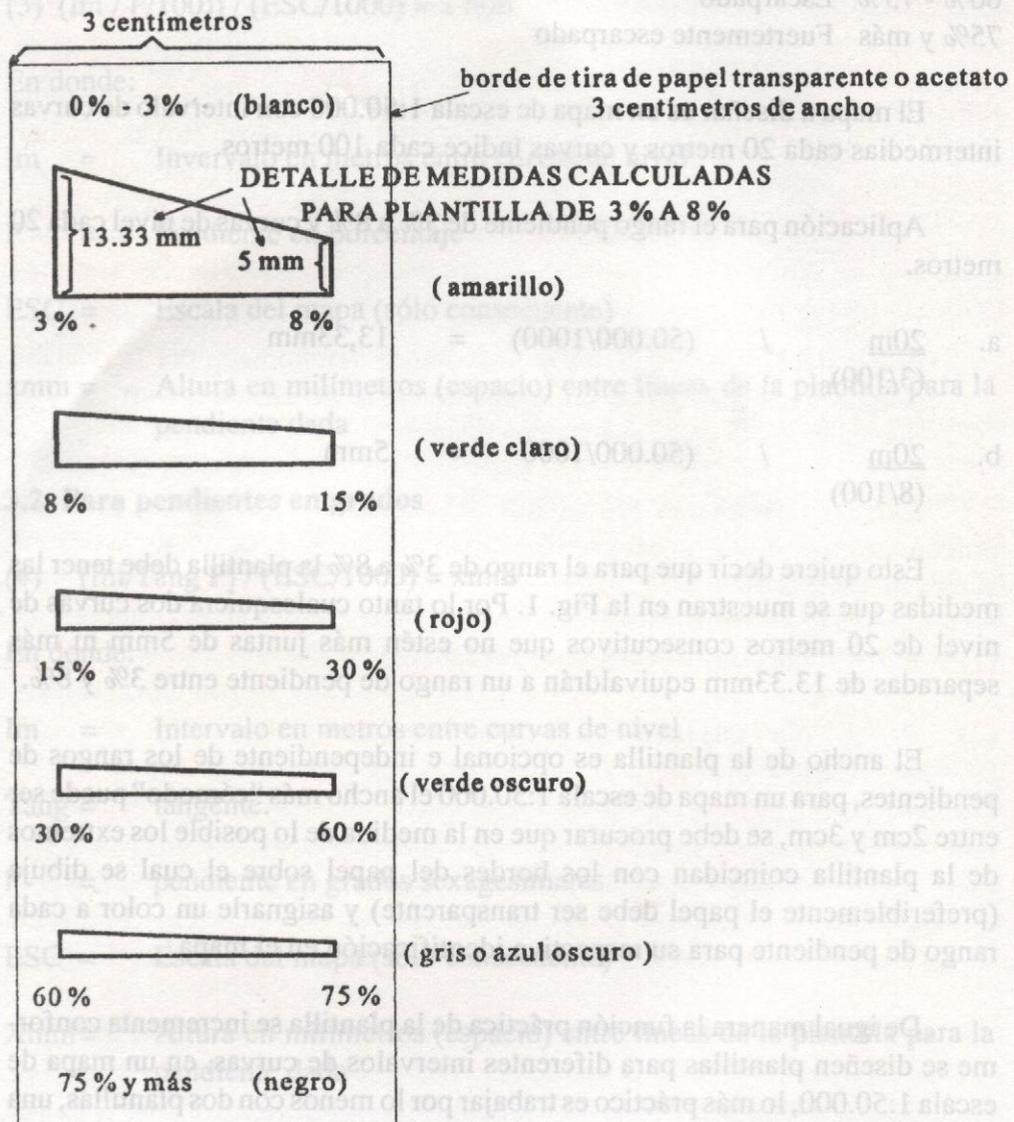
Esto quiere decir que para el rango de 3% a 8% la plantilla debe tener las medidas que se muestran en la Fig. 1. Por lo tanto cualesquiera dos curvas de nivel de 20 metros consecutivos que no estén más juntas de 5mm ni más separadas de 13.33mm equivaldrán a un rango de pendiente entre 3% y 8%.

