

282D.V.



PLAN DE DESARROLLO DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA TRONCAL
DE
OCCIDENTE EN EL CENTRO-SUP DE CALDAS

ANEXO TECNICO

DESASTRES NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

Informe del consultor

Jorge Eduardo Hurtado Gomez

Manizales, noviembre de 1989

CONTENIDO

	página
1. La incorporación de lo ambiental en el plan de desarrollo	
1.1 Fundamentos conceptuales	
1.2 Relación de los procesos	3
2. Degradación ambiental y amenazas naturales en la región	4
2.1 Degradación ambiental	4
a.- Bosques	4
b - Aguas	5
c - Suelo	6
2.2 Amenazas naturales	12
a - Vulcanismo	12
b - Deslizamientos	15
c - Sismicidad	19

1 La incorporación de lo ambiental en el Plan de Desarrollo.

1.1. Fundamentos Conceptuales.

En el presente plan de desarrollo se ha tenido en cuenta el medio ambiente desde tres puntos de vista fundamentales:

- a) Producción.
- b) Defensa del recurso productivo ante la intervención del hombre.
- c) Mitigación del riesgo asociado a las amenazas naturales del entorno sobre los asentamientos humanos

Esta concepción es, por tanto, más amplia que la corriente en la planeación regional usual, que se restringe al primer punto de vista mencionado, al tomar el entorno natural solo en su aspecto productivo, punto de vista que se considera como rentable en comparación con los otros dos

Sin embargo, la experiencia internacional ha mostrado que dicha restricción a la consideración del ambiente natural solo como "recurso" conlleva necesariamente a largo plazo reveses económicos fuertes. Por una parte,

la degradación del ambiente aparece como resultado del uso abusivo de los medios de producción, lo que repercute negativamente sobre su rentabilidad. Por otra parte la desconsideración de los fenómenos catastróficos eventuales, tales como los sismos y la actividad volcánica, aumenta las pérdidas económicas que estos suelen producir. En consecuencia, la prevención con respecto a estos dos tipos de procesos y las medidas correctivas anticipadas aparecen como inversiones rentables a largo plazo. Esta rentabilidad, que es al parecer intangible, se refleja de varias maneras:

- a) En la menor degradación del recurso productivo.
- b) En el hecho de que las medidas correctivas tardías son siempre más costosas que las anticipadas o preventivas.
- c) En el menor desvío de recursos de las entidades estatales hacia la recuperación de las pérdidas.
- d) En la comparación de las pérdidas posibles si se hubiese seguido con la política no preventiva con las estimadas al aplicar la prevención.
- e) En el menor impacto sobre la economía de una región, planificada según estos criterios, de las catástrofes naturales y la degradación ambiental.

Quizás el hecho de que en el país no se han hecho estudios exhaustivos que señalen estos índices con precisión (v.g. no hay datos sobre el número de

ton/ha/año que se pierden por erosión en la región, ni indicativos de la relación beneficio/costo de las medidas preventivas, etc.), se comprende que se continúe concibiendo la prevención del deterioro ambiental y de los eventos catastróficos de la naturaleza solamente en su aspecto oneroso, por los costos que implica, y no en su aspecto benéfico, en sentido tanto económico como social.

Así por ejemplo, si P_0 es la pérdida económica probable asociada a una medida de planeación dada (v.g. el dejar progresar un asentamiento sobre fallas geológicas activas), P_1 la pérdida probable por una reorientación de la medida (v.g. la localización de un nuevo asentamiento que atraiga el incremento del anterior) y C el costo de la nueva implantación y sus implicaciones, puede decirse que el interés económico de la medida corregida está dado por la ecuación

$$I = P_0 - P_1 - C,$$

interés que en los diversos estudios realizados en este campo resulta por lo general altamente positivo. Esta fórmula puede usarse para comparar diferentes alternativas.

