

LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MEDIO AMBIENTE EN COLOMBIA*

por

Michel Hermelin **

Resumen

Hermelin, M.: Las Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 19 (75): 695-703, 1995. ISSN 0370-3908.

A partir de sus viejas tradiciones uniformitarianistas las Ciencias de la Tierra deben plantear hoy la necesidad de prever el futuro a partir del conocimiento del pasado del planeta y del estudio de su presente. Sólo resolviendo esa pregunta se podrá lograr la base para una convivencia duradera entre el hombre con el planeta. Los habitantes originales del territorio colombiano demostraron conocimientos de gestión ambiental bastante avanzados. La irrupción europea culminó en agresiones contra el medio ambiente que dejarán consecuencias perdurables. La actual legislación ambiental colombiana contempla las amenazas naturales dentro del manejo ambiental, lo que para un país con las características físicas como Colombia es un aporte muy positivo. Por otra parte las Ciencias de la Tierra han evolucionado hacia una atención cada vez mayor a los problemas ambientales. Participan en investigaciones como el cambio climático, la gestión del entorno natural y la identificación de amenazas naturales. Pese a los esfuerzos realizados, el entorno colombiano aún presenta para su cabal entendimiento muchas carencias que deben ser corregidas por medio de la investigación geomorfológica. Si bien los altiplanos de las cordilleras conservan aún importantes remanentes que han escapado al efecto de la erosión, sus vertientes están expuestas a fenómenos catastróficos cuya frecuencia y magnitud deben ser investigadas por medio del estudio de sus ocurrencias y los depósitos que originaron; lo anterior sin intentar hacer encajar los resultados en las hipótesis propuestas para otras latitudes. La necesidad de investigación de los paisajes colombianos sigue tan apremiante como la aplicación inmediata de sus resultados para lograr el bienestar de sus habitantes. El desafío queda planteado para la geomorfología y las disciplinas científicas afines.

Palabras clave: Geología. Geomorfología. Edafología. Meteorología. Climatología. Fitogeografía. Hidrografía. Oceanografía.

Abstract

Earth sciences should consider today the necessity to foresee the future starting from the available knowledge about Earth's past and present. This consideration will provide a foundation for a lasting interaction between man and our planet. Primitive inhabitants of Colombia demonstrated an advanced knowledge of environment management. The European colonization modified the environment with long lasting consequences. The present Colombian legislation on environmental matters considers the natural disasters as part of environmental management, which is a very positive aspect. On the other hand Earth sciences have evolved towards an increasing consciousness of environmental problems. They participate in research fields such as global climate, management of the environment and detection of natural causes of potential natural disasters. However many deficiencies due to incomplete understanding of the various phenomena should be filled through geomorphological research. Although high

* Estudio científico pronunciado en el recinto de la Academia el 26 de abril de 1995 con ocasión de su posesión como Académico Correspondiente.
** Universidad EAFIT, Medellín.

plains still conserve important remnants which have survived erosion, the cordilleran slopes are exposed to phenomena whose frequency and magnitude should be investigated. This research should be carried out without fitting the results to models originated in studies done in other latitudes. Research devoted to these problems as well as its application are a pressing necessity to attain a general welfare. This challenge has to be met by geomorphology and related disciplines.

Key words: Geology. Geomorphology. Edaphology. Meteorology. Climatology. Phytogeography. Hydrology. Oceanography.

Introducción

Este corto ensayo intenta establecer una relación a primera vista paradójica, pues las Ciencias de la Tierra consideran al medio ambiente como a uno de sus temas de estudio. Sin embargo, una perspectiva histórica basada en la evolución del concepto de ambiente tanto en este país como en el resto del mundo, permite deducir que dicha relación, aunque promete un futuro fructífero, aún no se ha producido de una manera totalmente satisfactoria.

Los grandes interrogantes que plantea una gestión adecuada del medio ambiente hacen indispensable una estrecha participación de las Ciencias de la Tierra en la comprensión de la evolución de nuestro entorno físico. El viejo adagio uniformitarista inspirado por las ideas de Hutton:

“El presente es la clave del pasado”

debe urgentemente ser ampliado, tal como lo sugiere William Fyfe, actual presidente de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas:

“El pasado y el presente son las clave del futuro”.

Mucho se ha hecho para entender el pasado. Pese a lo que pueden creer muchos científicos, el trópico húmedo de las montañas andinas aún no ha revelado muchos de sus procesos, en particular los catastróficos. Aún falta, por lo menos para esta parte del mundo, que las Ciencias de la Tierra no sólo asuman su papel como disciplina histórica, sino que la desempeñen, en el mejor de los sentidos, como cronistas inteligentes de eventos cuyo estudio se hace difícil por su baja frecuencia (afortunadamente para los habitantes de este rincón del planeta) y por los escasos registros que dejan en el desecado libro que conforma la columna geológica, con muchas páginas faltantes.

El principio fundamental que motiva este trabajo se puede resumir en un par de frases:

La convivencia duradera del hombre con el planeta tierra implica una planificación y una gestión adecuada de los recursos, las amenazas y los riesgos naturales. Sin esa condición no se concibe la posibilidad de un desarrollo sostenible y tal vez ni siquiera de la supervivencia de las especies actuales, incluyendo la humana.