El ancho de la plantilla es opcional e independiente de los rangos de pendientes, para un mapa de escala 1:50.000 el ancho más "cómodo" puede ser entre 2cm y 3cm, se debe procurar que en la medida de lo posible los extremos de la plantilla coincidan con los bordes del papel sobre el cual se dibuja (preferiblemente el papel debe ser transparente) y asignarle un color a cada rango de pendiente para su respectiva identificación en el mapa.

De igual manera la función práctica de la plantilla se incrementa conforme se diseñen plantillas para diferentes intervalos de curvas, en un mapa de escala 1:50.000, lo más práctico es trabajar por lo menos con dos plantillas, una para curvas cada 20 metros y otras para curvas cada 100 metros, ya que en la mayoría de los mapas existen espacios con curvas de nivel muy "juntas" que impiden la aplicación de la plantilla para un intervalo determinado, quedando solamente la alternativa de aplicar otra plantilla basada en un intervalo más abierto de curvas.

$$(20/0,087488663) / 50 = 4,57mm$$

FIGURA N° 1
PLANTILLA PARA MEDIR PENDIENTES DEL TERRENO (EN
PORCENTAJES) (por Gonzalo Hernández)



Nota: la figura N° 1, solamente es un ejemplo de la apariencia de la plantilla, las proporciones de la misma corresponden con las medidas reales.

Seguidamente se anotan los datos para la elaboración de dos plantillas con los rangos de pendientes mencionados anteriormente, una para curvas de nivel cada 20 metros y otra para curvas de nivel cada 100 metros en un mapa de escala 1:50.000 (Figura N° 2).

CUADRO N° 1
DATOS PARA ELABORAR PLANTILLA PARA PENDIENTES EN
PORCENTAJE
MAPEO A ESCALA 1:50.000

<i>Pendiente en porcentaje</i>	<i>Curvas cada 20 mts</i>	<i>Curvas cada 100 mts</i>
3%	13,33 mm	66,55 mm
8%	5,00 mm	24,96 mm
15%	2,67 mm	13,33 mm
30%	1,33 mm	6,66 mm
60%	0,67 mm	3,34 mm
75%	0,53 mm	2,65 mm

Ejemplo N° 2

Elaborar un mapa de pendientes en grados a escala 1:50.000, con las siguientes categorías:

- 0° a 2°
- 2° a 5°
- 5° a 8°
- 8° a 16°
- 16° a 30°
- 30° a 35°
- 35° y más

Aplicación para curvas cada 20 metros, rango de 2° a 5°.

- a. $((20/\text{Tang } 2^\circ)) / (50.000/1000)$
 $((20/0,034920769) / 50 = 11,45\text{mm}$
- b. $((20/\text{Tang } 5^\circ)) / (50.000/1000)$
 $(20/0,087488663) / 50 = 4,57\text{mm}$