1.2. Relación de los procesos

El manejo sintético de estos dos grandes factores, la degradación ambiental y los riesgos naturales se justifica entonces por el im-

pacto negativo que tienen en un momento dado sobre la economía de una región, y las vidas humanas y la calidad de vida de las mismas. Pero también por el hecho de que ambos procesos están encadenados. Así, la erosión (entendida estrictamente como la pérdida de la capa vegetal del suelo) deja al descubierto a las capas inferiores, constituyéndose en causa de deslizamientos; la contaminación de los ríos perjudica a los habitantes que los utilicen aguas abajo ocasionando epidemias; los sismos suelen producir, además de otros desastres (incendios, deslizamientos, etc.), deterioro ambiental.

2. Degradación ambiental y amenazas naturales en la región.

2.1. Degradación ambiental

a) Bosques

Como en todo el país, existe en la región una presión deforestadora muy intensa. Los principales motivos de esta deforestación son:

- El uso en la construcción de especies como la guadua y el nogal, fundamentalmente.
- El consumo de leña en familias de bajos recursos. Este uso es de gran impacto en Palestina, Chinchiná y Manizales

- La expansión agrícola en la zona media, y la ganadera y agrícola en las zonas baja y alta
- La expansión urbana.

Existen sin embargo políticas adecuadas de conservación de los bosques de nacimiento de fuentes utilizadas en acueductos. Pero fuera de éstas, no hay en la región políticas de conservación de bosques distintas a la aplicación del Código de Recursos Naturales por parte del Inderena. El problema es particularmente grave en bosques con alto grado de riqueza faunística y floral que están en proceso de devastación. En general, son necesarias medidas más restrictivas en unos casos y más ágiles y atractivas en otros, como se detalla en la parte correspondiente a este tema en el documento central del plan.

b) Aguas

La protección exclusiva de los bosques para alimentación de acueductos hace que sean éstas las únicas aguas protegidas de la contaminación en la región. Todos los demás cauces están sometidos en grados diversos a contaminación derivada principalmente de:

- El uso agrícola, fundamentalmente el beneficio del café.

- El vertimiento de desechos industriales no tratados, principalmente en el municipio de Manizales
- El vertimiento de aguas negras sin tratamiento en todos los municipios
- La caída en los ríos de deslizamientos y erosiones

Segun el estudio realizado por SODEIC (ref 2) se ha hallado altos índices de contaminación en los cauces siguientes: quebradas Manizales y Olivares, ríos Chinchiná, Campoalegre, San Francisco y Guacaica. Estos índices se hallan caracterizados por un pH bajo, alta demanda bioquímica de oxígeno y contenido muy alto de coliformes resultantes de la contaminación por aguas negras. Es de anotar que el estudio mencionado no es exhaustivo y sólo ha cubierto a los cauces más importantes.

c) Suelo

En lo que se refiere al suelo, entendido como capa vegetal, se vienen dando en la region procesos erosivos fuertes desde hace varios años como resultado de la conjugación de varios factores:

- Las altas precipitaciones de la región, especialmente en la zona media (1800 a 2500 m s.n.m).

- Las fuertes pendientes, que asociadas a lo anterior hacen más vulnerable la capa.
- La pérdida de los bosques, la cual tiene los efectos de que el suelo queda menos confinado y que el impacto de las lluvias es más fuerte sobre la capa vegetal
- La pérdida del sombrero del café.
- El cultivo intensivo de la tierra, que retira la vegetación natural, permitiendo la formación de drenajes rápidos (cárcavas).
- Los métodos de renovación de las plantaciones de café, que dejan expuesta la capa vegetal normalmente en períodos de alta precipitación (marzo, abril, mayo).
- La construcción de vías, que deja expuestas las capas interiores de suelo que son de alta permeabilidad, por lo general, en la región.
- La conducción insuficiente de las aguas lluvias en las vías y en las propiedades rurales.

