

ASPECTOS MORFOLOGICOS DE LA CORDILLERA ORIENTAL COLOMBIANA

ANDRE JOURNAUX

Profesor de Geografía de la Universidad
de Caén.

Traducido del francés y comentado por Eduardo Nicholls V.

I. INTRODUCCION

No tengo la pretensión, después de permanecer unas pocas semanas en Colombia, de presentaros un estudio exhaustivo de la Cordillera Oriental Colombiana. A pesar de las numerosas excursiones, organizadas gracias al apoyo decidido del Señor Ministro de Guerra, del Señor Director del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y de mi colega el Dr. Guhl, apenas alcancé a conocer someramente, ciertas regiones de Colombia. Sin embargo, yo quisiera sin mayor tardanza, entregaros el fruto de mis investigaciones en vuestro país, para demostraros el gran interés que representa hoy en día, la Morfología para el cabal conocimiento de una región tanto por la ayuda que ella aporta a otras ciencias como por las aplicaciones que permitan realizar una mejor economía de un país y la adecuada planificación del mismo.

Sin duda, no es la primera vez que se hace mención ante vuestra honorable concurrencia, de esta ciencia joven. Me permito recordaros que notables trabajos ya se han publicado en vuestra Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. El Dr. Raasveldt, en el número de Marzo de 1957 de la citada revista, al hacer el balance de la contribución de la Fotogrametría a las diferentes ciencias, hacía notar incidentalmente, a propósito de la Geomorfología, que esta era la disciplina que derivaba el mayor provecho de la interpretación fotográfica pero que no existía *una clara distinción de métodos entre la Geomorfología y la Geología*. Yo creo, por el contrario, que la Geomorfología es en la actualidad una Ciencia adulta, que ha adquirido sus títulos de nobleza después de varias décadas de años, separándose de la Geología, de la cual difiere fundamentalmente por:

a) su objeto; b) sus medios y c) sus métodos, como quiero demostrarlo.

El Dr. Raasveldt dice: Enumeramos esquemáticamente las aplicaciones de aerofotografías, que son conocidas y publicadas: 1. *Geomorfología, en esta disciplina la foto-interpretación ha adquirido tal vez resultados máximos: Una clara distinción entre ella y la Geología no existe*; Morfología de Costas, Morfología de Ríos, Morfología de Desiertos, Morfología de Lagos, Geología Cuaternaria y Glaciología. — 2. Geología: Tectónica y Geología Estructural. — 3. Agronomía. — 4. Botánica e Ingeniería Forestal. — 5. Arqueología. — 6. Ingeniería Civil. Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. IX, Número 38, págs. 443-444.

Nota del traductor

a) *Objeto*. El objeto de los Estudios Geológicos, es el conocimiento de la Historia de La Tierra, en sus di-

ferentes fases Orogénicas y de calma. La Morfología es, esencialmente, la descripción y la explicación de las formas actuales de La Tierra (land forms), (lo que Suess denominó La Cara de La Tierra) y cuya mira es colocar tales formas en un ciclo evolutivo.

b) *Los medios*. La Geología se vale de tres medios para la investigación de los diferentes hitos en la historia de La Tierra: 1. Primero está la Estratigrafía de los terrenos, su sucesión estratigráfica, espesores de los estratos y causas de su formación. 2. La Paleontología, que gracias a los fósiles, nos suministra las edades de cada uno de los pisos geológicos. Se utilizan especialmente los llamados "fósiles índices". 3. La Tectónica nos explica la colocación en su puesto de todas las capas del terreno.

La Geomorfología presta de la Geología algunos de sus resultados. En particular, ella retiene las enseñanzas que le proporciona la Tectónica y en materia de Estratigrafía, lo que llamamos "escala de dureza", es decir, la resistencia más o menos grande que ofrecen los terrenos a la erosión. Pero para comprender a cabalidad un paisaje, describirlo y colocarlo en un ciclo de evolución permanente es necesario analizar los diferentes elementos: Superficies planas o curvas, vertientes, dirección y extensión de los valles, etc. etc. Ahora bien, un paisaje es un verdadero palimpsesto, donde las formas antiguas o mejor formas fósiles, se yuxtaponen a las actuales o se combinan con ellas. Este enigma es el que deben descifrar los geomorfólogos. Se comprende pues, el por qué los métodos sean diferentes. El minucioso análisis de los elementos que constituyen cada estrato del terreno, o la forma de un fósil y su parentesco con otro fósil determinado, tienen menos importancia para el geomorfólogo que el análisis de las formas actuales, en pleno proceso de evolución. El geomorfólogo busca comprender los procesos de la erosión y descubrir los mecanismos del transporte y de la depositación (sedimentación). Todo esto conduce a considerar la Geomorfología como dinámica, en acción, tal como se presenta ante nuestros ojos bajo los diferentes climas del Globo. También tienen la particularidad los estudios geomorfológicos, de recurrir a los climas pasados y presentes para comprender las antiguas formas de la tierra y las actuales. Así, al lado de una Geomorfología que podríamos calificar de *estructural* puesto que mucho debe a la Estructura Geológica y por consiguiente a la geología misma, ha nacido una *Geomorfología Climatérica*, que atribuye la mayor importancia a las condiciones de temperatura y pluviosidad, que son las que guían la meteorización de las rocas y los sistemas de erosión y de acumulación de los aluviones, el trabajo de todos los agentes de erosión en general y las formas que de él resultan. Lejos de ser contradictorios estos dos aspectos, son complementarios e indispensables para comprender

los paisajes. Pero qué es la Cara de La Tierra, si no su superficie transformada incesantemente por la acción de los ríos, del viento, de las heladas, de los glaciares, donde se desarrollan los suelos que llevan los vegetales, los animales y el hombre mismo? Cuáles son las promesas de una tierra nutricia, originada y evolucionada bajo ciertas condiciones climatéricas y biológicas, amenazada de continuo por la erosión y por el mismo hombre?

Este último aspecto de los estudios geomorfológicos, la *Geomorfología Aplicada*, es sin lugar a dudas la más interesante para todos aquellos que se inclinan sobre problemas tales como los del rendimiento, los de la producción y los de la productividad de un país y sobre los problemas que encierra el control de un territorio que cada gobierno tiene la obligación de estudiar. Cualquier cultivo en gran escala, la construcción de cualquier gran represa para propósitos de irrigación o para la producción de energía eléctrica, cualquier establecimiento industrial o la construcción de nuevos puertos, no deben dejarse realizar sin los estudios preliminares, de los cuales el geógrafo debe ser el coordinador, el animador, y por qué no decirlo, una especie de director de orquesta. El es quien debe de hacer la síntesis de todos los estudios preliminares. El geomorfológico, además de sus estudios económicos y humanos, debe aportar en todos los casos su grano de arena a la común construcción. En ocasiones su trabajo será la base de todo el edificio.

Tales son los diferentes aspectos de la Geomorfología moderna, sobre los cuales yo quisiera ilustraros mediante mis recientes investigaciones sobre la Cordillera Oriental de Colombia.

Lobeck en su libro *Geomorphology*, 1ª Edición, 7ª Impresión, 1939, p. 3, dice lo siguiente:

Relación con la Geología. La Geomorfología o estudio de las formas de La Tierra, es una rama de la Geología a veces en coordinación con la mineralogía y la petrología, con la paleontología y la estratigrafía. La Geología Estructural y la Dinámica contribuyen a la mejor comprensión de la Geomorfología, explicando la evolución de los aspectos o formas de La Tierra. La Geomorfología, como las otras ciencias ya mencionadas, es una rama de la Geología, aquella rama que trabaja con las formas de la corteza terrestre. Primera Edición, 7ª Impresión, Mc Graw Hill Book Company 1939, New York.

Relación con la Geografía. Dice Lobeck (en la misma p. 3): La ciencia de la Geografía considerada en su más amplio sentido, puede definirse como el estudio de las relaciones existentes entre la vida y el medio (environment) físico. El estudio del ambiente físico, de por sí sólo, constituye la Fisiografía, que no debe llamarse geografía física como a menudo se hace, ya que las relaciones entre la vida y el ambiente físico no están dentro del alcance de la Fisiografía. La Geografía representa aquellos campos que cubren la fisiografía como también las ciencias biológicas y sociales. La Fisiografía, ya sea en su fase de Geomorfología, Climatología u Oceanografía, explica el ambiente que determina hasta cierto punto la distribución y comportamiento del mundo animal y humano.

Nota del traductor

I. MORFOLOGIA ESTRUCTURAL

La Cordillera Oriental se nos presenta como una cadena montañosa relativamente joven, cuyos rasgos principales y grandes líneas del relieve, se deben a una estructura relativamente simple y a una tectónica reciente.

Contra la espina dorsal de la parte septentrional de la cordillera, constituida por rocas metamórficas resistentes, de frecuente edad antigua pero en ocasiones indeterminada, se apoyan pesados plegamientos de rocas jurásicas o cretáceas, que constituyen los principales ejes orográficos de la región. Esta estructura plegada, que constituye todo el centro de la cadena, no deja un lugar para una topografía que estuviera controlada por otros fenómenos diferentes a los de la dureza de las rocas. Cada piso está representado por espesores considerables, frecuentemente de varios centenares de metros. Los calcáreos, los esquistos, las arcillas rojas o grises, amarillas o negras, modeladas por una vigorosa erosión, no conservan siquiera huellas de antiguas superficies de erosión (aplanamientos). La ausencia de antiguas superficies de erosión en esta región, tan frecuentes en Los Andes Peruanos y Bolivianos, deducidas por la sola morfología, es un testimonio elocuente de una diferencia fundamental entre las dos partes mencionadas de la misma Cordillera de Los Andes.

Los plegamientos ocultan aparentemente, con frecuencia, cuencas discontinuas donde se han conservado los terrenos más recientes, terciarios y cuaternarios. El origen de estas cuencas o artesas no deja ninguna duda: A veces son simples sinclinales cerrados en sus dos extremos y rellenos con sedimentos fluviales y lacustres: La Sabana de Bogotá y las cuencas de Tunja, de Sogamoso y de Málaga, se cuentan entre las más grandes; la del Lago de Fúquene se encuentra actualmente en proceso de relleno.

A menudo estas cuencas están enmarcadas por escarpes de fallas, muy visibles todavía en el paisaje, tales como fueron producidas, es decir, originales en sus formas.

El Dr. Raasveldt en su reciente artículo *Lagunas Colombianas*, sienta la tesis de que no debe decirse: Laguna de Fúquene, de Guatavita, de Suesca, etc., que en su lugar debe decirse: Lago de Fúquene, Lago de Guatavita, Lago de Suesca, etc. El traductor tuvo en cuenta esta razón poderosa para llamar Lago de Fúquene a la comúnmente denominada Laguna de Fúquene. Ver el Artículo *Lagunas Colombianas* por H. G. Raasveldt y Antonio Tomic. De la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. X, Nº 40, Año de 1958.

Nota del traductor

La Morfología nos ayuda en efecto, a distinguir las fallas frescas y recientes que dan escarpes originales o mejor, pronunciados, de las antiguas fallas con escarpes suavizados y quizás nivelados o rejuvenecidos por los efectos de la erosión. La Morfología es pues, un gran recurso para la Geología, para deducir las perturbaciones debidas a un movimiento tectónico.

Un sistema de fallas recientes, de dirección general Norte-Sur, puede observarse en la *región comprendida entre Lourdes y Sardinata*, en el departamento de Norte de Santander: Un magnífico plano de falla de una longitud de *varios* kilómetros y con una altura variable entre 600 y 800 metros, y cortado únicamente por torrentes que labran facetas triangulares en forma tal que pocas veces se ven similares.

Fotografía Nº 1. — El plano de falla cortado en facetas triangulares, en Lourdes. Detrás de la población

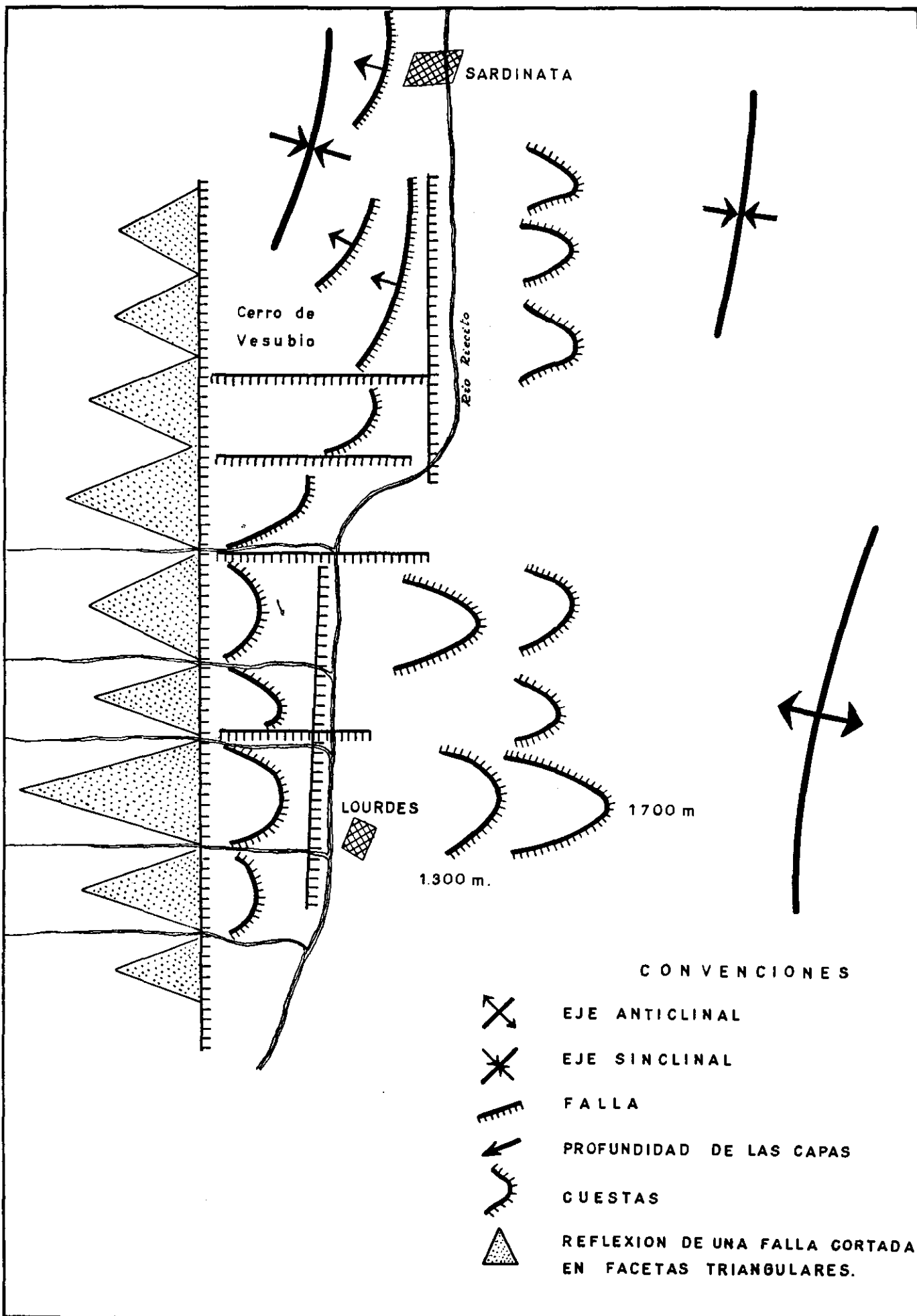


Figura 1

de Lourdes se pueden observar los bloques hundidos y caídos, al pie del gran escarpe de falla.

El río Riecito sigue fielmente una retícula de fallas ortogonales, desde su nacimiento en Sardinata, demostrando una perfecta adaptación del sistema hidrográfico (sistema de drenaje) a la estructura.

Figura 1. — Mapa Tectónico y Morfológico de la región Lourdes-Sardinata.

Figuras 2 y 3. — Cortes que muestran las fallas cerca de Lourdes y del Cerro del Vesubio.

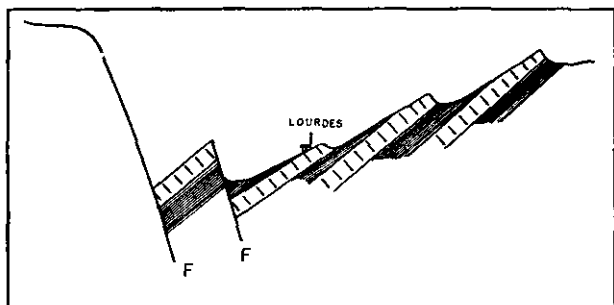


Figura 2

La frescura de las facetas triangulares, la ausencia de antiguos depósitos que hubieran podido fosilizar el plano de falla, la adaptación de la red hidrográfica o mejor del sistema de drenaje a la tectónica, son argumentos que juegan en favor de fallas recientes, que son responsables de los grandes escarpes, apenas atacados por la erosión.

La cuenca de Cúcuta, bastante vecina de la región anterior, nos va a suministrar elementos de datación bastante interesantes. Esta cuenca se encuentra drenada por dos ríos de dirección Sur-Norte, es decir, paralelos a las fallas de la región de Lourdes: los ríos Zulia y Pamplonita. Dicha cuenca está enmarcada por grandes plegamientos de calizas cretáceas, que encierran los depósitos más recientes del Oligoceno y del Mioceno: arcillas de todos los colores, areniscas cuarzosas a veces consolidadas en arcillas esquistosas foliadas y en bancos de areniscas. El Plioceno está ausente en la región al Sur de Cúcuta pero se ha manifestado igualmente bajo la forma de arcillas y de areniscas, al Norte, particularmente en la Concesión Barco.

Súbitamente y descansando sobre este material fino y deformado en un extenso sinclinal, sale del valle del Pamplonita un enorme cono de deyección que descien- de de 900 a 700 metros de altura en un muy corto tra-

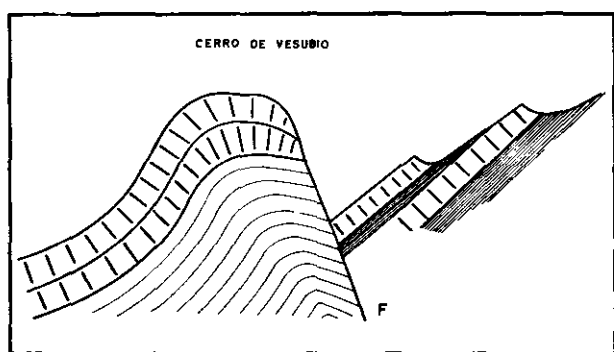


Figura 3

yecto del Sur hacia el Norte. Este cono de deyección se compone primordialmente de grandes bloques angulares de arenisca, de neises y de esquistos. Estos bloques están redondeados y recubiertos (con arcilla): el material derrumbado pasa a un cono torrencial, de estratificación cruzada. La ausencia de descomposición de las rocas, el color amarillo pálido de la matriz y la continuidad de este cono en una alta terraza cuaternaria que estudiaremos más adelante, prueban que este cono es igualmente cuaternario. Su pendiente Sur-Norte es normal para el tamaño de los elementos; en cambio, no se nota deformación alguna de Occidente a Oriente. Qué sucedió, pues, desde el momento mismo en que los depósitos de material fino fueron depositados en la región fluvio-lacustre de Cúcuta y el momento en que nació este cono torrencial?

Figura 4. — Corte transversal del valle del Pamplonita, a la altura de La Garita.

No hay lugar a dudas de que en ese intervalo de tiempo se produjo un amplio movimiento tectónico que aumentó considerablemente el volumen montañoso sometido a la erosión. Esto ocurrió en una época muy reciente: posterior al Plioceno que se encuentra deformado (por el mismo movimiento) y anterior a la llegada del cono cuaternario que no muestra deformación.

Fotografía N° 2. — Cerca de La Garita (al Sur de Cúcuta), se distinguen los terrenos mesozoicos y cenozoicos erosionados mientras que los depósitos cuaternarios forman terrazas horizontales, no deformadas.

Además, a lo largo del río Zulia, en las cercanías de Puerto León, este movimiento tectónico tardío parece haber afectado igualmente los depósitos fluviales que forman las colinas situadas al pie de la Cordillera.

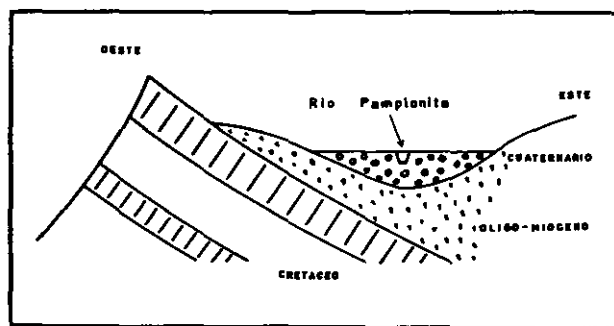


Figura 4

En último término, un tercer y último ejemplo, lo tenemos en la región de Abrego, sobre el valle del Alto Catatumbo, el río Algodonal. Se trata nuevamente de una cuenca tectónica, enmarcada por esquistos, inyectados por filones de cuarzo, y arcillas rojas que descansan sobre calcáreos de color blanco, el conjunto está en posición casi vertical. En esta artesa o cuenca tectónica se había formado un lago, que fue rellenado poco a poco por los conos de deyección de los bordes, colocándose los sedimentos finos y "varvés", del tipo lacustre, en el centro de la artesa.

Fotografía N° 3. — La cuenca de Abrego; los conos de deyección pasan a sedimentos finos y laminados al centro de la cuenca.

Fotografía N° 4. — La cuenca de Abrego: Los sedimentos finos y laminados (varvés), del tipo lacustre.

Tal vez no hay en castellano una expresión para traducir correctamente el término "varved sediments". La literatura geológica presenta numerosos ejemplos de rocas sedimentarias estratificadas rítmicamente y que consisten de un gran número de capas delgadas. La estratificación rítmica en esas rocas, se ha atribuido a deposición estacional. Todas las delgadas capas tienen en común un cambio constante en la litología, textura u otra característica física, de la parte superior de la lámina a la inferior. Sequence In Layered Rocks-Shrock 1ª edición, 3ª impresión, 1948, p. 86.

Nota del traductor

Los conos de deyección están constituidos por cuarzo y aluviones de tamaño grande, al par que el centro de la cuenca lacustre, no recibió sino los elementos más finos: Este es el efecto del fenómeno de la selección de los elementos en un medio lacustre. La altura absoluta máxima de este lago, era de 1.330 metros. Después, el lago se vació y la erosión fluvial labró una planicie de abrasión en este material, a 1.300 metros: Esta es la planicie de Abrego. Por último, el río Algodonal, que es el brazo superior del río Catatumbo, sufrió un hundimiento reciente de unos veinte metros en esta planicie, descubriendo en sus riberas los domos calcáreos, en otra

de esta *Cuenca Tectónica*, que, rellena por formaciones muy recientes, prueba una vez más la juventud de los movimientos orogénicos en esta región.

El estudio de los sedimentos depositados al pie de una cadena montañosa, nos enseña muchísimo mejor que la misma cordillera, la historia de la montaña. Los geomorfólogos atribuyen gran importancia a los *sedimentos correlativos* o mejor contemporáneos de los levantamientos orogénicos. En efecto, conociendo la forma como están colocados los materiales provenientes de la erosión y los tamaños de los elementos que los constituyen y conociendo las condiciones climáticas por la fauna o por la flora, se puede evaluar la fuerza de la erosión, que se traduce así mismo en los desniveles sufridos entre las montañas y los valles (cambios de pendiente). Confirmación de estos movimientos tectónicos tardíos, la encontramos en el límite de la Fosa del Magdalena, cerca de Girardot.

Cuáles son las conclusiones, desde el punto de vista tectónico, que se pueden deducir de las notas referentes a las fallas de Lourdes, a la región de Cúcuta y a la planicie de Abrego?

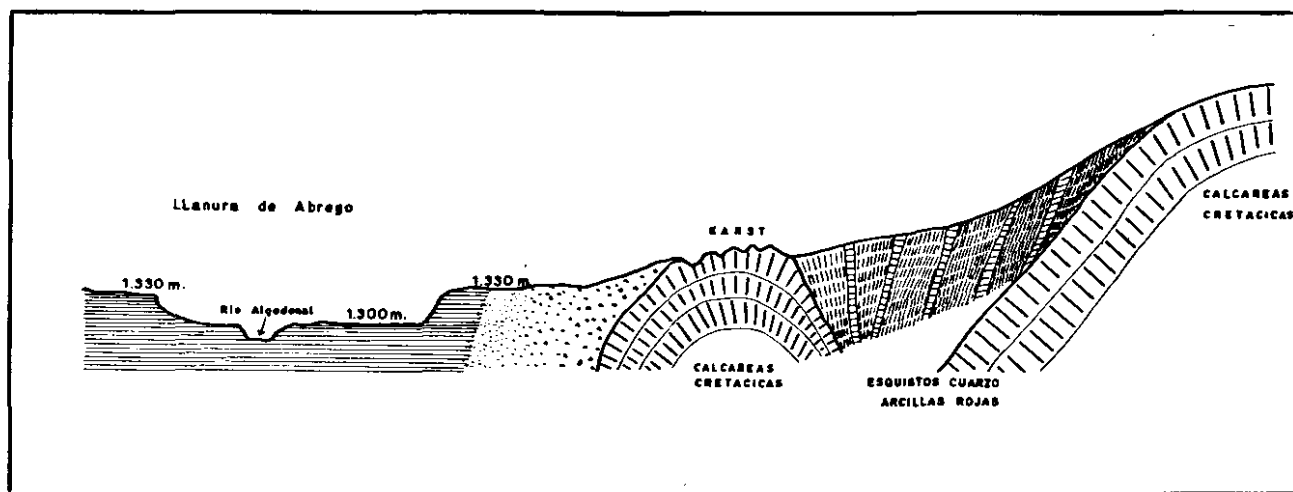


FIGURA 5

época fosilizados por los aluviones y los esquistos, creando allí un verdadero *paisaje de karst*.

Figura 5. — Corte de la cuenca de Abrego. Se puede notar el desarrollo del paisaje de karst sobre los calcáreos cretáceos y la transición de los conos de deyección a los sedimentos lacustres.

Hacia el Norte, siguiendo el curso actual del río Catatumbo, la cuenca tectónica termina en una garganta estrecha, donde se acumulan igualmente depósitos fluviales. El aspecto del material, su composición petrográfica y la estratificación cruzada orientada hacia el Sur, demuestran que se han producido conos de deyección, originados por un río que se dirigía hacia el Sur, o sea hacia la *Cuenca Tectónica*. Después que el lago fue relleno, formando la represa de erosión del río Catatumbo, se operó una verdadera inversión del drenaje, lo cual explica que actualmente dicho río corra hacia el Norte.

Así pues, gracias al material, a los análisis petrográficos y morfoscópicos; y a las formas topográficas desarrolladas por los ríos, es posible reconstruir la historia

Los geólogos admiten que los movimientos tectónicos de la Cordillera tuvieron su paroxismo en el Mioceno, con posibles prolongaciones en el Plioceno. Lo que sí se sabe con certeza, es que después de las contracciones que dan nacimiento a una cadena montañosa, se produce una recesión de las fuerzas tangenciales, acompañada por hundimientos, fallas y frecuentes volcanismos. Todo esto podría significar que si la era Terciaria fue un período de levantamiento de Los Andes, la Cuaternaria podría inaugurar su destrucción por hundimientos verticales. Tales son las enseñanzas que la Morfología Estructural aporta al conocimiento de La Cordillera Oriental.

Paisaje de Karst: La superficie topográfica de una región que sufre excesiva solución subterránea, se caracteriza por un gran número de depresiones de todos los tamaños. Algunas veces se manifiesta por afloramientos de caliza en formas piramidales, hay una carencia casi total de corrientes superficiales. El conjunto constituye el *paisaje de karst* o *topografía de Karst*. Geomorphology. Lobeck, 1ª edición, 7ª impresión, 1939, p. 115.

Nota del traductor

D: Vertiente de la zona tropical, cálida y húmeda: La planicie horizontal choca contra la vertiente empinada.

Sobre los páramos, el pie de los escudos calcáreos, siempre está acompañado por material derrumbado, debido al hielo que hace saltar en pedazos las rocas. Con frecuencia, la cantidad de agua que escurre, no es suficiente para entrar los materiales de la erosión, que permanecen en su lugar, descomponiéndose muy lentamente, a causa de las bajas temperaturas: Las vertientes tienen por consiguiente, un perfil rectilíneo, cuya pendiente depende del tamaño del mismo material de erosión. El mismo perfil se encuentra en zonas secas y cálidas, como verbigracia, en el valle del río Chicamocha, cerca de Pescadero, donde la aridez permite que los materiales erodados permanezcan en su lugar. Figura 6A.

Más abajo, en las zonas templadas, las vertientes se alargan y toman un perfil cóncavo. Figura 6B. Este perfil se debe al efecto de la selección de las aguas que se llevan los materiales erodados más finos, dejando los más gruesos.

Fotografía N° 5. — Vertiente del valle que descende del Páramo del Almorzadero, hacia Málaga. Se pueden distinguir las vertientes largas y cóncavas que corresponden a la zona de clima templado.

En las zonas de clima semi-árido, donde las lluvias caen en una sola estación del año, se desarrolla al pie de la vertiente, bastante enderezada, una plataforma de erosión, llamada también glacis o base de erosión, recubierta por algunos materiales de erosión angulares, llevados por las repentinas crecientes, causadas por torrenciales aguaceros. La pendiente de estas plataformas o glacis, bastante pronunciadas, dependen principalmente del material y de la violencia de las lluvias (Figura 6C).

Por último, en las zonas tropicales, donde el calor y la humedad son permanentes, la descomposición ataca todas las rocas, en un espesor muy grande, frecuentemente de varias decenas de metros. Las aguas exponen vastas zonas de coberturas (nappes), lavando sin cesar el pie de las vertientes y no dejan subsistir material alguno de erosión, puesto que los materiales procedentes de la misma, se reducen al estado de arcillas coloidales, que son fácilmente transportadas por las aguas.

La vertiente, a menudo empinada, de forma convexa, domina una planicie perfecta (Figura 6D). En los alrededores de Chiriguana, entre Curumaní y Pailitas, se separan de la Cordillera aisladas colinas, formadas por esquistos metamórficos, inyectados por filones de cuarzo. 'Es el caso que este material, particularmente resistente bajo nuestros climas templados, está completamente descompuesto por la combinada acción del calor y del agua y se comporta como una roca blanda'. Al pie de estas colinas se extienden las planicies que cortan la estructura rectilínea y aíslan los montículos, que se arreglan de manera similar a islas en medio del mar, de aquí el nombre de *inselbergs*, que se les da (Fotografía N° 6).

Fotografía N° 6. — Los *inselbergs* de las inmediaciones de Chiriguana. Puede notarse la ruptura brusca de pendiente entre la vertiente de los montículos y la planicie uniforme a su pie.

Tal vez pudiera traducirse el nombre de *Inselbergs* como Oteros de poca altura. Un fenómeno parecido al de Chiriguana puede observarse en los Llanos del Tolima.

Nota del traductor

Los Andes y particularmente la Cordillera Oriental, ofrecen para este estudio de las vertientes, los mejores campos de observación. Sobre un mismo flanco de la Cordillera se pueden observar todos los cambios de perfil, en función de las zonas climáticas.

Descendiendo del páramo del Almorzadero hacia Málaga, se encuentra la sucesión siguiente:

a) Vertientes del tipo *periglacial*, rectilíneas, planos con numerosos bloques al pie de las cornisas de los páramos, por encima de los 3500 metros.

b) Vertientes largas y cóncavas, con efecto de la selección de los materiales, en las tierras frías y templadas, entre los 3500 metros y los 2200 metros.

c) Vertientes convexas, que aparecen por debajo de los 2200 metros, acompañadas por una meteorización más intensa del material.

La misma oposición entre vertientes largas y cóncavas y vertientes convexas, se encuentra entre Saboyá y Barbosa, descendiendo por el valle del río Suárez; los suelos más pesados, densos, amarillos, contienen rocas frescas en la parte alta, pero cambian a cada vez más arcillosas hacia abajo.

Estas diferencias de las formas de las vertientes, son útiles al geógrafo para comprender los climas antiguos (pasados), que permitieron el modelado de las pendientes fósiles en la actualidad, y sobre todo, en las aplicaciones de la Geografía Aplicada, para *captar* los procesos de evolución de las vertientes y los que conciernen con la erosión de los suelos.

Por ejemplo, hemos visto cómo en el valle del río Pamplonita, un cono de deyección contemporáneo de un movimiento tectónico tardío, invadió el valle del Pamplonita, al Sur de Cúcuta. Constituido en su parte alta (río arriba), por grandes bloques de varios metros cúbicos, mal redondeados. Hacia abajo es una capa o formación aluvial, compuesta de elementos más pequeños, cortada por el río que corre unos 70 metros más bajo: Se trata entonces de una alta terraza de acumulación, correspondiente a un poderoso caudal del río.

Los elementos están relativamente frescos y la matriz intersticial es de un color amarillo pálido. Todo indica que el clima reinante allí, era húmedo y fresco.

Figura 7. — El perfil del río Pamplonita y de las terrazas, entre La Garita y Cúcuta.

Hacia abajo de esta alta terraza, *un nivel de erosión corta*, tanto esta capa superior como la roca en su puesto (especialmente en la margen izquierda del río); este nivel se encuentra a una treintena de metros, por debajo de la terraza alta, es decir, a unos 40 metros sobre el río actual. A partir del caserío de Los Vados, y hasta los alrededores inmediatos de Cúcuta, esta terraza de erosión viene a reemplazar a la alta terraza de acumulación, conservándose a 40 metros por encima del río Pamplonita. Tal terraza de erosión, está colocada en la mitad de la cobertura (nape) de la alta terraza y siem-

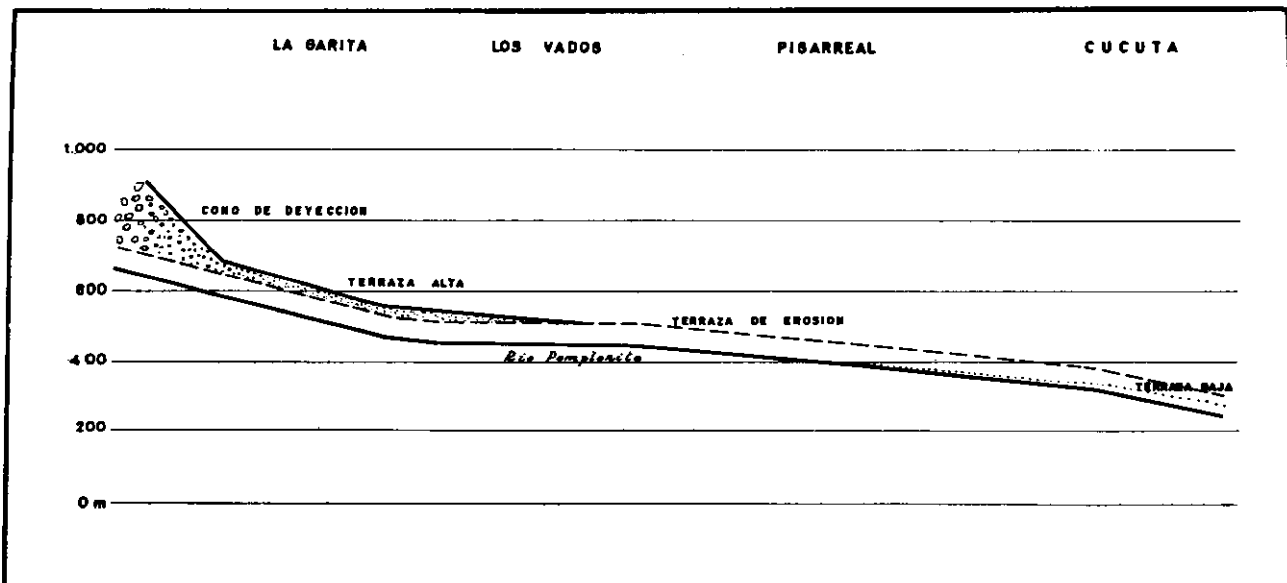


FIGURA 7

pre está formada por los mismos elementos de la última, pero de menor tamaño (inferiores a 1 m^3) pero se extiende mucho más hacia abajo y en su conjunto es de color más claro. Esta terraza se recuesta contra las vertientes arcillo-arenosas, formadas del Oligoceno y del Mioceno, mediante plataformas de erosión, de tipo semi-árido que cortan tanto los aluviones de la cobertura, como las rocas tiernas de las areniscas del Mioceno. La morfología de estos Glacís o Plataformas de erosión, así como su constitución (1 metro de pequeños fragmentos de arenisca, angulares, cubiertos con una arcilla muy enrojecida que recubre toda su superficie), son pruebas elocuentes de que este nivel de erosión, terraza o Plataforma (glacís), se formaron en el transcurso de una fase climática semi-árida y cálida. Este enrojecimiento de los glacís, se encuentra además, hacia arriba (río arriba), en la superficie de las vertientes del valle, que cortan la terraza alta, en un espesor máximo de 1,50 metros y no pasa a la masa misma de los aluviones, que es de color amarillo (Figura 6).

Figura 8. — El encajonamiento de la terraza de erosión, en la alta terraza. Se trata de la misma cobertura o capa aluvial.

Por último, a partir de Pisarreal, aparece una *baja terraza* que se desprende de la planicie aluvial propiamente dicha y se encuentra a unos 10 metros por enci-

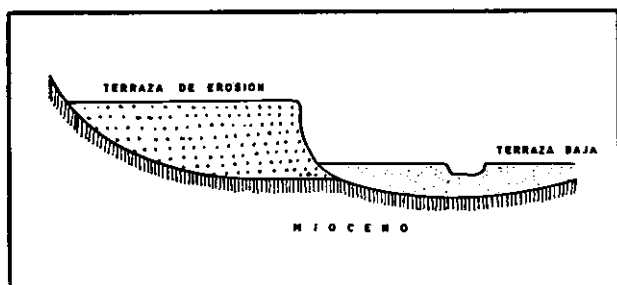


Figura 8

ma del Pamplonita actual, a la entrada de Cúcuta. Pero mientras que la terraza que la domina, está formada aún por elementos enrojecidos que alcanzan de 50 a 70 centímetros de diámetro, la baja terraza, de color gris, no

comprende sino gravillas compuestas por granos de tamaño pequeño, bien redondeados. Sin lugar a dudas, un clima más húmedo había hecho su aparición. Desde luego que esta baja terraza, fue cortada por el Pamplonita, bajo un clima de tendencia semi-árida.

Figura 9. — Las dos coberturas aluviales del río Pamplonita, encajonadas. La terraza de erosión corta la cobertura superior, mientras que la terraza baja corresponde al terraplén de la cobertura inferior.

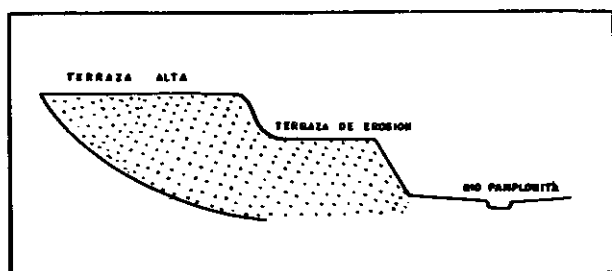
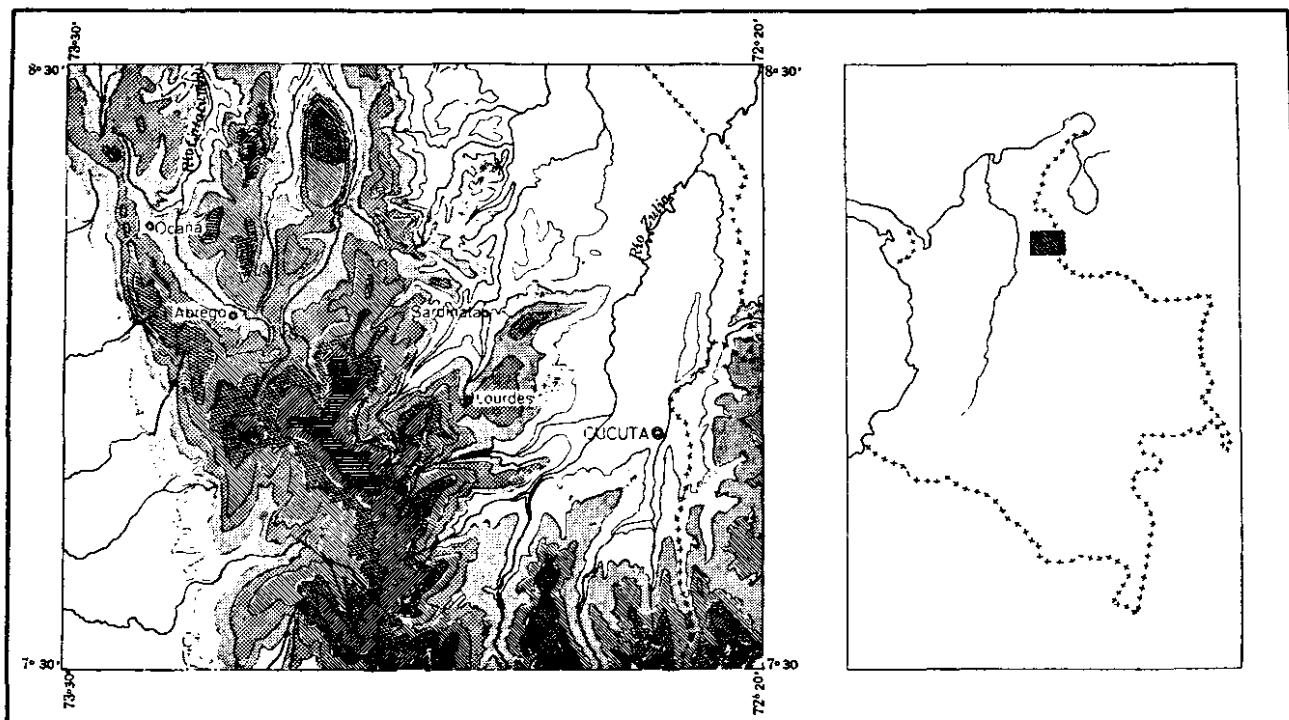


Figura 9

Un ejemplo idéntico, puede observarse en la *región de Fusagasugá*. Hettner, en el año de 1892, hacía notar en la mayor parte de los valles de la Cordillera Oriental, la existencia de dos o tres terrazas, especialmente en la región de Fusagasugá. Entre Fusagasugá y El Boquerón, se puede distinguir una *primera terraza superior*, que desciende de 1.720 metros a aproximadamente 1.450; constituida por bloques de todas las dimensiones. Esta terraza de acumulación se termina en un escarpe de 50 a 100 metros por encima de una *segunda terraza*, formada en la misma cobertura aluvial: esta vez se trata de una terraza de erosión, que desciende por escalones, hasta unos 800 metros de altura absoluta. Una *tercera terraza*, formada por una segunda cobertura aluvial, muy diferente de la primera cobertura por su composición petrográfica y su granulometría, desciende hasta aproximadamente 540 metros, esta terraza fue cortada por el río Sumapaz, en la localidad de El Boquerón, en unos 40 metros verticales.

Fotografía N° 7. — Vista de los bloques que forman la parte superior de la terraza de Fusagasugá.



Kms. 10 0 10 20 30 40 50

Intervalo entre curvas de nivel 500 mts

Fig. 10. Mapa índice de las regiones visitadas en Norte de Santander.

Fotografía N° 8. — Corte de la misma cobertura aluvial superior de Fusagasugá.

Una de estas terrazas, bastante extensa, se conoce con el nombre de Mesa de Juan Díaz, su edad corresponde al Pleistoceno y se compone de bloques angulares de arenisca.

Nota del traductor

En conclusión, el estudio detallado de la morfología de estas terrazas, demuestra que hay al pie de Los Andes, un sistema compuesto por dos coberturas aluviales, separadas por un período de erosión. Estas dos coberturas aluviales son testimonio de dos fases climáticas húmedas y frías, separadas por una fase semi-árida y caliente. Es razonable ver en estas dos coberturas aluviales, el efecto lejano de dos *períodos glaciales*, que afectaron los altos Andes, separados por un período inter-glacial relativamente cálido. Estas son las conclusiones que están en concordancia perfecta con lo que sabemos de los últimos períodos del Cuaternario. Por nuestra parte, nos atreveríamos a afirmar que allí no se ven sino dos períodos glaciales, en lugar de cuatro, como a veces se admite, puesto que no ha sido posible observar otra terraza todavía más alta, arriba de Chinácota y de Fusagasugá.

Estas conclusiones toman una mayor importancia, cuando las observaciones se hacen saliéndose ya de la Cordillera Oriental y se concentran especialmente sobre los depósitos que acompañan el borde oriental de la Cordillera Central. Los afluentes del Magdalena, han depositado dos coberturas aluviales, compuestas por gravillas, en forma de abanicos aluviales, en dos especies de represas. Al descender por el valle del río Coello, entre Buenos Aires (Ibagué), Chicoral y Espinal, se pueden observar dos coberturas de gravillas (guijarros de

distintos tamaños), encajonadas. La cobertura más alta, que alcanza una altura de 650 a 600 metros, en Buenos Aires, termina bruscamente, por encima de la garganta de Gualanday; en realidad se la puede seguir en la dirección de la garganta de San Luis, donde se encuentra a unos 620 metros, el antiguo paso del río Coello.

Fotografía N° 9. — Vista de la *terrazza superior* del río Coello. Se distingue en el horizonte, en la dirección de la población de San Luis, el antiguo paso del río Coello.

Los gujarros de esta cobertura aluvial, bien redondeados y cubiertos con óxido de hierro (limonita), alternan con los lechos de areniscas de grano fino; la descomposición de los elementos, no ha sido muy activa, se trata de una cobertura aluvial de edad Cuaternaria antigua. Cerca de Gualanday, la base de la cobertura aluvial, parece haber sido afectada por movimientos tectónicos tardíos, puesto que las capas de los aluviones adquieren una pendiente fuerte, anormal. Más lejos, siguiendo el curso del río Coello, aguas abajo, este mismo río expone una segunda formación o *capa* aluvial, con suave pendiente y una altura variable entre los 450 y los 300 metros, sobre el nivel del mar, hasta El Espinal, pero su constitución es muy diferente de la de la primera cobertura aluvial. En la base se pueden observar, numerosos elementos angulares, mezclados con los aluviones antiguos, redondeados: El conjunto parece haberse depositado en montón, por una corriente borrascosa, a continuación de la ruptura de una represa natural o por un cataclismo violento; por encima, una cobertura aluvial compuesta por aluviones redondeados y bien ordenados, es un indicio del regreso a un derrame del tipo fluvial.

Fotografía N° 10. — Corte de la *terrazza inferior* del río Coello. Se distinguen dos coberturas aluviales que

constituyen esta terraza: en la parte inferior, la base compuesta por elementos angulares; en la superior, la capa de aluviones fluviales redondeados. Estos cortes del río Coello, se pueden interpretar de la manera siguiente: En el transcurso de una primera fase, las gravillas superiores se depositaron a lo largo del antiguo curso del río Coello que corría en la dirección de la población de San Luis. Pero los movimientos tectónicos tardíos, facilitaron la apertura de una brecha, en la actual garganta o depresión de Gualanday, donde se depositó una segunda capa aluvial, compuesta por elementos angulares, mezclados con los aluviones redondeados antiguos; esto se realizó bajo la forma de una corriente borrascosa, que trajo la súbita fuerte competencia del río para depositar los materiales. En resumen, la represa, natural formada por una parte de los antiguos aluviones y la depositación de los recientes, por el río Coello, a lo largo de su curso, contribuyeron a la formación de la terraza baja, por superposición de una tercera cobertura aluvial. Notemos como esta depositación (sedimentación), empujó el curso del río Magdalena, contra la Cordillera Oriental, al sur de Girardot. Este fenómeno puede observarse mirando a simple vista cualquier mapa de Colombia ya que se notan dos cambios de dirección en el curso del río Magdalena, antes de Girardot y después de esta ciudad.