FIGURA N° 2
HOJANCHA, PENDIENTE DEL TERRENO EN PORCENTAJE.
ESCALA ORIGINAL 1:50.000
ÁREA APROXIMADA 140 KM²

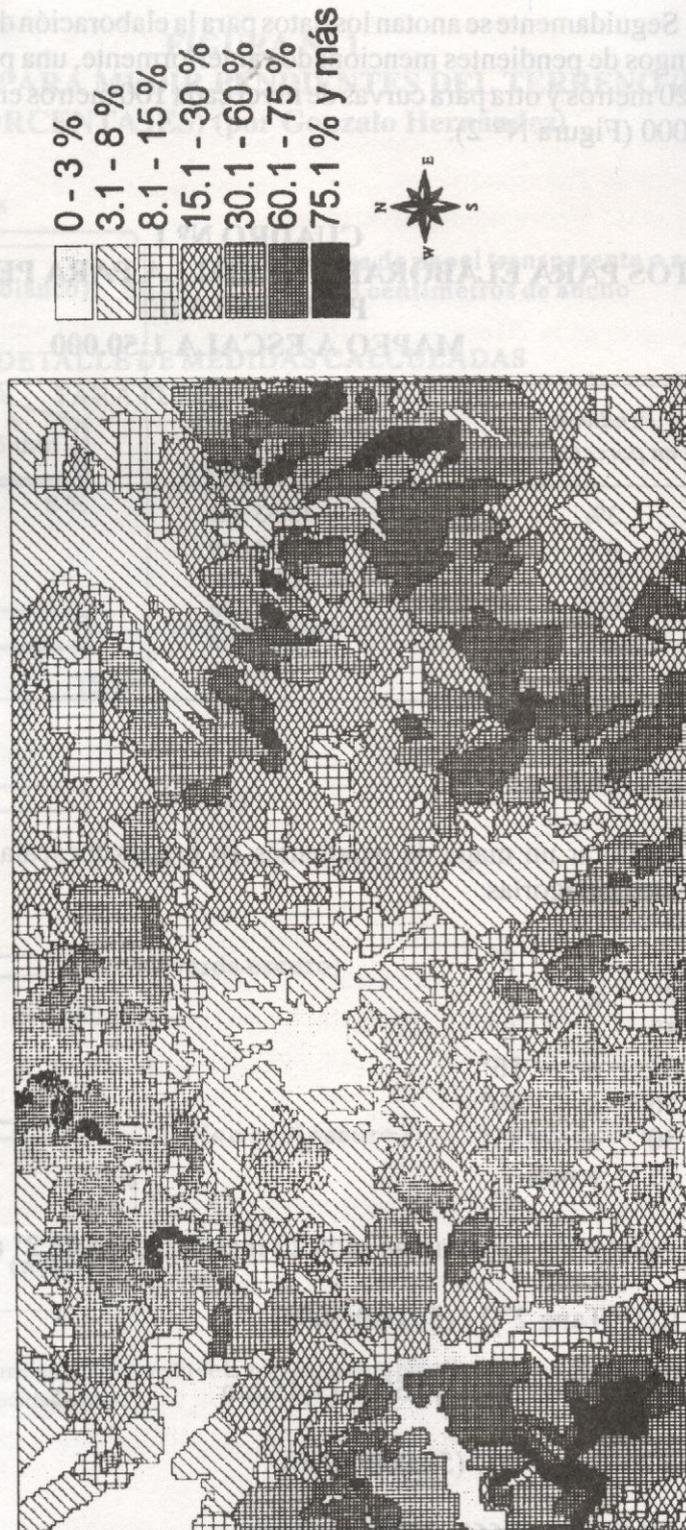
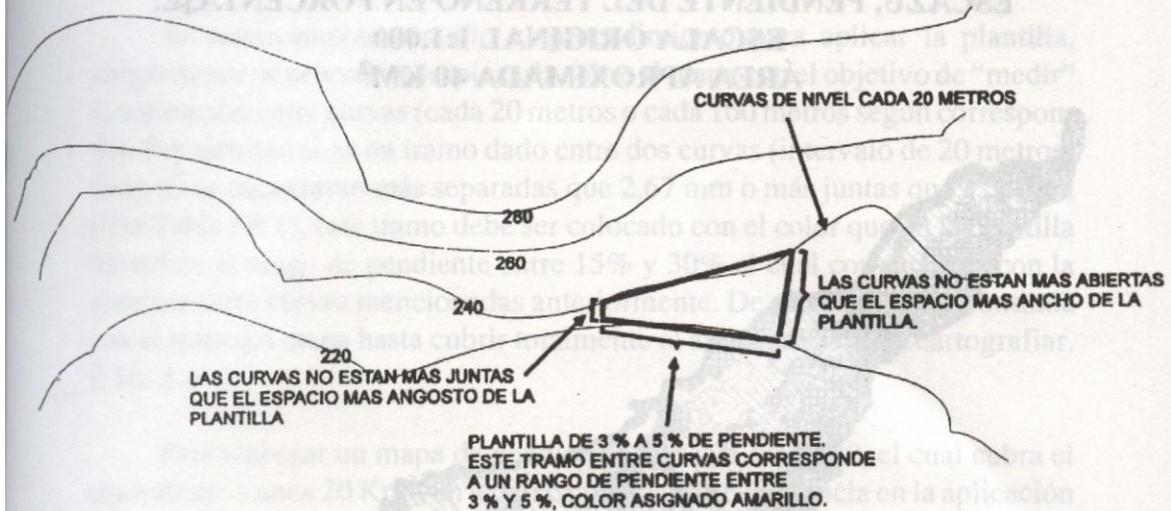