- El pastoreo en terrenos de fuerte pendiente y suelos blandos (en la zona alta especialmente) con la consiguiente producción de terracetas y, por tanto, pérdida del suelo a largo plazo

En cuanto a las capas de suelo inferiores a la vegetal, aunque no constituyen el recurso natural en sí, es necesario sintetizar aquí su problemática, ya que su deterioro implica el de aquella:

- Las cenizas volcánicas, que constituyen la mayor parte de los suelos de la región, se caracterizan por una alta permeabilidad, lo cual implica una gran capacidad de captación de agua. Esta, a su vez, ocasiona a partir de ciertos niveles de acumulación, el deslizamiento de la ladera y el deterioro de la roca basal.
- Hay un alto índice de fracturamiento de las rocas debido al cruce de la región por el sistema de fallas de Pomerol. Esta debilidad es particularmente notoria en la zona comprendida entre las fallas Neira - Aranzazu (llamada también Samaná - s) y la Pomerol - w, en la que dichas rocas son fundamentalmente esquistos de poca rigidez y alta meteorización, debida al paso del agua por las capas superficiales, tal como se mencionó en el punto anterior.
- Existen altos grados de saturación de los suelos hacia las partes topográficamente altas, lo cual ha dado origen a fenómenos de reptación su-

perforaciones o a grandes movimientos masales

- Los depósitos de lavas y lodos volcánicos, en las cauces de los ríos Chinchiná, Claro, Molinos y Nereidas presentan un alto grado de derrumbamiento por su natural falta de rigidez y por la desprotección o pérdida del drenaje marginal.

En el mapa de riesgo y deterioro ambiental que aparece en el tomo general del plan, puede verse claramente la localización de las zonas donde ocurren los mayores problemas erosivos. Estas zonas coinciden con:

a.- Aquellas donde la geología regional presenta rocas esquistosas con alto grado de meteorización y diaclasamiento (fracturamiento). Se ha visto que cuando la orientación de estas grietas coincide con la pendiente, existe una mayor probabilidad de deslizamiento, favorecida por la infiltración de agua por la capa de suelo volcánico, sea por pérdida parcial o total de la capa vegetal, sea por mal manejo de las aguas

b.- Aquellas, más específicamente, donde el cultivo del café se realiza con poco o sin sombrero

c.- Zonas con pendientes entre 5 y 25 por ciento

La conjunción de estos dos factores parece la determinante de los problemas erosivos más críticos de la región, más importantes que los

causados por otros tipos de cultivos o por el sobrepastoreo. Por esta razón son los que mayor atención deben recibir en la planeación regional.

En lo que sigue presentamos un estimativo (que debe tomarse sólo como guía ilustrativa) de pérdidas del suelo por dicho tipo de cultivo, basados en la ecuación general de pérdida del suelo

$$A = 2.24 RKLSCP,$$

donde P = factor de erosividad por lluvia. Hemos estimado su valor en 150, característico de la zona andina

K = factor de erodabilidad, dependiente del tipo de suelo. No hay mediciones precisas que indiquen su valor para los suelos regionales. Pero debido a que la característica general de éstos es de ser limos arenosos, lo estimamos en 0.24.

L = factor de longitud de la ladera (estándar)

S = factor de pendiente de la ladera (estándar)

C = factor de cultivo. Howeler (ref. 8) lo estima para el café sin sombrío entre 0.1 y 0.3. Asumimos un valor intermedio de 0.2

P = factor de protección. Hacemos el estimativo suponiendo un

cultivo por líneas ortogonales a la pendiente, tal como es recomendable

Con estos valores realizamos el estimativo siguiente, variando la longitud de la ladera y su inclinación:

TABLA I

PERDIDAS DE SUELO ESTIMADAS EN CULTIVOS DE CAFE SIN SOMBRIO
(ton/ Ha/año)

Longitud de la ladera, mts	5%	10%	15%	20%	25%
50	5.0	12/8	24.1	<u>39.0</u>	<u>57.4</u>
100	7.0	18.0	<u>34.1</u>	<u>55.1</u>	<u>81.2</u>
150	8.6	22.1	<u>41.7</u>	<u>67.5</u>	<u>99.4</u>
200	9.9	25.5	<u>48.2</u>	<u>78.0</u>	<u>114.8</u>

Si, como se admite normalmente, tomamos como pérdida máxima admisible un valor de 30 ton/Ha/año, las cifras subrayadas indicarían las combinaciones de longitud y pendiente que exceden ese valor y en las que

se deben estudiar mecanismos correctivos más severos.

En el documento central del plan se encuentra una matriz que resume el estado de patología ambiental de los municipios en su área territorial, la cual puede ser útil para la definición de políticas de intervención en este campo

2.2. Amenazas Naturales

a) Vulcanismo

En el momento presente la atención de los vulcanólogos y de la población en general se encuentra centrada sobre la actividad del Volcán Nevado del Ruiz. Los problemas que se han derivado o pueden derivarse de una erupción del mismo son.