El medio ambiente en Colombia

Para los fines que persigue este trabajo, la evolución que ha sufrido el concepto de medio ambiente merece ser señalada en primer lugar (Hermelin, 1992b).

Las poblaciones precolombinas convivieron, y muchas de las que aún existen en el territorio colombiano han convivido en perfecto equilibrio con el medio ambiente. Muchas lo integraron a sus creencias religiosas. Varias desarrollaron tecnologías de gran avance técnico tanto en ingeniería como en manejo de suelos y cultivos, que apenas arqueólogos y antropólogos están empezando a descifrar. Merecen ser mencionados algunos ejemplos:

- los caminos y las terrazas tanto para viviendas como para cultivos de los Tayronas (Oyuela, 1990).
- los camellones de las orillas del Bajo Cauca y del Río Sinú de los antiguos Sinues (Parsons, 1970; Falchetti, 1990).
- las adecuaciones agrícolas y los aterrazamientos de los Calimas en el Valle del Cauca (Herrera *et al.*, 1990).
- las tecnologías de manejo de suelos de la región del Araracuara (Cavelier de Ferrero *et al.*, 1990).
- el sistema de rotación de cultivos de las “chacras”, tanto en la Amazonía como en el resto del país, que permitía una completa recuperación de la vegetación original.

Los Españoles encontraron una naturaleza que sus cronistas describieron algunas veces con más imaginación que realismo. Pero de la lectura de esos documentos se desprende el gran respeto, podría a menudo decirse el temor, que inspiraron las erupciones volcánicas, los sismos y los enormes aludes de lodo y rocas que presenciaron los peninsulares.

El bajo desarrollo técnico y económico y el poco interés para el estudio de las ciencias naturales no contribuyeron a mejorar esa situación durante prácticamente toda la Colonia.

La Independencia y el lento progreso del país colocaron el entorno natural dentro de la categoría de enemigo, que había que reducir y dominar por medio de tecnologías nacientes pero cada vez más poderosas. Testigo de esa etapa es el poema de Castro Saavedra en elogio a la ingeniería.

A principios de la década de los setenta, el campanazo de los ecólogos del mundo industrializado, preocupados por el porvenir ambiental del planeta, no tardó en hacerse oír en Colombia.

Efectivamente el país se dotó en 1974 de una ley ambiciosa, (R. de Colombia 1974), cuyo cumplimiento ha dejado sin embargo mucho que desear. De una indiferencia displicente y culpable ante el medio ambiente, se había pasado a una posición de protección legal exigente.

A los pocos años se inició en Colombia lo que algunos han llamado la década de las catástrofes: basta recordar algunas de las principales (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Desastres de origen natural en Colombia

1983	SISMO POPAYAN (CENTENARES DE V.)
1985	LAHARES ARMERO - CHINCHINA (23.000 V.)
1987	DESGLIZAMIENTO VILLA TINA, MEDELLIN (500 V.)
1990	HURACAN JOAN CRECIENTE TORRENCIAL S. CARLOS (100 V.)
1992	SISMOS MURINDO
1993	CRECIENTE TORRENCIAL RIO TAPARTO (~100 V.)
1994	SISMO CUENCA RIO PAEZ (~500 V.)
1995	SISMO PEREIRA

Comparando este aspecto con el anterior, queda la sensación de que el entorno natural colombiano tiene, como el dios del panteón romano Jano, dos caras: la sonriente, que debemos proteger y la iracunda, que merece ser temida y respetada (Hermelin, 1992a).

Afortunadamente la Ley del Medio Ambiente (R. de Colombia, 1993) realizó esa síntesis al considerar amenazas y riesgos naturales como parte del medio ambiente. Este regreso al "monoteísmo del entorno natural", aunque sea sólo legal y no institucional, es un gran logro para el país.

Sin intentar una caracterización de la naturaleza colombiana, el cuadro 2 presenta en forma muy sintética algunas características sobresalientes del territorio.

La otra característica de Colombia que no puede olvidarse al tratar el tema del entorno natural es la de su población (Cuadro No. 3).

Las ciencias de la tierra

Un análisis, aunque resumido, de la evolución de las Ciencias de la Tierra rebasa los alcances de este trabajo. Sólo se intentará señalar algunos aspectos relevantes de esas disciplinas con respecto a la comprensión y manejo del entorno natural.

En el mundo antiguo y durante el Medioevo sólo se pueden mencionar descripciones y apuntes aislados más que un interés sistemático para con el estudio de la Tierra. El libro de Agrícola, la primera manifestación de la aplicación de la geología a la prospección y explotación de minerales es de mediados del siglo XVI (Agrícola, 1556) Esa función la seguirá cumpliendo hasta el presente.

La primera comprobación del ciclo hidrológico moderno por Pierre Perrault, hermano del famoso cuentista, data de 1674 (Gohau, 1987).

Cuadro No. 2. Características más importantes del entorno físico colombiano

Montañas Jóvenes (altas y empinadas)
Gran Variedad Geológica
Volcanismo
Sismicidad
Gran Variedad Climática
Alta Precipitación Predominante
Ríos Torrenciales
Erosión por Movimientos de Masa
Gran Variedad de Suelos
Diversidad Biológica

Cuadro No. 3. Colombia. Evolución de la Población.

AÑO	MILLONES	% URBANO
1962	15	25
1994	37	75
2026	57	75

Conclusión: 15 millones más de habitantes urbanos dentro de 30 años.

A fines del siglo XVIII nace la geología moderna con la publicación de la obra de Hutton "Teoría de la Tierra", complementada y comentada por su discípulo Playfair.

Durante dos siglos el uniformitarianismo, fortalecido por los aportes de Darwin sobre la evolución de las especies y vencedor del catastrofismo primitivo de Cuvier resistirá victoriosamente los ataques de los fundamentalistas bíblicos, particularmente de los "diluvianistas". Hasta que en la década de 1980 la hipótesis de Walter Alvarez volverá a plantear el problema de las extinciones masivas por influencia de impactos de meteoritos.

Es de señalar, que la hipótesis del americano Brett acerca del origen de los canales de los Scablands, en el altiplano de Oregon en el noroeste de Estados Unidos, que atribuía a una gigante creciente torrencial causada por la liberación repentina de las aguas de un lago de origen glacial, fué recibida durante varias décadas con un escepticismo total y sólo recibió aceptación a medidados de la década de 1980. Una buena confirmación de la oposición sistemática del establecimiento científico a las ideas que tuvieran algún sabor a catastrofismo.

La aplicación de la geología a la ingeniería data de la segunda mitad del siglo pasado y con el tiempo se volverá una importante actividad interdisciplinaria: la geotecnia.

Las principales aplicaciones de la geología en la vida moderna aparecen en el cuadro No. 4.

Una nueva rama de las ciencias geológicas ha nacido: la geología ambiental. Se puede definir en forma amplia como la búsqueda de una convivencia duradera del hombre con el planeta tierra, por medio de la participación de las Ciencias de la Tierra en la gestión de re-

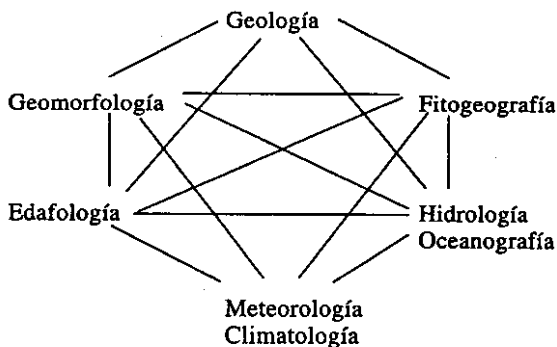
Cuadro No. 4. Aplicaciones de la geología

1. Conocimientos del planeta tierra. Origen, evolución, composición, procesos
2. Búsqueda de minerales, combustibles y fuentes energéticas
3. Identificación y estudio de áreas aptas para obras de ingeniería. (Geotecnia)
4. Identificación y estudio procesos naturales que pueden significar amenazas o riesgos.
5. Participación en planificación y gestión ambientales.

cursos, amenazas y riesgos naturales con el fin de lograr un desarrollo sostenible.

Aunque el término de "geología ambiental" esté ya acuñado en los diferentes idiomas, muchos autores insisten, que siendo la geología una ciencia natural tiene por lo tanto la connotación de ambiental. Por otra parte en las ramas de la sedimentología y de estratigrafía se estudian ambientes y paleoambientes como el marino o el lacustre. Ante esas objeciones, la comisión recientemente creada por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas para trabajar sobre ese tema ha preferido el nombre de "Comisión de Ciencias Geológicas para la Planificación Ambiental" (Wolff, 1992).

Finalmente, las Ciencias de la Tierra están representadas en forma simplificada en el cuadro No 5.

Cuadro No. 5. Las ciencias de la tierra

Algunos problemas globales

Un primer problema que afronta la humanidad, y cuya importancia ha merecido una atención tal que reunió en Roma a 120 gobernantes hace 3 años, es el del cambio climático global. El cambio climático producido por el efecto invernadero y la disminución de la capa de ozono han planteado preguntas aún sin resolver que le han dado un gran empuje a estudios como el de la información de los casquetes de hielo de los polos, la circulación de los océanos (Cuadro No. 5), el origen del ENSO, más conocido entre nosotros como el fenómeno de El Niño, y la desertificación (Huggett, 1991).

Aplicando lo que se mencionaba anteriormente en el sentido de que el presente y el pasado son elementos

fundamentales para entender el futuro, ha tomado gran importancia la disciplina de la paleoclimatología, que tuvo como iniciador en Colombia a Thomas van der Hammen y sus discípulos. Hoy en día la perforación de los hielos de la Antártida y de Groenlandia permite obtener un registro sistemático de las fluctuaciones de temperatura durante los últimos cien mil años.

Otro tema global que está afrontando la comunidad científica internacional a través del SCOPE (Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente) es el efecto de las actividades humanas sobre los procesos terrestres superficiales y sobre la sustentabilidad de los usos de la tierra. La importancia de los cambios producidos por el hombre ya iguala el volumen del proceso natural más importante: la producción de corteza basada en las dorsales medioceánicas! (Hooke, 1994) (Cuadro No. 6).