FIGURA N° 2.1
APLICACIÓN DE LA PLANTILLA 1



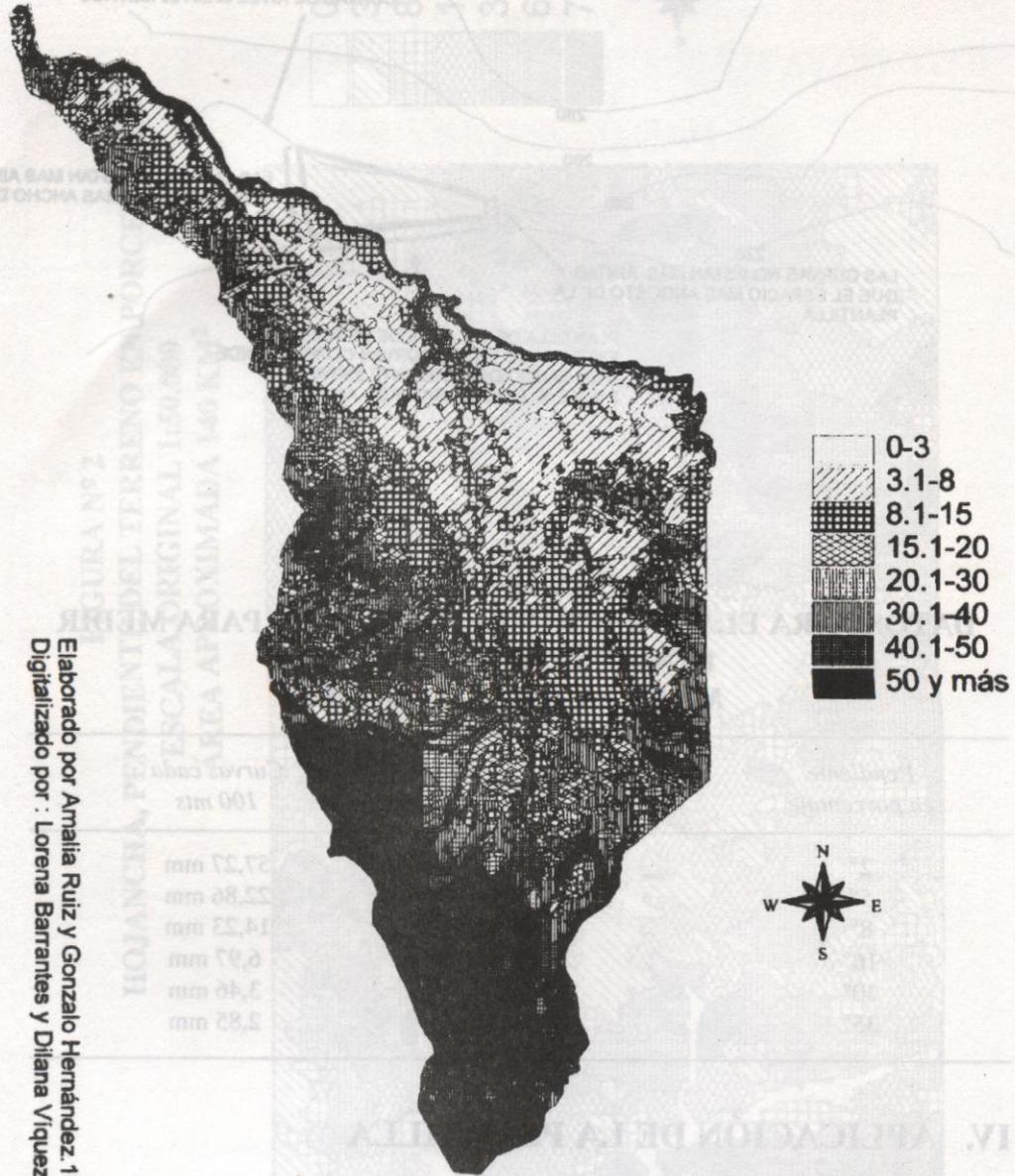
CUADRO N° 2
DATOS PARA ELABORACIÓN DE PLANTILLA PARA MEDIR
PENDIENTES EN GRADOS
MAPEO A ESCALA 1:50.000