- Caída de piroclastos en las regiones aledañas al crater.
- Caída de cenizas sobre una extensión aproximada de 20.000 has, la cual depende de la dirección del viento en el momento de la erupción, y que tiene especial efecto negativo en la ganadería y en la quema de plantaciones.

- Flujos de lodo que seguirían el curso de los ríos (en su orden) Nereidas, Molinos, Claro, Chinchina y Cauca. Su amenaza principal es la de destrucción de viviendas, plantaciones e infraestructura adyacentes a estos ríos. La localidad más afectada sería Chinchiná.

Sin embargo, otros estudios subrayan la amenaza proveniente del Volcán Cerro Bravo. De una erupción de este, amenaza que aun no está cuantificada, podrían resultar impactos negativos sobre el río Chinchiná en su parte alta y las quebradas Manizales y Tesorito, afectando a las poblaciones de Manizales (en su sector sur) y Villamaria (en su sector norte), en caso de que persista la aproximación urbana, industrial e infraestructural hacia él. Esto se halla apoyado en la evidencia de extensas zonas de acumulación de flujos de lodo en dicho sector.

De la referencia 1.2 hemos tomado la siguiente tabla que muestra los máximos valores probables de altura, ancho y velocidad de la avalancha proveniente del Volcán Arenas del Nevado del Ruiz, en el río Chinchiná hasta la ciudad del mismo nombre.

TABLA 2

Valores máximos probables de altura
 ancho y velocidad de la avalancha
 de flujos de lodo por erupción del Volcán Arenas
 en el río Chinchiná

Distancia kms	Altura Mts	Ancho Mts	Velocidad Mts./Seg
1,75	14,7	61	10,6
6,75	24,7	121,8	4,0
11,25	18,9	123,6	5,4
25,0	19,5	126,8	5,1
29,0	19,1	144,1	4,6
44,0	20,35	152,4	4,1
50,0	23,4	141,5	3,2

Es de notar, pues, que conforme nos alejamos del punto de emisión la velocidad de la avalancha disminuye ya que la pendiente de los cauces se hace

menor. Como la simulación fue hecha solo hasta la localidad de Chinchiná, es de esperar que en lo sucesivo hasta la desembocadura del río a estas velocidades sean aun menores. Esto lleva a la conclusión de que su impacto sobre las margenes en los sectores de La Manuela y Santaguada no sean muy fuertes aunque debe realizarse de todas formas la protección mencionada de las mismas.

En cuanto a la altura, el cruce de vías sobre el río debe hacerse con una altura mínima de 30 mts. para evitar el aislamiento de subregiones o de la región en su conjunto en caso de darse tal erupción.

b) Deslizamientos

Aunque la problemática general de deslizamientos ya ha sido mencionada en el punto anterior, es necesario señalar aquí los motivos que la convierten directamente en amenaza para el hombre en esta región. De hecho, la ubicación de las ciudades sobre zonas de fuerte pendiente lleva implícito el riesgo de deslizamiento de zonas pobladas, tal como ha sido frecuente en ellas. Este problema se ve agravado por las circunstancias siguientes:

- El desplazamiento de las clases de menores recursos hacia las zonas críticas y que resultan así densamente pobladas.

En los barrios así conformados se retira la vegetación, se expone el suelo a las precipitaciones, y se carece por lo general de un manejo de aguas lluvias y negras adecuado, todo lo cual aumenta la susceptibilidad de estos terrenos al deslizamiento

- Las fugas de agua de las redes de aguas de consumo, servidas y lluvias.
- La falta de políticas de movimiento y deposición de tierras, con sus consecuentes incentivos y sanciones
- La presencia de múltiples fallas geológicas en las ciudades, principalmente en Manizales, Chinchiná y Neira, cuya actividad no se ha estudiado con la profundidad necesaria.