El tema de los recursos naturales y de sus sustentabilidad es crucial en un planeta cuya población sigue aumentando. Dejando por ahora a un lado la espinosa discusión acerca de los recursos naturales renovables y no renovable, se debe mencionar uno que suele olvidarse como tal: el de la superficie de la tierra, finito y por lo tanto no renovable; indispensable para cualquier actividad humana:

- cultivar alimentos, fibras y combustibles
- extraer materia primas
- construir ciudades y otras obras
- enterrar desechos

Una planeación cuidadosa de sus usos, particularmente para el crecimiento de las ciudades, requiere de un análisis como el que se plantea en los cuadros 7 y 8 (Hermelin, 1991).

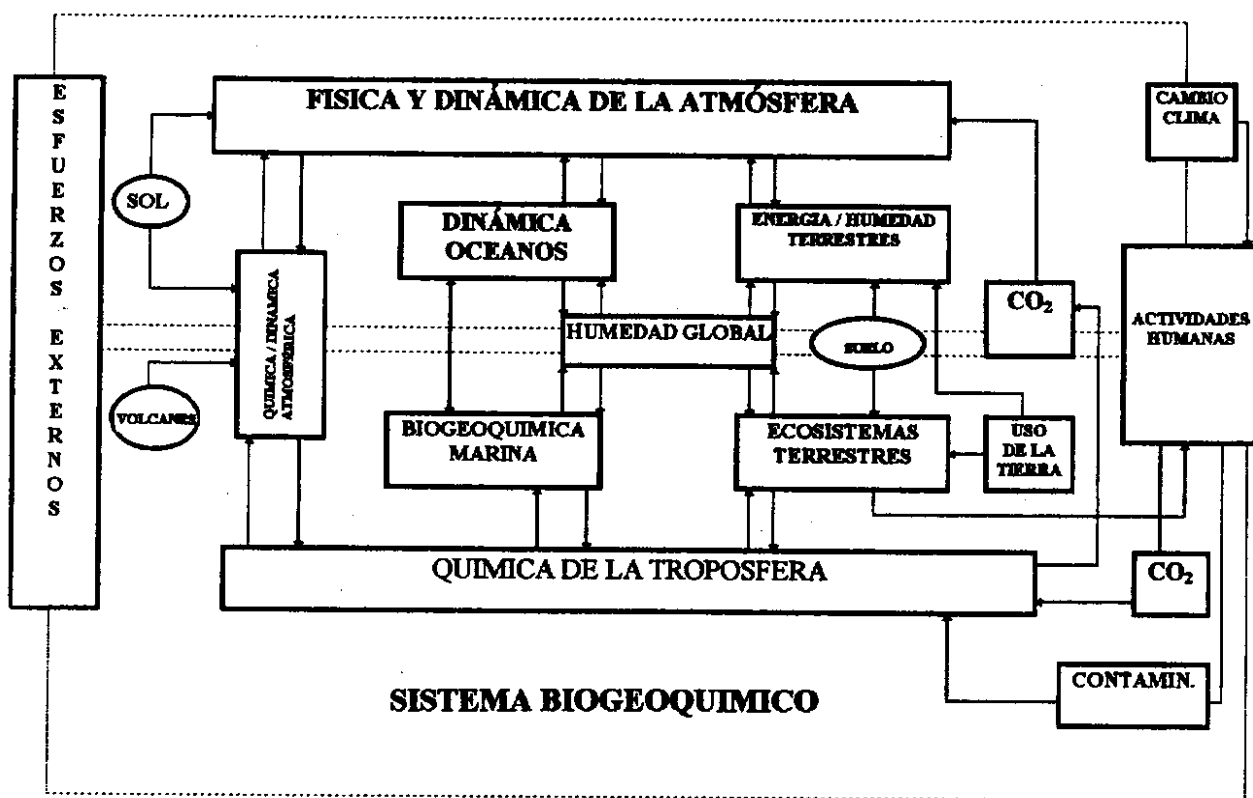
Finalmente, el conocimiento de las amenazas de origen natural es un tema inescapable a nivel tanto global como local.

El cuadro 9 indica algunas de ellas, con magnitudes y recurrencias aproximadas (Hermelin, 1991). Teniendo o no en cuenta la perspectiva de la Década Internacional de Prevención de Desastres Naturales, de la cual ya han corrido 5 años, el tema de los riesgos tiene consecuencias tan desastrosas para Colombia que requiere que nuestra comunidad científica le dedique más esfuerzos. Así como la predicción climática requiere del aporte de la paleoclimatología, hay que seguir desarrollando el análisis de los paisajes, de las evidencias dejadas por fenómenos naturales actuales y pasados que permitan prever con la mayor precisión posible la futura ocurrencia de amenazas.

El paisaje de los andes colombianos

El uso de la palabra paisaje suscita sentimientos estéticos. Aquí se usará simplemente para designar el entorno natural con énfasis en las geoformas que lo soportan. El estudio de dichas formas, de los depósitos que pueden contener y de los procesos que caracterizan la superficie de la tierra es la geomorfología. Ya se ha visto su íntima relación con las demás disciplinas de las Ciencias de la Tierra.