<i>Pendiente en porcentaje</i>	<i>Curvas cada 20 mts</i>	<i>Curvas cada 100 mts</i>
2°	11,45 mm	57,27 mm
5°	4,57 mm	22,86 mm
8°	2,84 mm	14,23 mm
16°	1,39 mm	6,97 mm
30°	69 mm	3,46 mm
35°	57 mm	2,85 mm

IV. APLICACIÓN DE LA PLANTILLA

Con los datos calculados anteriormente, se procede a dibujar sobre papel transparente una plantilla semejante a la mostrada en la Fig. N° 1, a cada rango de pendiente se le asigna un color determinado, es conveniente que los colores

FIGURA Nº 3
ESCAZÚ, PENDIENTE DEL TERRENO EN PORCENTAJE.
 ESCALA ORIGINAL 1:1.000
 ÁREA APROXIMADA 40 KM²



Elaborado por Arnalia Ruiz y Gonzalo Hernández, 1998.
 Digitalizado por : Lorena Barrantes y Diliana Viquez.

más claros correspondan con los rangos más suaves de pendiente, mientras que los colores más fuertes u oscuros correspondan con las pendientes más fuertes.

Es relativamente sencillo el procedimiento para aplicar la plantilla, simplemente se procede a desplazarla sobre el mapa con el objetivo de "medir" la separación entre curvas (cada 20 metros o cada 100 metros según corresponda). Por ejemplo si en un tramo dado entre dos curvas (intervalo de 20 metros) éstas no se encuentran más separadas que 2,67 mm o más juntas que 1,33 mm (Ver Tabla N° 1), este tramo debe ser colocado con el color que en la plantilla identifica al rango de pendiente entre 15% y 30% el cual corresponde con la abertura entre curvas mencionadas anteriormente. De esta manera se continúa con el resto del mapa hasta cubrir totalmente el área que se desea cartografiar.

F 16. 2.1

Para elaborar un mapa de pendientes a escala 1:10.000, el cual cubra el equivalente a unos 20 Km², un técnico con relativa experiencia en la aplicación de la plantilla, tarda aproximadamente unas 20 horas, o sea se trabaja a un ritmo de 1 hora por kilómetro cuadrado. (Figura N° 3).

BIBLIOGRAFÍA

Leonel Somarribas Chavarría

LÓPEZ, A. 1979. "Influencia de la Pendiente del terreno en el medio gráfico". Anuario de Geografía. UNAM, México.

QUERO, Y. 1980. "Importancia de la litología de Pendientes y sus relaciones con los Procesos Morfoclimáticos en zonas volcánicas de México". Anuario de Geografía. UNAM. México.

Se pretende que este documento sirva de guía metodológica en la elaboración de los planes reguladores, en la sección correspondiente al transporte y la vialidad. Actualmente existe un vacío teórico metodológico que se refleja en una ambigüedad conceptual y en una falta de rigurosidad metodológica, provocada por la interpretación que cada uno hace de las diferentes leyes de la planificación urbana que existen en nuestro país.

1. Profesor, investigador, Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional.