

ALTIPLANOS Y CAÑONES EN ANTIOQUIA: UNA MIRADA GENETICA

Luis Alberto Arias López
Universidad Nacional

1. INTRODUCCIÓN

Los discursos en torno al relieve y al paisaje en nuestro medio han estado tradicionalmente orientados hacia la descripción; la relación entre exploración y descripción tiene una larga tradición que se remonta, incluso, al período de la Conquista española. La descripción de los relieves ha puesto énfasis en presentar la diversidad morfológica, en identificar contrastes y, en épocas más recientes, en asociar los diversos relieves con variaciones climáticas o con controles litológicos.

Los estudios del relieve de Antioquia, relativamente escasos, se han hecho con base en dos paradigmas centrales:

- Uno, de tipo descriptivo, buscaba establecer las relaciones entre la configuración del medio natural y la cultura de las comunidades que lo ocupaban; fueron estudios que tenían muy presente las interacciones entre “lo natural” y lo “cultural”, aunque el énfasis estuviera en lo segundo. La pujanza y el coraje, rasgos típicos de la antigua cultura *paisa*, se ha asociado con una comunidad de arrieros y comerciantes capaces de cruzar y remontar un relieve agreste, difícil topográficamente, porque a unas tierras onduladas le sucedían cañones profundos, en cuyos respaldos el arriero pasaba de climas frescos y fríos a climas cálidos.

Visto desde hoy, no deja de ser paradójico que Antioquia siga siendo considerada una región de montañas y Medellín como “la capital de la montaña”; la asociación indisoluble entre “paisa” y “montaña” perdurará en el tiempo. Y es paradójico, porque a la luz de los nuevos conceptos, la región que sirvió de cuna a “la cultura paisa” es una zona de altiplanos colinados donde las montañas están ausentes; Medellín, se ubica en un valle encajado entre diferentes altiplanos. Poblaciones como Rionegro, Sonsón, Santa Rosa de Osos, Yarumal y San Pedro de los Milagros están dominadas en su horizonte geográfico por escenarios de colinas en los que

ocasionalmente sobresalen cerros y cadenas de cerros de gran valor estético y paisajístico (¿pasará inadvertido el cerro El Capiro, para quien viaja a La Ceja?). Nuestra cordillera-cuna (C. Central) no termina en picos nevados o volcánicos; la figura geométrica que la describe es la de una pirámide truncada en su parte media. Lo que caracteriza a la cordillera Central en Antioquia es la presencia de extensos altiplanos y, la ausencia, por lo tanto, de picos y montañas en su zona central.

- Desde el campo de las ciencias de la Tierra, en particular desde la geología, algunos relieves antioqueños se han intentado explicar a partir del substrato geológico en el cual se modelan. Es una línea de trabajo que se apoya en un paradigma, hoy revaluado, según el cual, el relieve es la expresión morfológica de los materiales geológicos del substrato. Apoyados en criterios de cartografía geológica, la mayoría de los estudios han interpretado el relieve como el producto más reciente (Cuaternario) de la historia geológica de una región.

La diversidad de relieves sustentada en una diversidad litológica y la aprehensión del relieve como “relieve actual” son los referentes para gran parte de las apreciaciones en torno de la evolución del relieve.

Los estudios genéticos y cronológicos, a escala regional, han estado ausentes; estos criterios se han aplicado exclusivamente a los relieves y geoformas de acumulación (terrazas aluviales, abanicos, depósitos lacustres, etc.). Génesis y tiempo son conceptos que rara vez se aplican a los relieves denudativos de nuestro medio.

En este trabajo se pretende dar cuenta del relieve de la zona central de Antioquia, a partir de una conceptualización diferente.

1. La idea central para interpretar el relieve antioqueño es el concepto de **etchplain o superficie de erosión**

(denudación). Según una de las escuelas alemanas de geomorfología, el relieve terrestre se puede explicar a partir de dos morfogénesis básicas: la de las regiones periglaciares y la de las regiones de sabana tropical. En las sabanas, dos grupos de procesos son responsables del modelado, a saber: los procesos de descomposición en el frente basal de meteorización (F.B.M.), los cuales ocurren una o dos centenas de metros por debajo de la superficie; el segundo grupo de procesos ocurre en la superficie, tratándose de procesos de ablación o denudación que producen un desgaste paulatino y uniforme, queda como resultado un descenso de la superficie. La presencia de dos grupos de procesos que producen un mismo resultado morfológico se conoce con el nombre de “doble superficie de aplanamiento”, Budel (1982).

2. Otro referente importante es el cuestionamiento a la existencia de finalidades preestablecidas en el proceso de evolución del relieve. En la escala del tiempo geomorfológico, más que la presencia de evoluciones cíclicas del relieve, se observa un incremento de su diversidad.
3. El relieve se visualiza como un acumulador- destructor de generaciones de relieve y por lo tanto, la mejor representación figurada corresponde con la de un *palimpsesto*. El relieve se puede entender como un sistema morfológico, compuesto por subsistemas de origen y edad diferentes que se encuentra en situación de tránsito, es decir, donde se están formando y destruyendo subsistemas.

Este mosaico de subsistemas morfológicos es el producto de transformaciones ambientales importantes ocurridas en el pasado y por tanto, el relieve se convierte en un excelente indicador de cambios paleoambientales; en el caso del relieve de Antioquia, estos cambios son de dos tipos: levantamientos tectónicos de la Cordillera y cambios climáticos. En la estructura del relieve antioqueño quedan registradas las diferentes fases de levantamiento, en forma de un escalonamiento de altiplanos. Para acceder a una interpretación genética y cronológica del relieve, se introducen los conceptos de “generaciones de relieve”, “orden de relieve” y “estratigrafía del relieve”.

Dos rasgos son distintivos del relieve antioqueño:

- La presencia de relieves subaéreos muy antiguos (30-40 m.a) y bien conservados, como ocurre, con el valle de La Unión y los Llanos de Cuivá, que hacen parte de dos altiplanos muy extensos y diferentes.

- La presencia de relieves adyacentes con morfologías contrastantes, por ejemplo, cañones profundos que segmentan altiplanos. Tal vez sea cierto, como lo pensaron nuestros abuelos o como lo plantearon los viejos geógrafos decimonónicos, que los exagerados contrastes morfológicos del relieve afianzaron una cultura paisa de la exageración y el contraste; cierto o no, es en esta estructura particular del relieve antioqueño, en la que se sustenta todo el potencial hidroeléctrico de Antioquia.

Las investigaciones en torno de la evolución del relieve tienen una importancia social inmediata, especialmente en nuestro país. Es muy frecuente que surja la pregunta “¿...y eso para qué sirve?”. Para tranquilidad de los espíritus excesivamente pragmáticos, valga anotar que un programa serio y bien estructurado en torno del manejo y prevención de desastres, debería incluir, como parte fundamental de su acción, la evaluación de las crisis morfogenéticas que afectan periódicamente los Andes colombianos. En el valle del Aburra, los procesos morfogenéticos más recientes (Cuaternarios) y con mayor significado paisajístico, corresponden a rupturas de las vertientes, masivas y voluminosas, para las cuales, una investigadora acuñó el nombre de *megadeslizamientos*.

Contribuir a esclarecer la dinámica y evolución del relieve de los Andes colombianos es una buena manera de evitar que la sucesión de tragedias, por causas naturales, entren a hacer fila con las otras tragedias cotidianas con las que nos acostumbramos a vivir.

2. LOS ESTUDIOS GENÉTICOS DEL RELIEVE

Los estudios geomorfológicos convencionales se orientan a identificar el cuadro de relieves y subrelieves y el conjunto de geoformas que conforman un territorio. Posteriormente, a través de ciertos modelos teóricos o por medio de dataciones relativas o absolutas, se organiza el mosaico en una escala temporal que permitía identificar el tiempo geomorfológico de la zona en estudio.

En la actualidad, el estudio del relieve tropical pone todo su énfasis **en la formación y en los procesos de destrucción de los mantos de roca meteorizada (saprolitos)**. Domina la idea de que el mosaico de los relieves tropicales está estrechamente relacionado con los procesos de formación de los espesos mantos de alteritas y que los procesos de desmantelamiento parcial o total de los saprolitos son la fuente central de otro conjunto amplio de geoformas.

Las diferentes generaciones de relieve que se superponen a las superficies de erosión (*etchplain*) se asocian con dos causas mayores:

1. Los procesos de cambio climático
2. Los procesos de levantamiento o subsidencia tectónica.
3. Una combinación de ambos.

En el caso de los cinturones montañosos, el esquema más general para la evolución del relieve se puede representar así:

- 1- Formación de superficies de erosión (*etchplain*) en regiones tropicales de clima contrastado (*seasonal tropics*), en los cuales, la estación de lluvias tiene una duración de 6-9 meses y a una altura cercana al nivel del mar.
- 2- Procesos complejos de levantamiento, caracterizados por ser pulsátiles (períodos de levantamiento, geológicamente rápidos, separados por largos periodos de relativa calma tectónica)
- 3- Las etapas sucesivas de levantamiento dan origen a secuencias de altiplanos escalonados con un patrón de edades muy simple: los altiplanos más elevados son los más antiguos mientras que los altiplanos más bajos son los más jóvenes. Este esquema puede sufrir perturbaciones ocasionadas por la presencia de movimientos verticales asociados con fallas activas.
- 4- La respuesta a los procesos de levantamiento tectónico se manifiesta en una gama morfológicamente compleja, de procesos de erosión y disección.

Las superficies de erosión con un relieve suave y simple dan paso a las diversas expresiones de las

superficies de erosión degradadas. En el caso de Antioquia, el levantamiento de los *etchplain* dio origen a una secuencia escalonada de altiplanos disectados, en los que se superpone un relieve colinado (de colinas equi-altitudinales). Igualmente se tienen: valles encajados en los altiplanos, cadenas de *inselbergs* y peñoles. En este sentido el proceso discontinuo de levantamiento es la fuente principal de la diversificación del relieve inicial, caracterizado por su relativa homogeneidad.

- 5- Sin embargo, el proceso de levantamiento no es la única causa generadora de la diversidad del relieve. Si se toma en cuenta que los levantamientos se inician hacia el Terciario Medio, entonces este proceso coexiste, especialmente durante el Plio-Cuaternario, con cambios climáticos pronunciados que de una u otra manera dejaron su impronta en el relieve y cuyo estudio e identificación debería constituirse en uno de los puntos centrales de la investigación geomorfológica de los Andes colombianos.

No se conoce suficientemente el papel morfológico ejercido por los cambios climáticos en el modelado regional de los Andes para aquellos sectores ubicados por debajo del influjo de la morfogénesis glacial. Incluso más: necesitamos precisar las eficiencias diferenciales ejercidas por el levantamiento y por el cambio climático.

En un contexto de “caja negra” podemos establecer dos tendencias:

- a) El levantamiento y los cambios climáticos - conjuntamente - conducen a un desmantelamiento gradual de las capas de alteritas (saprolitos)
- b- El mismo proceso conduce a una diversidad geomorfológica de los altiplanos, donde se dan cambios bruscos (no graduales) en el cuadro de geoformas.

El efecto combinado de levantamiento y cambio climático conlleva que el mosaico del relieve en el altiplano Páramo de Belmira sea radicalmente diferente del relieve del altiplano de Santa Rosa de Osos; una apreciación similar cabría para los altiplanos de Santa Elena y Rionegro.

Es importante resaltar que el desmantelamiento de alteritas y la diversidad morfológica conforman una unidad inseparable. En otras palabras, la diversidad del relieve en los Andes de la región de Antioquia está controlada por procesos de desmantelamiento diferencial de la capa de alteritas en cada altiplano. Por otra parte se puede hacer una generalización aun mayor respecto del relieve de las montañas tropicales (e incluso para todo el relieve de las cadenas montañosas), si tomamos en cuenta que las fases de su levantamiento activo anteceden a los cambios climáticos del Cuaternario y, posiblemente, se dieron en condiciones de clima tropical.

Según Budel (1982), los *etchplain* corresponden a superficies de erosión modeladas cerca al nivel del mar, en un contexto de clima tropical contrastado (sabanas). La relación entre morfogénesis y levantamiento da lugar, en la mayoría de los casos, a que las cadenas montañosas exhiban un relieve escalonado de altiplanos, con distintos grados de conservación, dentro de los cuales dejan la huella de cambios tectónicos y climáticos nuevas generaciones de relieves que se presentan durante el proceso de levantamiento.

La diferencia de los *etchplain* con otros relieves de generación posterior es la de ser morfológicamente persistentes; es decir, pueden sufrir alteraciones morfológicas importantes sin perder su identidad. En el caso de la cordillera Central en Antioquia, sólo el frente de erosión del Plio-Cuaternario, con su formación de cañones ramificados consigue, con gran eficiencia, borrar la morfología de los altiplanos. En contraposición a ellos (los *etchplain*), relieves modelados en roca, tales como los valles glaciares, deben su persistencia más a su edad relativamente reciente (Cuaternario) que a una persistencia morfológica.

De acuerdo con lo anterior, la estructura básica o fundamental del relieve en los cinturones montañosos es **el escalonamiento de altiplanos**, el que, ante todo, refleja el proceso de levantamiento de la cadena montañosa.

3. GÉNESIS DEL RELIEVE: EL DEBATE SOBRE LOS *ETCHPLAIN*

En el debate en torno de la formación de las superficies de erosión, se ha confundido, frecuentemente, su génesis con su evolución morfogenética posterior. Es necesario, por tanto, considerar tres aspectos diferentes del problema:

- (1) La formación de las superficies de erosión (*etchplain*)
- (2) La evolución de los *etchplain* con el cambio climático de clima tropical húmedo contrastado a un clima árido o semiárido.
- (3) La evolución de los *etchplain* en un contexto de levantamiento tectónico activo.

Budel (1982) ha explicado la formación de los *etchplain* como resultado de dos procesos con una convergencia geomorfológica:

-El primer grupo de procesos ocurre en “el frente basal de meteorización” y está asociado con la meteorización intensa de las rocas en regiones tropicales húmedas.

-El segundo grupo está asociado con una morfogénesis tropical que tiende a formar superficies planas, con la condición de que las tasas de denudación estén en equilibrio con las tasas de levantamiento. La acción combinada de ambos grupos de procesos dan lugar al concepto de doble superficie de aplanamiento.

En la discusión geomorfológica en torno de los *etchplain* se ha confundido su génesis con aquella referente al efecto de un cambio climático drástico de un clima tropical contrastado (sabana) con un clima árido. Para algunos investigadores los *etchplain* salpicados de *inselbergs* no son rasgos zonales, porque hoy en día se los encuentra en diferentes regiones morfoclimáticas. Para otros, la asociación *etchplain-inselbergs* es típica de regiones áridas porque es allí donde se encuentran las expresiones geomorfológicas más ejemplares.

En el fondo, la confusión en ambos planteos es el desconocimiento del relieve como una entidad genético-histórica; ambos confunden el origen de los *etchplain* con fases posteriores en su evolución.

El tránsito de los “*etchplain*” de un clima tropical húmedo contrastado a otro más seco o incluso árido conlleva, en lo fundamental, a una interrupción total o parcial de la meteorización en el frente basal de meteorización y a un desmantelamiento parcial o total de la capa de alteritas. Ambos procesos son más eficientes si el cambio climático ha sido de larga duración, como ha ocurrido en algunas regiones de África y Australia.

El tercer aspecto, poco discutido, tiene que ver con la evolución de los *etchplain* cuando el levantamiento tectónico (y en menor medida el vulcanismo) es el proceso dominante. En este caso nos encontramos con que los *etchplains* levantados constituyen una parte importante del relieve de las cadenas montañosas. Un caso particular de esta última situación tiene que ver con las cadenas montañosas tropicales, donde es válido suponer que el proceso de levantamiento altere parcialmente la intensidad del proceso de meteorización en el frente basal de meteorización (F.B.M) o que, incluso, la llegue a interrumpir temporalmente durante períodos secos relativamente duraderos. Sin embargo, lo original en las montañas tropicales es la coexistencia de levantamiento y avance de la meteorización en profundidad hasta unos ciertos umbrales de altura. La persistencia de la meteorización en el F.B.M. podría constituir una explicación factible para el desarrollo de relieves colinados en la zona central y baja de los cañones.

4. *ETCHPLAINS* SOMETIDOS A LEVANTAMIENTOS TECTÓNICOS

Al norte de las cordilleras Central y Occidental, en el departamento de Antioquia, se tiene un conjunto de tres a cuatro altiplanos que se localizan entre los 200 y 3.200 m.s.n.m., los cuales constituyen elementos básicos de primer orden en la estructura del relieve de estas cordilleras (Arias, 1995). La evolución de estos relieves con posterioridad a su formación cerca del nivel del mar presenta características diversas.

4.1 Los altiplanos registran el proceso de levantamiento

En respuesta a balances en los cuales el levantamiento supera la denudación tropical, las superficies de erosión se levantan a una altura de 100-200 msnm. En estos casos, la superficie original relativamente plana (ondulada), da origen a un relieve con colinas equi-altitudinales de cima plana que evolucionan, posteriormente, a colinas convexas e incluso a “*meias arañas*” y a la formación de valles aluviales relativamente amplios para el tamaño de las corrientes que los drenan actualmente.

Dos aspectos requieren una mayor precisión: las correlaciones altitudinales y la magnitud del levantamiento.

a) La equi-altitud de las colinas

Este concepto es válido si los perfiles levantados son evaluados para distancias de 2-3 km, como mínimo. La equi-altitud *-sensu strictus-* tienen validez para superficies de erosión que se levantan a la misma tasa y en la misma magnitud en todas sus partes; este comportamiento parece haber sido excepcional en el caso de las cordilleras Central y Occidental.

En la parte norte de la cordillera Central el levantamiento fue basculante, unas veces hacia el sur, otras hacia el este y los levantamientos más recientes hacia el nordeste. Los perfiles, cuando se levantan en la dirección acertada, reflejan este levantamiento basculante indicando con ello que el relieve colinado antecede al levantamiento y que este no modifica significativamente la disposición equi-altitudinal previa, excepto, obviamente, la disminución de la altura con respecto al nivel del mar en la dirección en que ocurre el basculamiento.

Un perfil longitudinal de 90 km, desde Llanos de Cuivá en el altiplano de Santa Rosa, al norte, hasta la población de Rionegro en el altiplano de su mismo nombre, refleja una pendiente longitudinal uniforme del 0,1 %, a pesar de que los extremos del perfil presentan una diferencia de altura de 750 m y que en su intermedio el cañón del río Medellín y el valle del río Chico interrumpen (socavan) localmente el perfil. En este caso, el altiplano intermedio de la cordillera Central sufrió un basculamiento regional hacia el sur durante el proceso de levantamiento.

b) La magnitud del levantamiento tectónico

La ubicación de una superficie de erosión a una determinada altura sobre el nivel del mar, es indicativa únicamente del **levantamiento efectivo o neto**. La magnitud total del levantamiento no se puede conocer, especialmente cuando la tasa a la cual sucede es muy baja y la contrarresta el proceso de denudación responsable de la formación de los *etchplain*.

En síntesis, podemos afirmar que un estudio detallado de la orientación espacial de los *etchplain* en las cadenas montañosas permite inferir las fases de levantamiento y la dinámica de estas.

4.2 Papel modelador de las fases tempranas de levantamiento

El segundo aspecto por considerar es la relación

entre levantamiento tectónico, de un lado, y los procesos de denudación - meteorización, del otro.

Se indicó anteriormente la tendencia de las superficies de erosión a transformarse en relieve colinado de colinas equi-altitudinales en respuesta a levantamientos netos relativamente modestos (150-250 m.). Es la situación que hoy se puede observar en las cuencas bajas y medias de los ríos Mulatos y San Juan en el norte de Urabá y en las cuencas bajas de los ríos San Jorge y Nechí.

La comparación de los altiplanos más antiguos con los más recientes permite postular dos situaciones potenciales, a saber:

- La densidad del drenaje en el relieve colinado tiende a ir en aumento con el tiempo.
- La densidad del drenaje es mayor en los altiplanos modelados en saprolitos limo-arcillosos que en aquellos modelados en secuencias sedimentarias continentales del Terciario Medio-Superior.

Además del relieve colinado, los levantamientos netos modestos contribuyen indirectamente a la formación de valles aluviales, que presentan unos rasgos muy particulares:

- Son valles encajados en relieves colinados.
- Presentan una llanura aluvial discontinua, en algunos tramos bastante amplia, separados por tramos cortos donde el valle se estrecha para formar gargantas.
- La amplitud de la llanura aluvial supera considerablemente la amplitud de los sistemas de terrazas.
- El rasgo más distintivo es la presencia de un quiebre de pendiente abrupto entre las colinas y las llanuras aluviales, que incluso persiste entre las terrazas y las colinas.

En términos de la geomorfología genética persiste un debate en torno del proceso de su formación:

- ¿En qué medida estos valles son el resultado de la “erosión fluvial”?
- ¿En qué medida son “corredores de *etchplain*”; es decir, procesos abortados de formación de un nuevo *etchplain*?

4.3 Levantamiento, disección meteorización

En las montañas tropicales, el levantamiento leve provoca la impresión de un relieve colinado sobre las superficies de erosión; es decir, el levantamiento estimula una disección vertical que contrasta con la denudación areal de los *etchplain* activos.

Sin embargo, es de suponer que mientras los altiplanos no se levanten por encima de los 2.000 - 2.500 m.s.n.m., el avance en profundidad del frente basal de meteorización continuará.

La relación compleja entre tres procesos comandará la morfología “final” del altiplano levantado:

- La tasa y magnitud total del levantamiento tectónico.
- La intensidad de la disección, cuyo avance sobre los altiplanos queda nítidamente reflejada en la posición regional de **los frentes de erosión**.
- La tasa de meteorización en el F.B.M.

4.3.1. El efecto del levantamiento tectónico. Los levantamientos netos de poca magnitud (<600m), conducen a la formación de un relieve colinado en el cual se encajan “valles” relativamente amplios.

El levantamiento pronunciado (2.000 m) activa frentes de erosión, geomorfológicamente muy eficientes, que modelan dos tipos de cañones:

Cañones lineales que segmentan a los altiplanos (casos ríos Porce y Nus). Estos cañones pueden tener un control estructural pasivo (cañón del río Porce) o evolucionar a partir de los valles preexistentes presentes en el altiplano (caso del cañón del río Nus).

Cañones ramificados que conforman una franja perimetral alrededor de los altiplanos (ríos Nechí, San Andrés, Arma y Nare). Estos cañones se adentran hacia la zona central de los altiplanos en forma gradual, siguiendo el eje de las arterias fluviales principales, como ocurre con el río Nechí, aguas arriba de Campamento; el río Buey, aguas arriba de El Cairo y el río Arma, por el sector de Encimadas (Aguadas).

La posición de los frentes activos de erosión marca así el límite tajante entre dos relieves contrastantes: los altiplanos colinados en la zona interna y un relieve

montañoso en la parte externa (Mejía-Villegas, 1996). Solamente el avance de frentes de erosión muy activos en respuesta a un levantamiento tectónico vigoroso consigue introducir una nueva generación de relieve, que se diferencia radicalmente del relieve de altiplanos colinados preexistentes

4.3.2. La intensidad de la disección. El cuadro combinado de la disección vertical (o en términos de la geomorfología alemana: erosión fluvial) y los procesos de movimientos en masa y erosión en las vertientes es más complicado.

Se pueden reconocer tres (3) situaciones:

- 1º. El comportamiento de la disección a partir de la base de los escarpes regionales (*etchplain scarp*) que sirven de separación a dos altiplanos.
- 2º. El proceso erosión-movimiento en masa-sedimentación en los altiplanos colinados, en zonas que no han sufrido la influencia del avance remontante de los frentes de erosión.

A partir de un mosaico regional de colinas convexas se ha sobrepuesto otro mosaico, igualmente regional, de colinas y vertientes cóncavas desarrolladas a partir de deslizamientos rotacionales en saprolito y de erosión acelerada (cárcavas), procesos responsables de una intensa sedimentación en las vaguadas de corrientes de primer orden (Mejía-Villegas, 1996).

- 3º. La disección asociada con el avance de los frentes de erosión. Por ser el evento más reciente, se pueden inferir más fácilmente los relevos y las transiciones entre procesos morfogenéticos y sus geoformas asociadas. Es claro un tránsito de procesos, desde movimientos gravitacionales masivos a otro de deslizamientos rotacionales en saprolito; para las geoformas, el tránsito es de un predominio de escarpes rocosos a nichos de despegue de deslizamiento (*seudo-circus*). La penetración de los frentes de erosión en los altiplanos da origen a un sistema escalonado de colinas, desde colinas muy altas y esbeltas hasta terminar en colinas bajas y de vertientes suaves; este sistema sucesional de colinas es muy claro a lo largo del sistema fluvial Buey-Piedras y en el río Arma (occidente de Aguadas).

En estos tres ámbitos, donde operan procesos combinados de erosión, movimientos en masa y disección, hay convergencias y divergencias en torno de la naturaleza de los procesos y de sus productos morfológicos (las geoformas). Sin embargo, todas ellas reflejan la existencia de condiciones ambientales húmedas como requisito para su desarrollo. El mosaico de geoformas fue elaborado por una red de drenaje densa y muy activa. Esto, obviamente, no constituye una negación de la existencia de períodos secos. Es necesario recordar que el relieve es un indicador paleoclimático de baja sensibilidad para los relieves con mayor persistencia, mientras que los relieves y geoformas asociados con una alta sensibilidad son, por lo general, muy frágiles y pueden desaparecer rápidamente.

En este sentido, el análisis del relieve en términos paleoambientales debe tener muy presente:

- Es un registro de cambios a una escala muy gruesa, lo cual, lo diferencia de la vegetación y los suelos.
- Es selectivo. Tienen a conservarse más unos relieves (relieves persistentes) y otros serán más efímeros.

Todo lo anterior no significa que haya ausencia de geoformas asociadas con condiciones más secas en el relieve de las cordilleras. En el altiplano Carolina-Gómez Plata y a lo largo de su borde interno, existe una serie de vertientes planares suavemente inclinadas (<3º-4º), modeladas en saprolitos de cuarzodiorita, que podrían asociarse con pedimentos.

4.3.3. El Comportamiento del manto de alteritas. En los altiplanos antioqueños localizados por debajo de los 2.400-2.500 m.s.n.m. persiste un manto de alteritas, cuyo espesor medio es del orden de 40-60 m. En el altiplano de La Unión-Abejorral se han determinado espesores máximos del orden de 50-60 m. En el "Oriente Antioqueño", en el sector de los embalses de Jaguas, Playas y Punchiná, el estudio de 90 perforaciones refleja la existencia de espesores representativos del orden de 35-45 m (Bermúdez y Márquez, 1989). En el altiplano de Rionegro, Feinenger (1972) cita valores máximos del orden de 100 m en un sector poco disectado del altiplano intermedio de la cordillera Central.

Las tendencias recientes en el estudio del relieve tropical apuntan, en lo fundamental, a la comprensión de la génesis del manto de alteritas y a los procesos de su desmantelamiento.

Los estudios de prospección del subsuelo, especialmente de la morfología del frente basal de meteorización, centran la atención de los investigadores; revisten igual importancia la identificación de los procesos y eficiencias con que se elimina este manto saprolítico.

Para el caso de la cordillera Central se presentan tres situaciones diferentes.

- 1°. El altiplano más antiguo (“altiplano Páramo de Belmira-Páramo de Sonsón”) se localiza entre los 3.000-3.200 m.s.n.m., como remanentes discontinuos, hacia el borde occidental de la cordillera. Durante el Cuaternario estas zonas fueron afectadas por una morfogénesis glacial y periglacial que permitió un desmantelamiento muy eficiente del manto de alteritas. En el páramo de Belmira y en el altiplano de Santa Elena existen zonas muy amplias de relieve suave e incluso plano, modeladas en roca ligeramente meteorizada (roca tipo IIA-IIB). El relieve en este altiplano es un mosaico de geoformas del F.B.M. aflorante y geoformas asociadas con condiciones glaciares-periglaciares (valles en U, rocas aborregadas, y geoformas de acumulación asociadas con depósitos fluvio-glaciares. Los ejemplos de estas confluencias son claros en el páramo de Belmira.
- 2°. En los cañones ramificados modelados por el avance remontante del frente de erosión más reciente, el espesor de las alteritas en las vertientes montañosas alcanza valores de 10-15 m como máximo. Son saprolitos areno-limosos poco evolucionados (*Grus*), posiblemente de formación reciente, que reflejan el balance entre denudación y meteorización. El manto de alteritas en este caso es un rasgo joven, en equilibrio con las condiciones ambientales actuales.
- 3°. La tercera situación tiene que ver con el manto de alteritas que subyace en los altiplanos colinados.

La dificultad en estos casos es diferenciar lo que es “reliquia”, o fósil en estos perfiles y lo que es “activo”, es decir, en equilibrio con las condiciones actuales. Las similitudes morfológicas entre los altiplanos más elevados y más bajos y de estos con los altiplanos ligeramente levantados de la planicie costera Atlántica (norte de Urabá, región de Caucasia) lleva a plantear como hipótesis de trabajo, que el levantamiento último

y más vigoroso -levantamiento neto del orden de 2.200 m para la parte norte de la cordillera Central- no implicó una denudación areal significativa de los altiplanos colinados. En este sentido, el levantamiento vigoroso de la cordillera eleva áreas extensas a unas posiciones donde la morfogénesis actual y pasada en vertientes y lechos fluviales es de una eficiencia mínima. En el contexto del tiempo geológico es más nítido el consumo (o digestión) que los frentes de erosión hacen del altiplano en su perímetro que los cambios morfológicos en el interior de este.

Es muy posible que el manto de alteritas que subyace en los altiplanos colinados más elevados (altiplano de Santa Rosa, altiplano de Rionegro, altiplano Gómez Plata), sean rasgos reliquias (heredados) de unas condiciones ambientales previas al levantamiento, o de las condiciones asociadas con los levantamientos iniciales (400 y 600 m).

5. TAXONOMIA DEL RELIEVE EN LAS MONTAÑAS TROPICALES.

Las ideas anteriores sirven de fundamento para plantear y resolver el interrogante sobre como abordar el estudio del relieve de las montañas tropicales. ¿Cómo conseguir que los diferentes relieves y geoformas permitan descifrar el proceso de levantamiento y las condiciones tectónicas y climáticas determinantes del modelado de las cadenas montañosas?

Una investigación geomorfológica de estas características debería abordarse de manera tal, que permita identificar:

- El papel modelador que ejerce el proceso de levantamiento tectónico.
- El papel modelador del clima y de los cambios climáticos.

Esta labor requerirá el concurso de investigaciones geológicas, especialmente aquellas referidas a las secuencias volcano-sedimentarias correlacionadas con el proceso de levantamiento y de las formaciones superficiales que recubren parte del relieve de los altiplanos.

Un método para abordar el estudio del relieve en las cadenas montañosas se fundamenta en los conceptos de: **generaciones de relieve** y **orden de relieve**.

5.1 Generaciones de relieve

El concepto de “generaciones de relieve” pone en el centro la idea de evolución del relieve. Todo relieve es una confluencia de diferentes generaciones, con edades diferentes y con distintos estados de conservación. La imagen del relieve como un palimpsesto da buena cuenta del carácter generacional del relieve.

En este contexto, una labor central de la geomorfología es la de levantar **la estratigrafía del relieve**; en otros términos, ordenar cronológica, morfológica y ambientalmente las diferentes generaciones del relieve. El ordenamiento histórico- en el contexto del tiempo geológico - entra a ser el pilar central del concepto de generación de relieve.

5.2 Orden del relieve

Este concepto es de orden estructural y permite establecer el tipo de relaciones y jerarquías que los relieves específicos presentan dentro del sistema morfológico de las cadenas montañosas.

En los Andes colombianos se pueden diferenciar varios tipos de relieves. Unos relieves testimonian el proceso de levantamiento, son persistentes, aunque pueden sufrir modificaciones secundarias (“retoques”). Los relieves que pueden sufrir modificaciones morfológicas leves, moderadas o intensas pero sin perder su identidad estructural serán los relieves de primer orden. El conjunto de relieves de primer orden define la estructura morfológica básica de las cadenas montañosas.

Los relieves de 2º orden, 3º orden, etc., corresponden a nuevas generaciones que modifican los relieves de primer orden y hacen retoques sin cambiar la estructura básica. Por ejemplo, el relieve colinado y los valles amplios, levemente encajados (100-150 m) enriquecen y diversifican el aspecto morfológico de los altiplanos, sin que se modifique sustancialmente la estructura geomorfológica de éste. Incluso, el desmantelamiento casi total del manto de alteritas introduce una gran diversidad de relieves y geoformas de 2º y 3º orden sin que se pierda la identidad del relieve de 1er orden (por ejemplo: altiplano de Santa Elena y altiplano páramo de Belmira).

La organización de los relieves de 2º, 3º orden y sucesivos hasta llegar al nivel de geoformas individuales, se puede hacer sobre la base de encajamiento o

pertenencia. Así, por ejemplo, se puede establecer la siguiente secuencia:

Superficie de erosión (<i>etchplain</i>)	} Relieve de primer } orden
Altiplano colinado dominado por colinas convexas	} Relieve de segundo } orden
Desarrollo regional de colinas cóncavas y acumulaciones de sedimentos en vaguadas de corrientes de primer orden	} Relieve de tercer } orden

Es importante tener muy presente que los relieves de primer orden son persistentes pero no permanentes. Una nueva generación de relieves de primer orden se desarrolla en dos circunstancias determinantes:

- Porque emergen nuevos territorios por encima del nivel del mar y el tamaño de la cadena montañosa va en aumento .
- Porque la nueva generación se desarrolla a partir de la destrucción (disección) o del enterramiento de otro relieve de primer orden.

En el caso de la cordillera Central existen ejemplos claros de estas situaciones.

El levantamiento de la cordillera Central en Antioquia está enmarcado en lo fundamental por las fallas de Romeral y Palestina. Se trata de un levantamiento basculante, más intenso en su borde occidental (falla de Romeral), que en sus tres fases de levantamiento fue integrando nuevos terrenos al cuerpo de la cordillera, conformando un sistema escalonado de altiplanos (Arias, 1995).

Los cañones lineales y ramificados que segmentan o destruyen los altiplanos, son el mejor ejemplo de una nueva generación de relieve de primer orden que se forma a expensas de la destrucción de una antigua generación de primer orden (los altiplanos), como consecuencia del avance remontante de los frentes de erosión.

El enterramiento (sepultura) de un relieve de primer orden, por otro del mismo orden, se presenta con los edificios volcánicos de la cordillera Central. En la zona del departamento de Caldas, entre San Félix y el volcán Nevado del Ruiz, una secuencia de materiales volcano-

sedimentarios recubre una antigua superficie de erosión levantada (altiplano) que se localiza hacia los 2.000 m.s.n.m.. Este edificio volcánico llega a alcanzar una altitud de 5.200 m.s.n.m.

Al tener presente la connotación histórica que subyace en el concepto de “generación de relieve” y la connotación estructural que subyace en el concepto de “orden”, es posible abordar la cartografía sistemática en unos términos tales que permita la lectura de ese complejo palimpsesto geomorfológico que es el relieve de los Andes colombianos.

No sobra hacer una aclaración final: El calificativo de “estructural” para los relieves de primer orden hace referencia a su papel y significado en el contexto global de la estructura de las cadenas montañosas. Con ello no se hace referencia a los “relieves estructurales” cuya morfología está estrechamente ligada con las estructuras geológicas.

6. TIPOS DE RELIEVE EN LA PARTE NORTE DE LA CORDILLERA CENTRAL

La propuesta metodológica antes expuesta se puede aplicar al segmento septentrional de la cordillera Central, en Antioquia y Caldas, al norte del volcán Nevado del Ruiz. En Este, la Cordillera corresponde a un gran bloque basculado al NE, limitado por los sistemas de fallas de Romeral al O. y el sistema de fallas Palestina al E. Aproximando más aun el foco de observación, se trata de una sucesión de tres altiplanos muy extensos, el más joven de los cuales, en su borde oriental, se encuentra afectado por dislocación tectónica.

6.1 Relieves de primer orden

Los relieves de primer orden son de tres tipos: altiplanos, escarpes regionales y los cañones.

Los altiplanos corresponden a antiguas superficies de erosión levantadas, el más antiguo de los cuales se remonta al Terciario Inferior-Medio.

La presencia de altiplanos escalonados es el rasgo geomorfológico dominante y más extenso en el sector norte de la cordillera Central. Los tres altiplanos identificados son:

- el altiplano antiguo: altiplano Páramo de Belmira-Páramo de Sonsón.
- el altiplano intermedio: altiplano Santa Rosa de Osos-Rionegro.

- el altiplano más reciente: altiplano Anorí-Amalfi-Carolina-embalse de Peñol.

Los escarpes regionales (“*Rumpfstufe*”), marcan los límites entre los altiplanos.

El escarpe regional más antiguo se puede seguir desde San José de la Montaña al noroeste hasta la población de Guatapé al sureste; el escarpe regional más joven se puede seguir desde la región de Yarumal-Guadalupe en el noroccidente hasta el embalse del Peñol al sureste. Altiplanos y escarpes regionales son relieves con unas relaciones genéticas y cronológicas muy estrechas.

Los cañones constituyen la generación más joven de relieves de primer orden. La génesis de estos cañones es compleja, pero en su aspecto central son la respuesta geomorfológica a la última fase de levantamiento de la cordillera, que en este sector fue del orden de 2200 m.

Los cañones en Antioquia son de dos tipos:

- a) Cañones lineales. Corresponden a los cañones de los ríos Nus y Porce; incluye además unas ramificaciones a partir de este último, siguiendo los cursos de los ríos Guadalupe, Grande, Medellín y de la quebrada Santiago. El encajamiento de estos cañones es muy pronunciado (700-1.100 m), de tal manera que consiguen segmentar a los altiplanos intermedio e inferior.
- b) Cañones ramificados: Se distribuyen en la periferia del conjunto de altiplanos, excepto en el cuadrante NE formado por los ríos Nus y Porce-Nechí. Los cañones ramificados dan origen a un relieve montañoso, quebrado, de vertientes largas y muy inclinadas que se forman a expensas de consumir el relieve de los altiplanos.

El límite entre altiplanos y cañones es tajante y de contrastes muy pronunciados, objeto de orgullo de la cultura paisa y en la cual se apoya la generación hidroeléctrica del departamento de Antioquia. Se trata de una red de líneas en el relieve que marcan los frentes de avance de la erosión remontante, ligada con los frentes erosivos de los ríos Cauca y Magdalena. Un análisis más detallado de la disposición de estos frentes corrobora el carácter de basculante al NE para el levantamiento más reciente de la cordillera.

Las diferencias de altura más espectaculares de estos frentes de erosión se asocian con el retroceso del escarpe

tectónico de la falla de Romeral, en el sector comprendido entre las poblaciones de Angelópolis y Toledo, donde se alcanzan diferencias del orden de 1200-1300 m.

Otros relieves de primer orden y menor extensión se presentan en los altiplanos:

- Los peñoles (“La Piedra del Peñol”, El Peñol de Entreríos, El Marial),que constituyen fases muy evolucionadas o terminales de *inselbergs*.
- *Inselbergs* aislados (El Capiro en La Ceja).
- Cadenas de *inselbergs* (cerros conectados en cadena que sobresalen 150-200 m por encima del nivel del altiplano intermedio en el sector de San Pedro de los Milagros).

6.2 Relieves de segundo orden

El conjunto de relieves de segundo orden se pueden agrupar a partir de los relieves de primer orden; en otros términos, las generaciones de segundo orden están condicionadas en su distribución geográfica por los relieves de primer orden. Esta relación es importante tenerla muy presente porque ciertas confluencias morfológicas entre geoformas, presentes en los altiplanos y en los cañones, ha dado pie a interpretaciones erróneas respecto de un papel activo de las dislocaciones tectónicas (estructuras en graben) para explicar las confluencias de modelados.

En la evolución de los cañones de los ríos Porce (tramo entre Porcesito y Porce II) y Nus (sector de San José) se ha formado hacia la parte central un corredor con relieve colinado que no guarda ninguna relación con el relieve colinado de los altiplanos; excepto, tal vez, que den pie para hablar de un supuesto esquema general (“universal”?) de evolución del relieve.

Dentro del conjunto de relieves de segundo orden, aparecen reiteradamente en el tiempo, varias generaciones de relieves colinados, ya sea en los altiplanos como en la parte inferior de los escarpes regionales y en la zona central de los cañones lineales que presentan una mayor ampliación lateral.

6.2.1. Relieves de segundo orden en los altiplanos.

Dentro de los diferentes altiplanos se puede inferir la siguiente secuencia de relieves:

1. Relieve colinado dominado por colinas convexas equi-altitudinales.

2. Valles de altiplano

3. Una generación de vertientes cóncavas que da origen a unas colinas con un perfil muy original: convexo en un lado y cóncavo en el opuesto. Esta generación de vertientes cóncavas es el resultado de procesos de remoción en masa (deslizamientos rotacionales en saprolito) y de erosión acelerada (cárcavas). En correlación con este evento geomorfológico regional se presenta una sedimentación finogranular (arcillo-limosa y limosa), muy abundante en las vaguadas de las corrientes de primer orden.

Estos tres tipos de relieves son de amplia distribución en los altiplanos y, por tanto, su cuadro causal es de carácter regional. Por la morfología de detalle, es posible diferenciar entre dos y tres períodos de formación de vertientes cóncavas en el altiplano Carolina-Gómez Plata (Mejía-Villegas, 1990).

La distribución temporal de estas generaciones de relieve es un tema que requiere de estudios más detallados. Los relieves de colinas convexas y los valles de altiplano se pueden clasificar en una escala cronológica relativa, teniendo como referente la edad del altiplano en el cual se encajan. En este sentido, el “valle de altiplano” más antiguo corresponde al valle de La Unión y posiblemente al valle de la quebrada Yeguas, en el sector de Abejorral; en un grupo de edad intermedia estarían los valles del río Grande y del río Chico en el sector del embalse del proyecto “Aprovechamiento Múltiple del río Grande”, el Llano de Ovejas en San Pedro y los valles del río Negro y de las quebradas La Pereira, Marinilla y la Mosca en el “Oriente Cercano”. En un grupo más reciente estarían los valles del Riachón en Amalfi y de la quebrada La Soledad en Anorí (Ascon, 1.984).

Todos estos valles mencionados despliegan unos rasgos morfológicos relativamente similares y las diferencias son de escala espacial (tamaños). Esta similitud de sus sistemas morfológicos deberá estar ligada con una similitud en la naturaleza de los procesos que los modelan y la cual deberá corresponder al trabajo de una morfogénesis tropical, muy similar a la que actualmente modela los valles de los ríos San Juan y Mulatos en el norte de Urabá.

6.2.2. Relieves de segundo orden en los escarpes regionales.

Son escasos -pero persisten- aquellos tramos en los dos escarpes regionales donde se conservan

parcialmente los rasgos primigenios de estas estructuras. Al N y NO de Entreríos (sector de Labores), el escarpe más antiguo corresponde a vertientes muy largas y empinadas con inclinación muy uniforme, cuyas alturas varían entre 250 y 400 m. Sin embargo, en la mayor parte de los escarpes regionales, una red de drenaje densa se ha encajado lo suficiente, para conducir a una disección profunda y a un declive en la inclinación que permite a estas corrientes adentrarse con su erosión fluvial, en el borde externo del altiplano superior. La disección fluvial intensa que afecta a los escarpes regionales ha dado origen a la impresión de unos corredores con relieve montañoso, muy típicos cuando se viaja de Santa Rosa de Osos a Guadalupe; el cañón de la quebrada Guanacas es un ejemplo excelente de relieve quebrado y agreste que sirve de separación a los altiplanos de Santa Rosa y de Carolina-Gómez Plata. La impronta montañoso es el relieve de segundo orden que se plasma sobre los escarpes regionales.

En este relieve es posible diferenciar cuatro compartimientos:

- Una franja central, muy amplia, de vertientes largas y agrestes que conforman un relieve denudativo de tipo montañoso, afectado por rupturas masivas que dan origen a varios eventos de flujo de lodo.
- Una franja superior donde la disección penetra en forma de ramificaciones que dismantelan significativamente el manto de alteritas, haciendo aflorar los horizontes IC y IIA del perfil de meteorización de la cuarzodiorita del batolito Antioqueño (vertientes salpicadas de “bolas de roca”) y organales en los lechos de las corrientes.
- Una franja de relieve colinado con colinas escalonadas hacia la base del escarpe.
- Una acumulación importante de sedimentos fluviales a lo largo de las corrientes que salen del escarpe. Estos sedimentos forman llanuras aluviales dentro del altiplano inferior. Las acumulaciones aluviales mas importantes se presentan en la cuenca de la quebrada La Pereira (La Ceja), a la base del escarpe que separa los altiplanos de La Unión-Abejorral y Rionegro.

6.2.3. Relieves de segundo orden en los cañones. La evolución geomorfológica de los cañones presenta situaciones muy contrastantes.

En algunos de ellos, una disección fluvial vigorosa acompañada de rupturas masivas en las vertientes da lugar a un modelado montañoso donde los contrastes litológicos no juegan un papel significativo. A pesar de la gran diversidad litológica del cañón del río Buey, la morfología de las vertientes es muy homogénea. En contraposición con lo anterior, el cañón del río Medellín-Porce, entre Ancón Norte y Dos Bocas, presenta estructuras morfológicas diferentes, las que se pueden asociar - en un primer intento de explicación - con las variaciones litológicas que se presentan a lo largo de su recorrido. En tercer lugar, y para mostrar la complejidad del problema, se tiene el cañón del río Nus. En este caso, la mayor parte del cañón está modelado en rocas graníticas (sector La Quebra- San José del Nus); ésta homogeneidad litológica contrasta con la diversidad morfológica (Hidrociviles, 1994).

Tales ejemplos sirven de referencia para mostrar el poco valor de las determinaciones rígidas que los geólogos y geomorfólogos le asignan a las litologías y a las estructuras geológicas en el modelado del relieve. Utilizando una hipótesis ergódica (el cambio de variaciones espaciales por variaciones temporales) se pueden establecer varias fases en la evolución de los cañones:

1. Cañones en V.

Cañones donde sus respaldos confluyen en un punto central correspondiente al lecho de la corriente principal. El lecho presenta una gradiente longitudinal alta y la dinámica fluvial es de disección vertical y transporte de sedimentos. No hay acumulaciones significativas de sedimentos; en las vertientes predominan las geoformas asociadas con rupturas masivas. Ejemplos típicos de esta situación se presentan en: el río Porce, aguas abajo de Porce II; el río Buey, aguas abajo de “El Salto del Buey”; el río San Andrés, aguas abajo de San José de la Montaña.

2. Cañones con una franja central de relieve colinado.

En este caso, un sistema de colinas convexas ocupa la franja central de los cañones, las cuales cambian gradualmente a colinas alargadas y escalonadas que rematan abruptamente en la base de los respaldos del cañón. Esta situación es típica para el cañón del río Porce entre Porcesito y Porce II y en el cañón del río Nus, aguas abajo de las partidas para Yolombó. Si la hipótesis ergódica es válida, se podría concluir que la ampliación lateral de los cañones da lugar a una nueva

generación de relieve de segundo orden, correspondiente a las franjas colinadas que ocupan la zona central.

En el cañón del río Porce, “sitio de Porce II”, estas colinas saprolíticas son modeladas en un manto de alteritas de formación reciente (Plio-Cuaternario) que llega a alcanzar espesores máximos del orden de 52 m (Ascon, 1.984).

Es importante relacionar la presencia de un manto de alteritas de formación reciente o en formación y el corredor colinado central. Contrasta esta situación con aquella de los cañones en V, donde el manto de alteritas es muy delgado en las vertientes (<10 m.) y el lecho de las corrientes es modelado en roca fresca.

BIBLIOGRAFIA

Arias, L. A. (1.995), “El relieve de la zona central de Antioquia: un palimpsesto de eventos tectónicos y climáticos”. Revista *Facultad de Ingeniería*, **10**, 9-24.

ASCON (1984). Estabilidad de vertientes. Proyecto hidroeléctrico Porce III, Estudio de factibilidad, informe final, Medellín, 88 p. y anexos.

Bermúdez, H. y Márquez, J. B. (1990). Estabilidad de laderas en el borde del embalse de San Lorenzo de la Central Hidroeléctrica de Jaguas. Tesis de Grado Facultad de Minas, Universidad Nacional Medellín 520 p.

Budel, J. (1.982). *Climatic Geomorphology* (transl. L. Fischer & D. Busche). Princeton University Press, Princeton.

Feininger, T. *et al.* (1.972), “Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (subzona II-B)”. *Boletín Geológico*, v.20, N° 2, 173 p.

Mejía-Villegas S.A y A.E.I.(1996) “Aprovechamiento cuenca del río Buey. Central Hidroeléctrica El Guaico. Informe de Geomorfología “, Medellín, 72 p y 2 mapas.