Cuadro No. 6. Sistema físico del clima



EL SISTEMA GLOBAL

El desarrollo de la geomorfología ha pasado por etapas como la de Davis, síntesis demasiado prematura que en cierta forma esterilizó su progreso (Tinker, 1985); la geomorfología climática fue un intento en el mejor sentido geográfico de asociar las geoformas y sus procesos a las zonas del planeta. Desde fines de la década de 1950, la tendencia ha sido hacia una cuantificación de las observaciones, con una fuerte orientación hacia el entendimiento de los procesos por observación directa y por modelación en laboratorio y con la ayuda de computadores.

El precursor de la geomorfología en Colombia fue Joaquín Acosta, quien a mediados del siglo pasado publicó trabajos que con muy pocos cambios podrían figurar en las mejores revistas científicas contemporáneas (Hermelin, 1993).

Por otra parte el país ha recibido el influjo de varias escuelas entre las cuales se pueden mencionar:

- el Centro de Geografía Aplicada de Estrasburgo, por intermedio de su director Jean Tricart y de sus discípulos.
- el ITC de Holanda, a través del CIAF, ahora IGAC.
- los trabajos realizados por firmas consultoras norteamericanas, particularmente la Woodward Clyde, para los estudios de riesgo sísmico para la construcción de represas hidroeléctricas.

El paisaje andino del occidente colombiano para fines prácticos, puede dividirse en forma simplificada en dos categorías: los altiplanos y las vertientes.

A. Los altiplanos conforman desde 2700 hasta 1800 m una serie de superficies casi planas, formadas seguramente al nivel del mar y levantadas, según algunos autores, hace más de 15 millones de años (Page & James, 1981). Si bien contienen algunos remanentes como los peñoles, que permiten deducir que allí existió alguna vez un fenómeno de denudación tipo etchplanation (Thomas o Doppelte Einebnung de Büdel (1982), ese fenómeno tuvo que haber sido muy antiguo ya que el espesor de roca descompuesta que conforma los altiplanos es a veces de varias decenas de metros. Sin embargo están ahí, desafiando la erosión destructora.

El último modesto episodio erosivo que sufrieron emplazó una línea de piedras, (Hermelin, 1990a) testigo de paleoclimas seguramente pre-holocenos. Por datación paleomagnética de sedimentos y saprolitos de las terrazas del Río Negro y por datación por radiocarbono de las cenizas volcánicas que los recubren, se deduce que la erosión que sufren está entre las más bajas del mundo.

En la actualidad se estudia la tasa de meteorización química por medio de tabletas de roca enterradas y por análisis de aguas superficiales. También se está determinando la temperatura de formación de la gibbsita contenida en los sedimentos por medio de isótopos de oxígeno. La correlación de las cenizas volcánicas cuaternarias se está complementando con datación por huellas de fisión de zircones contenidos en restos de tefras más antiguas. Se está diseñando un proyecto para usar el método del Cs¹³⁷ para determinar con precisión tasas de erosión superficial contemporánea.

Se espera con impaciencia la "mise au point" de métodos aún experimentales de datación como el conte-

Cuadro No. 7. Tasas de actividades geomórficas

Agente	Masa movida (Gt / a)
Humanos	
- Calibración por PNB	30
- Calibración por uso de energía	35
- Calibración por uso de energía incluyendo efecto en la carga sedimentaria de los ríos	45
Ríos	
Transferencia de Sedimentos a grandes distancias	
Presente	24
En ausencia de efecto antrópico	14
Meandros de los ríos	
Empezando con ríos de 4° orden	39
Empezando con ríos de 5° orden	23
Glaciares	
Presente	4.3
Pleistoceno	10
Planos de Vertientes	0.6
Acción de Olas	
Flujo de sedimentos	1
Erosión	0.24
Viento	1
Elevación de Montañas	
Continental	14
Oceánico	30
Tasa de Sedimentación en Océanos Profundos	7
Hooke, 1994	

Cuadro No. 8. Oferta efectiva de cursos naturales (Pereira)

Oferta ambiental efectiva	=	Oferta ambiental (disponibilidad primaria)	- Restricciones ambientales
O_E	=	O	- R
Oferta (Recursos)			Restricciones
Aire			Amenazas Naturales
Aguas (superf. y subt.)			Contaminación
Sedimentos			Preservación Med. amb.
Superficie de la tierra			- Reservas
Sub-suelo (rec. no renovables)			Biológicos
Energía			Históricos
Biota etc.			Arqueológicos
			Estéticas etc.
			- Conservar Recursos (Agua, etc.)

Cuadro No. 9. Fórmulas básicas para balance ambiental

Para cada recurso:

$$O_{Ei} - O_i - R_i$$

Para el conjunto de recursos del área determinada:

$$\sum_{i=1}^n (O_{Ei}) = \sum_{i=1}^n (O_i - R_i)$$

(tener en cuenta que en ciertos casos: $R_i = f(D_j)$)

Para cada recurso i se deben establecer las demandas:

$$D_1, D_2, \dots, D_n$$

Establecer balance para cada oferta ambiental efectiva:

$$O_{Ei} - \sum_{j=1}^n D_{ij} > 0$$

El balance general será:

$$\sum_{i=1}^n \left(O_{Ei} - \sum_{j=1}^n D_{ij} \right) > 0$$

↑
Condición para desarrollo sostenible

nido de Berilio y de Tritio producidos por rayos cósmicos en rocas expuestas a la atmósfera. (W.S. Broecker, Lamont Doherty Geological Observatory, Columbia University, Comunicación Personal)

B. Las vertientes más o menos empinadas originadas por causas tectónicas, estructurales o erosivas son el asiento de procesos mucho más dinámicos, a veces catastróficos o mejor convulsivos, a veces acelerados por la influencia humana.

Cuadro No. 10. Clasificación tentativa de algunas amenazas naturales

Tipo	Origen	Orden de frecuencia (años)	Amplitud del efecto
Impacto de Meteoritos	Natural	3×10^7	Planetario
Cambios Climáticos	Natural Artificial	$10^5 - 10^2$	Planetario
Erupción Volcánica	Natural	$10 - 10^3$	Local a Planetario
Sismo	Natural Artificial(?)	$10 - 10^3$	Local a Regional
Movimiento de Masa	Natural Artificial	$10 - 10^3$	Local a Regional
Inundaciones	Natural Artificial	$10 - 10^4$	Local a Regional

La dificultad de la observación de los procesos radica en ese caso en su baja frecuencia y en la escasez de evidencias que dejan (Cuadro No. 11).

Cuadro No. 11. Movimientos de masa naturales en las vertientes del trópico húmedo

TIPO	AREA AFECTADA (m ²)	FRECUENCIA (a)
Calidad de Árboles	10 ¹	30
Aguaceros Fuertes	10 ⁵	10 ² -10 ³ (?)
Sismos	10 ⁷	10 ² -10 ³ (?)

De ahí la necesidad de obtener la máxima cantidad posible de información cuando se presenta este tipo de eventos, lo que afortunadamente se ha logrado en algunos casos como San Carlos (Antioquia) (Hermelin *et al.*, 1990; figs. 1 y 2) y Marsella (Risaralda Cuvelo *et al.*, 1992), utilizando métodos de datación ya tradicionales como el radiocarbono y otros menos desarrollados como son la tefracronología y la paleoedafología. Es de lamentar la carencia de aplicación que han tenido hasta ahora en el país la liquenometría y la racemización de aminoácidos, para datación de eventos relativamente recientes (rango de 100 a 1000 años).

En síntesis, nuestros paisajes del trópico húmedo no se comportan de una manera muy ortodoxa desde el punto de vista de las actuales hipótesis geomorfológicas sobre formación y dinámica de la superficie de la tierra.

- Los altiplanos permanecen estables mucho más tiempo de lo previsto, pese a su debilidad intrínseca.
- Las vertientes evolucionan por medio de eventos catastróficos relativamente poco frecuentes, pero muy efectivos para su modelamiento (Figuras 1 y 2).
- Los paisajes presentan sincrónicamente las características que se han atribuido tradicionalmente a eventos sucesivos: la biostasia, predominio de la actividad biológica, edafogénica, meteorizante y la rhexistasia, condición de erosión intensa; esta hipótesis fué inicialmente planteada por Ehrardt (1956) como resultado de un cambio climático pero que en nuestras montañas sólo se presenta como consecuencia del traspaso de umbrales, sin que se den cambios a nivel planetario o siquiera regional.

Hace unos 10 años Stanley Schumm (Schumm *et al.*, 1984) destruyó el mito de la formación de las terrazas fluviales atribuida a cambios climáticos o tectónicos de envergadura. Tal vez ha llegado el tiempo de ampliar esa hipótesis a los paisajes del trópico de montaña en conjunto.

Aplicaciones

En un país como Colombia, que se ha propuesto una gestión racional de su entorno natural para lo que ahora se llama el desarrollo sostenible, parece necesario recalcar una vez más la necesidad de un mejor conoci-

miento de los paisajes y de su dinámica. Para acertar en este propósito y en el de mitigar los efectos de las amenazas naturales, se han realizado intentos para definir en función de su aptitud para el uso urbano los terrenos cubiertos por las ciudades y sus alrededores (Hermelin, 1990b). La geomorfología no debe en esos casos intentar suplantarse la geotecnia sino orientar su acción con el fin de hacerla más efectiva. Ese tipo de actividad casi siempre se hace sobre la marcha, cumpliendo cronogramas estrechos, con recursos escasos y por lo tanto con obvios limitantes en cuanto a la cantidad y a la calidad de la información. El científico puede escoger marginarse, por tratarse de una actividad de tipo tecnológico, o puede asumir esa responsabilidad basándose en la necesidad desesperante que tiene el país de asegurar la vida de sus habitantes ante las amenazas naturales. Y asumir a la vez la tarea de dedicar buena parte de su tiempo a convencer a los planificadores y a los gobernantes de la necesidad de llevar a la práctica sus recomendaciones, una tarea por cierto bastante dispendiosa y a menudo frustrante (Hermelin, 1994b).

A raíz de la Ley del Medio Ambiente de 1993 el país se lanzó a clasificar y se comprometió a utilizar la totalidad de su territorio en función de su desarrollo sustentable. Sería deseable que las Ciencias de la Tierra participaran en este propósito nacional, ofreciendo respuestas que incluyeran una mayor utilización de disciplinas como la geomorfología, la edafología, la tefraestratigrafía, la meteorología y la hidrología. Sólo una integración de esas ciencias con la geología, con el fin de entender la dinámica actual de la superficie de la tierra y por lo tanto su comportamiento futuro permitirá lograr ese propósito.