De otra parte, la amenaza de deslizamientos sobre redes de servicio e infraestructura repercute de manera muy fuerte sobre la economía de la población, cuando no conlleva además la pérdida de vidas humanas. En lo que respecta a la planeación regional, resultan de especial importancia las vías de comunicación, debido a su importancia económica. Así, el impacto económico de un deslizamiento sobre una vía podría calcularse como la suma de los siguientes factores

- El costo de reconstrucción del tramo afectado

- La pérdida de terreno cultivable
- La pérdida en vidas humanas.
- La pérdida económica de lo transportado
- El costo suplementario de transporte por otra vía, por lo general más lenta

Por el contrario, la prevención del problema incluiría:

- El costo de estudios más detallados.
- El costo de estructuras de protección.
- El costo del mantenimiento continuo

Basados en los mapas de erosión y morfodinámico del "Estudio de la cuenca del río Chinchiná" elaborado para CPAMSA por SODEIC, hemos elaborado la tabla siguiente que muestra el número de puntos críticos por deslizamientos (debido a diferentes causas) para las vías más importantes de la región en los que con frecuencia se han presentado deslizamientos:

TABLA 3
SITIOS CRITICOS POR DESLIZAMIENTOS EN LAS PRINCIPALES VIAS

		Sitios Criticos Historicos	Sitios Críticos Activos
Manizales	- Letras	5	0
<u>Manizales</u>	<u>- Chinchiná</u>	10	5
Manizales	- La Cabaña		
	- Santagueda	10	3
<u>La Uribe</u>	<u>- Tres Puertas</u>	12	2
Manizales	- El Rosario		
	- Chinchiná	2	2
Chinchiná	- Palestina	3	0
Palestina	- Santagueda	6	
<u>Manizales</u>	<u>- Neira</u>	12	3
La Manuela	- Chinchiná	0	0
Tres Puertas	- Irra	0	0
Chinchiná	- Santa Rosa	5	

Por otra parte, según el Estudio General de Deslizamientos en las carreteras del país, realizado por la Universidad Nacional (Bogotá), las vías de la región, correspondientes al distrito No 5 del Ministerio de Obras Públicas, ocupan el tercer lugar en el país en cuanto a los deslizamientos que se presentan en ellas. Los datos indicativos más importantes son: un factor de deslizamientos de 0,067 km/movimiento, es decir, unos 15 movimientos por kilómetro de vía; y un índice de interrupción del transporte de

137 movimientos x vehículo kilómetro día que se considera muy alto.

Este valor indica indirectamente el impacto económico de los deslizamientos, y muestra la necesidad de un mayor control de los mismos, con base en políticas de mantenimiento más rigurosa, dadas las características geológicas anteriormente mencionadas de la región

c) Sismicidad

Para efectos de la planificación regional el problema sísmico, por su naturaleza extensiva debe enfrentarse de la manera siguiente:

- Evitar la localización de asentamientos humanos e industria-

les sobre zonas adyacentes a fallas geológicas activas de la región.

- Evitar igualmente dicha localización sobre suelos y configuraciones topograficas que puedan presentar grandes amplificaciones de las ondas sismicas.
- Evitar el desarrollo urbanístico de zonas de fuertes pendientes debido a la fuerte amplificación de las ondas por las montañas.
- Analizar con cuidado el cruce de redes de infraestructura por las líneas de fallas geológicas activas

En este plan se han tenido en cuenta estos criterios hasta donde la información existente lo ha permitido. Sin embargo debe tenerse en claro que, como el problema sísmico es de carácter mucho más global que el de las otras amenazas (sobre una zona, inciden con mucha violencia sismos surgidos a distancias mayores de 100 Kms, por ejemplo), la planeación regional adecuada debe ir unida a la aplicación de normas de construcción sísmo-resistente, sin que ninguna de las dos aisladamente pueda mitigar el problema de manera apreciable. Así, según el "Estudio General de Riesgo Sísmico de Colombia" (ref. 5), sobre Manizales (lo cual puede extenderse a toda la región considerada) tienen influencia en su orden las zonas tectónicas siguientes:

Falla Cauca	35,8%
Zona de Benioff Intermedia (en el Litoral Pacífico)	27,5%
Zona de Subducción de la Placa de Nazca (en el Litoral Pacifico)	19,5%
Falla Romeral	13,5%
Falla Palestina	1,8%
Otras Fallas (lejanas)	2,7%

Esto muestra que la mitigación del riesgo sísmico en la región sólo puede hacerse por medio de la planeación regional con respecto a los sistemas de fallas Cauca y Romeral principalmente, y la aplicación de las normas de construcción sismoresistente para todo el problema global del territorio occidental del país.

Esto es particularmente cierto en la región, que se halla cruzada por tres sistemas de fallas dominantes: Cauca, Romeral y Palestina. Estos sistemas se hallan conformados a su vez por múltiples fallas de orientaciones diversas, principalmente Norte - Sur, y longitudes también diversas. De mayor peligrosidad resultan aquellas que se les ha comprobado actividad en la región (por la detección de epicentros en ella) y las de gran longitud (puesto que "transportan" la energía liberada en otro foco a través de la llamada longitud de ruptura). Pero, en general, dada las características de sistema del conjunto, las que aparezcan como secundarias pueden activar-

se a consecuencia de un sismo en otra de ellas (A este mecanismo son atribuibles posiblemente ciertas destrucciones locales sucedidas en sismos anteriores, como la destrucción de un edificio del extenso conjunto habitacional de Villa Pilar, en el sismo del 23-XI-79).

Lo anterior indica que, para la región, limitada entre el río Cauca y el Nevado del Ruiz, se debe evitar fundamentalmente el sistema de fallas de Pomerol, ya que el de Cauca se halla al occidente del río del mismo nombre, así como la localización sobre rocas diaclasadas (fracturadas) y montañas de fuerte pendiente

Las ciudades de Manizales, Villamaria y Neira, de las cuales las dos primeras son las de mayor crecimiento de las consideradas, se hallan justamente sobre el sistema de fallas mencionado, tienen por fundamento esquistos, shales, grauvacas y areniscas fuertemente diaclasados y meteorizados, y la primera de ellas, en particular, se ubica sobre pendientes fuertes. Esto conduce a pensar que son las de mayor vulnerabilidad sísmica regional, ya que se debería desestimular su crecimiento, y en particular el de las dos primeras, para reducir su riesgo potencial

En cuanto Neira, puede verse en el mapa siguiente (tomado de la referencia 6) su ubicación en la zona de mayor actividad actual en la región, lo cual debe ser tomado en cuenta por las autoridades municipales de dicho municipio para la aplicación exigente de normas de construcción sismoresis-

tente (Decreto 1400 de 1984) y la realización de estudios más detallados.

La ciudad de Chinchiná se encuentra, por otra parte, tangencial a la rama del sistema Romeral conocido como Chinchina o Filandia y para tomar una decisión acertada sobre su desarrollo debe estudiarse con detalle la actividad de dicha falla.

También puede apreciarse en el mapa que el mínimo de fallas y de actividad sísmica se encuentra en la zona de Santágueda - kilómetro 41, en donde se propone la ubicación de los nuevos asentamientos humanos, según este y los restantes criterios del plan. Pero, además, esta elección obedece al hecho de que la aceleración del suelo producida por un sismo, y de la cual depende directamente la fuerza con que este empuja la estructura, varía notoriamente con dos parámetros, de la siguiente manera:

a.- Disminuye con la distancia a la fuente del sismo

b - Aumenta en las zonas de topografía pronunciada

El primer tipo de fenómeno se halla ampliamente estudiado en la bibliografía internacional sobre el tema. Basados en un estudio reciente (ref.9) sobre mitigación de la aceleración del suelo con la distancia, y tomando los datos de la ref. 6 sobre la magnitud máxima esperada en las fallas de la región ($M_s=7.5$) y sobre las profundidades focales típicas en las fallas, elaboramos la siguiente tabla de aceleraciones pico esperadas

en roca, en terminos de la aceleración de la gravedad:

TABLA 4
ATENUACION DE LAS ACELERACIONES SISMICAS ESPERADAS EN ROCA
CON LA DISTANCIA A LA FALLA ACTIVA

DISTANCIA, kms	ACELERACION, % g	
	Profundidad focal	
	15 kms	20 kms
1	29.9	24.8
2	29.8	24.7
3	29.6	24.6
4	29.3	24.5
5	29.0	24.3
6	28.6	24.1
7	28.2	23.8