Nota personal

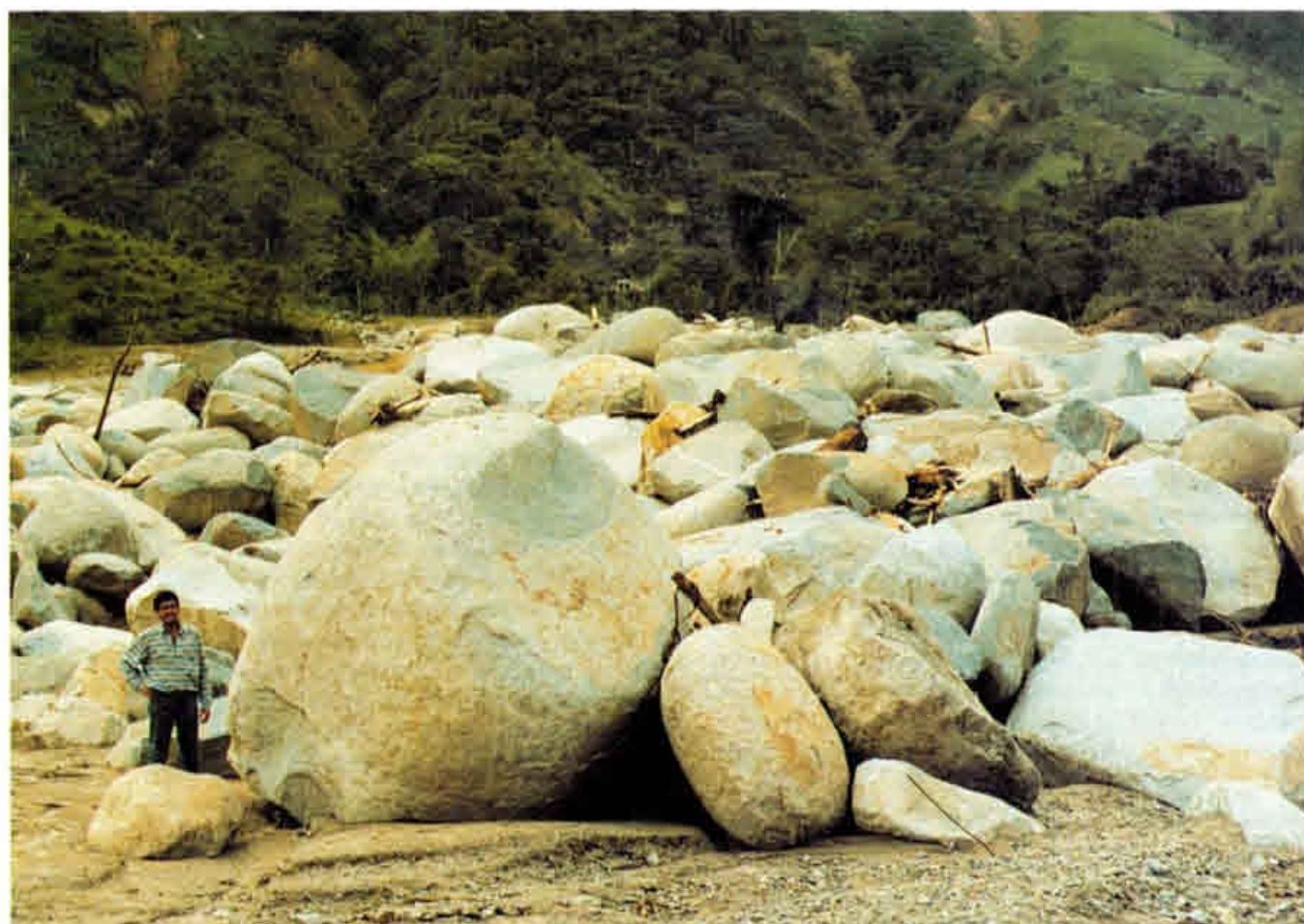
Me ha traído hasta aquí una fascinación por el conocimiento, un afán de participar en forma aún muy modesta en ese proceso de ampliar el saber. Resultó dedicando más tiempo a su fomento, su gestión y su divulgación que a su creación. Ha resultado de todas maneras ser una experiencia interesante.

Agradecimientos

Debo dar agradecimientos: A esta Academia por hacerme el honor de recibirme, al profesor Daliphart del Lycée Voltaire de Paris, que puso en mis manos mi primer texto de geología, al profesor Gerardo Botero, de la entonces llamada Facultad Nacional de Minas, al profesor Stanley Schumm de la U. Estatal de Colorado, a los profesores Sheldon Judson y Heinrich Holland, de la Universidad de Princeton. Entre mis colegas nacionales y extranjeros quiero recordar particularmente a Carlos Schubert, de Venezuela, recientemente fallecido. Finalmente agradezco la paciencia y comprensión de mi familia.

Bibliografía

- Agricola, G. 1556. Von Berg and Hütten Wesen. Dünndruck. Ausgabe atv bibliotek, München, 610 p.
- Büdel, J. 1987. Climatic Geomorphology. Princeton University, Princeton, New Jersey, 443p.