8	27.7	23.6
9	27.2	23.3
10	26.6	22.9
11	26.1	22.6
12	25.5	22.3
13	24.9	21.9
14	24.4	21.5
15	23.8	21.1
16	23.3	20.8
17	22.7	20.4
18	22.2	20.0
19	21.7	19.6
20	21.1	19.2

Estos resultados muestran claramente la disminución de la aceleración de la roca con la distancia al punto de producción del sismo. En particular, para una distancia de 20 kms, se obtendría una reducción de cerca del 30 % con respecto a los puntos más cercanos a la fuente. Es por este motivo que en el plan se ha incorporado la previsión de alejar los nuevos asentamientos y polos de desarrollo de las zonas de fallas más activas, que son principalmente las de Pomerul- W y Filandia (o Chinchiná)

En cuanto al segundo fenómeno, los estudios internacionales muestran claramente que en las zonas montañosas sucede un incremento de los desplazamientos y las aceleraciones del suelo, de forma tal que los valores mayores tienden a aparecer en las cumbres. La literatura internacional al respecto (v.g. la referencia 10) reporta diferencias entre los desplazamientos en la cumbre de la montaña y los que suceden en su base de 2 a 5 veces. En nuestro caso, a pesar de la falta de registros detallados sobre el particular, se ha visto como, en el caso de Manizales, los mayores daños, y particularmente en el sismo del 23-XI-79, sucedieron en las cercanías de la Avenida Santander, ubicada justamente en la cima de la montaña de dirección este-oeste principal de la ciudad. Esto lleva a pensar que la elusión de las colinas y montañas, tal como se logra con la expansión urbana hacia las zonas planas debe redundar en impactos mucho menores de los sismos sobre las construcciones.

REFERENCIAS

- 1- HIMAT - FAO. Restauración forestal y corrección de torrentes en zonas afectadas por la erupción del Nevado del Ruiz.
 - 1.1 Vol. 5 Corrección torrentes (Ing. Donato Nardin)
 - 1.2 Vol. 6 Modelo de simulación matemática sobre comportamiento hidráulico de flujos de lodo (Ing. Gustavo Silva)
 - 1.3 Vol. 9 Geomorfología (Geol. Aramis Martínez)
 - 1.4 Vol. 10 Aspectos socioeconómicos (Ec. Juan Patricio Molina)
 - 1.5 Vol. 11 Proyectos dendroenergético y silvopastoril (Ec. Juan Patricio Molina)

- 2- CRAMSA - SODEIC: Estudio de la subcuenca del río Chinchina
 - 2.1 Vol. Diagnóstico
 - 2.2 Vol. Flora y Fauna
 - 2.3 Vol. Geología, Geomorfología y Erosión.
 - 2.4 Vol. Suelos
 - 2.5 Vol. Disponibilidad y Demanda de Agua
 - 2.6 Vol. Calidad de Aguas

- 3- UNIVERSIDAD NACIONAL: Plan integral de desarrollo - Manizales 1986

- 4- CRAMSA - UNIVERSIDAD NACIONAL: Diagnóstico de calidad ambiental en Manizales.
- 5- A I S: Estudio general de riesgo sísmico de Colombia - Bogotá, 1984
- 6- VALENCIA M, CLARA E.: Geotectónica regional del antiguo Caldas. (Tesis, U de los Andes) - Bogotá, 1988
- 7- FLOREZ, ANTONIO: Geomorfología del area Manizales-Chinchina.
- 8- Manejo y conservación de suelos de ladera. Memorias del primer seminario sobre manejo y conservación de suelos. - Cali, 1984
- 9- CAMPBELL, KENNETH: Probabilistic evaluation of seismic hazard for sites located near active faults. Proc. 8th conference on Earthquake Engineering.
- 10- SANCHEZ-SESMA, FRANCISCO: Site effects on strong ground motion. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. Vol. 6, N. 2
- 11- KIRKBY, M (ED.): Soil Erosion. Chichester, 1980
- 12- UTRIA, RUBEN: La dimensión ambiental del desarrollo - Bogotá, 1986.