Figuras 1 y 2. Ejemplo de eventos catastróficos sobre las vertientes de las cordilleras.

- Cavelier de Ferrero, F. Mora, S. & L. Herrera de Turbay.** 1990. Estabilidad y dinámica agrícola: las transformaciones de una sociedad amazónica In Ingenierías Prehispánicas, Fondo FEN Colombia ICA-COLCULTURA, Bogotá.: 73-96.
- Curvelo, C., Hermelin, M. & V.L. Osorio.** 1993. Estudio sobre los fenómenos ocurridos en la cuenca del Río San Francisco, Risaralda, a raíz del aguacero del 20 de Marzo de 1991. Memorias II Conferencia Latinoamericana Sobre Riesgo Geológico Urbano y II Conferencia Colombiana Sobre Geología Ambiental. 2: 147-176.
- Ehrardt, H.** 1956. La genese des sols en tant que phénomène géologique. Masson, París, 90p.
- Gohau, G.** 1987. Une histoire de la géologie. Editions La Découverte, Paris, 277p.
- Garwood, N.C., Janos, D.P. & N. Brokaw.** 1974. Earthquake - caused landslides: a major disturbance to tropical forests. Science 205: 997-999.
- Hermelin, M.** 1987. Bases de Geología Ambiental. Facultad de Minas, Universidad Nacional, Medellín, 300p.
- _____ 1990a. Stone lines in Antioquia, Colombia. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. 8: 137-156.
- _____ 1990b. Bases físicas para los planes de desarrollo de los municipios de Risaralda. AGID Report No 13, Universidad EAFIT: 269-274.
- _____ 1991. Anotaciones sobre el actual concepto de impacto ambiental en Colombia. AGID Report No 16, Universidad EAFIT, Medellín: 35-47.
- _____ 1992a. Geología y Ciudades. Boletín de Vías (U. Nacional., Manizales) 19 (74): 77-98.
- _____ 1992b. El medio ambiente redefinido. Memorias, II Simposio Latinoamericano de Riesgo Geológico Urbano y II Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, Pereira 2: 225-236.
- _____ 1993. Geomorphology in Colombia. In The evolution of Geomorphology, Edited by H.J. Walker & W.E. Grabau, J. Wiley & Sons Ltd, p. 107-111
- _____ 1994a. Ciencias de la Tierra y desarrollo urbano Memorias Seminario Internacional Habitat, Pereira (en prensa).
- _____ 1994b. Planes de desarrollo municipal: ordenamiento territorial y medio ambiente. Conferencia Interamericana sobre Reducción de los Desastres Naturales, Cartagena, Memorias, tomo III, P. I-01 (1-10)
- _____, **Mejía, O. & E. Velásquez.** 1991. Algunas reflexiones acerca de la catástrofe del 21 de Septiembre de 1990 en San Carlos, Antioquia. AGID Report 16, Universidad EAFIT, Medellín: 115-128.
- Herrera, L., Cardale de Schrimpf, M. & W. Bray.** 1990. La arqueología y el paisaje en la región calima In Ingenierías Prehispánicas, Fondo FEN Colombia ICA-COLCULTURA, Bogotá: 111-150.
- Hooke, R. Le B.** 1994. On the efficacy of humans as geomorphic agents. GSA today, 4 (9): 220,224,225
- Huggett.** 1991. Climate, Earth Processes and Earth History. Springer - Verlag, Berlin, 281 p.
- Oyuela, A.** 1990. Las redes de caminos prehispánicos en la Sierra Nevada de Santa Martha in Ingenierías Prehispánicas, Fondo FEN Colombia ICA - COLCULTURA, Bogotá: 47-71.
- Parsons, J.** 1970. Los campos de cultivo prehispánicos en el Bajo San Jorge. Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 12 (48): 449-458.
- Page, W.D. & M.E. James.** 1981. The antiquity of the erosion surfaces and late cenozoic deposits near Medellín, Colombia: Implications to tectonics and erosion rates. Revista CIAF 6 (103): 421-454.
- Plazas, C.** 1990. Manejo Hidráulico Zenú in Ingenierías Prehispánicas, Fondo FEN Colombia ICA-COLCULTURA, Bogotá: 151-171.
- República de Colombia.** 1993. Ley 99 de 1993, Ley del Medio Ambiente.
- República de Colombia.** 1974. Código de Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974.
- Schumm, S.A., Harvey, M.D. & C.C. Watson.** 1984. Incised channels: morphology, dynamics and control water resources publications, Littleton, Colorado, USA.
- Thomas, M.F. & M.B. Thorp.** 1985. Environmental change and episodic etchplanation in the humid tropics of Sierra Leone: the Koidu etchplain. In Y. Douglas & T. Spencer, Editors, Environmental change and tropical Geomorphology, George Allen & Unwin, London: 239-267.
- Tinker, K.J.** 1985. A short history of geomorphology. Croom Helm, London, 317p.
- Wolff, F.Ch. COGEOENVIRONMENT.** 1992. Memorias, II Simposio Latinoamericano de Riesgo Geológico Urbano & II Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, Pereira.1: 461-467.