Si las dos capas aluviales, encajonadas pero separadas por grandes diferencias de altura, son testigos de un considerable hundimiento de los valles, durante el período Cuaternario, es preciso buscar las causas de tal fenómeno, no solamente en las *variaciones del clima* que influyeron sobre la competencia de los ríos, sino también en los *movimientos tectónicos*, que de por sí solos modificaron el volumen montañoso sometido a la erosión y que muy probablemente, como en el caso de Los Andes Colombianos, se tradujeron en el hundimiento de las fosas del Magdalena, del Orinoco y de Mara-caibo.

Se trata en síntesis de tres enormes abanicos aluviales:

Uno que se extiende desde el río Saldaña por el Sur, pasa por el oriente de El Guamo, su límite oriental es el río Guaduas, pasa por la población de San Luis y se continúa hacia el norte para pasar al occidente de Payandé y al occidente, muy

cerca de Gualanday, después de la garganta de Gualanday donde es cortado por el río Coello, se continúa este abanico en un segundo que se extiende desde los alrededores de Ibagué por el Occidente, por el Oriente está limitado por el río Doima, al Norte de Doima este segundo abanico se estrecha apreciablemente y toma una dirección aproximada Nor-Este para ir a terminar en el río Totare, por el Norte. La edad de estos abanicos aluviales es Pleistocena y se componen de abundante material andesítico proveniente de la Cordillera Central.

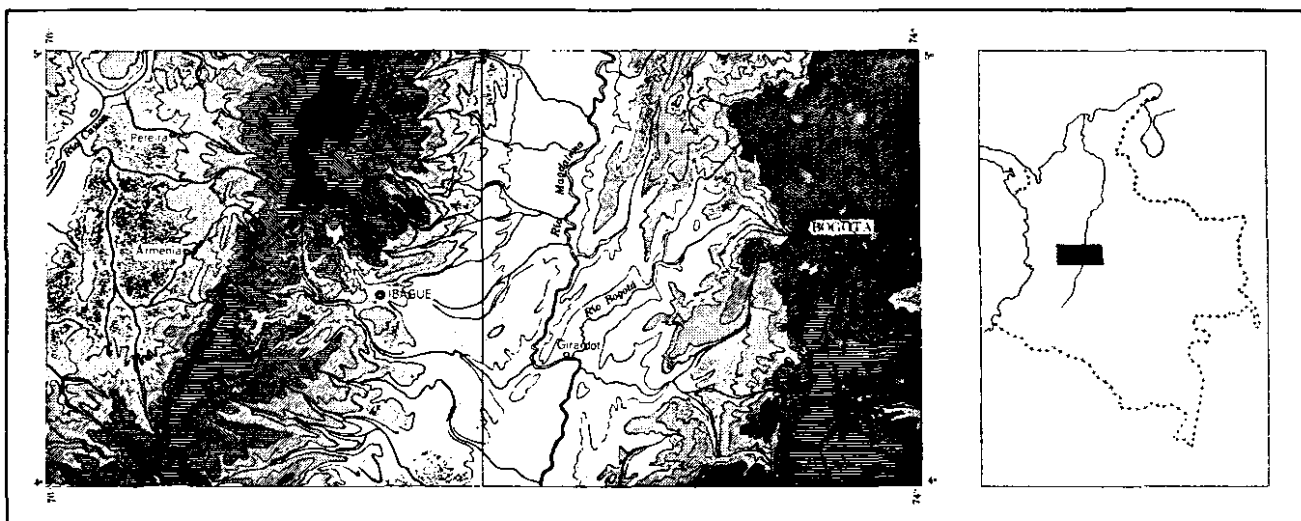
Un tercer gran abanico, se extiende desde las cercanías de Gualanday por el Occidente, por el sur se extiende desde muchos kilómetros al sur del río Saldaña, por el Oriente se encuentra limitado por el río Magdalena, se estrecha en Girardot y continúa en una estrecha faja hasta la localidad de Nariño, por el Norte. Su edad es Holocena, contiene gravillas de grano bien redondeado y areniscas con estratificación cruzada.

Nota del traductor

MORFOLOGIA APLICADA

La Morfología Estructural y la Morfología Climática, encuentran un campo de investigaciones nuevas, después de varios años: La Geomorfología Aplicada que estudia en el terreno y en el laboratorio, los criterios y los procesos de la evolución de las vertientes, las causas por las cuales las formaciones superficiales se colocaron en su sitio, la elaboración de los suelos, las causas de la erosión de los mismos y las medidas para la conservación de los suelos, y por último, las amenazas que se ciernen sobre un territorio en los dominios agrícolas e industriales y en la construcción de embalses o de poblaciones.

El problema de los suelos, es de la incumbencia de la Geografía Física y de la Geografía Humana y Económica. Pero muy escasos son los geógrafos que efectivamente se inclinan ante ellos, dejando a los pedólogos el cuidado de clasificar los tipos de suelos (los geógrafos retienen solamente los perfiles, los análisis de los horizontes geológicos y la etapa de evolución); los agrónomos tienen a su cuidado investigar la carencia de ciertos elementos químicos y las posibilidades de mejoramiento inmediato del suelo, con miras a lograr mejores rendimientos económicos. Tal vez un suelo debe reemplazarse en su contextura física para mejor conocerlo y



Kms. 0 10 20 30 40 50
Intervalo entre curvas de nivel 500. mts.

Fig. 11. Mapa índice de las regiones visitadas en Cundinamarca y Tolima.

poder evaluar sus posibilidades. No solamente es indispensable analizar el clima ambiental sino igualmente la posición topográfica, que determina el drenaje y la naturaleza de las formaciones superficiales, sobre las cuales está formado el suelo mismo.

Los suelos pueden clasificarse a grosso modo en:

- Muy livianos
- Livianos
- Medianos
- Pesados
- Muy pesados.

Nota del traductor

Además de la casi imposible e indefinida clasificación de los suelos y de las cartas del pH o de la distribución de tal o cual elemento químico, constitutivo de los mismos, el Instituto Geográfico de Caén, se dedica a investigar los principios de una cartografía de los elementos químicos, permanentes del suelo y de las formaciones superficiales, su topografía y las condiciones de su drenaje.

Así, quedan bien delimitadas, por métodos propiamente geográficos, las *regiones geopedológicas*. Dentro de estas regiones, es donde se analizan los tipos de suelos, según su etapa de evolución y sus constituyentes químicos.

Esta labor, comenzada bajo nuestra dirección, ha acometido trabajos de cartografía como ejemplos, en escala 1/50.000 (pero para investigaciones más precisas, en parcelas de pequeñas dimensiones, la escala de 1/5.000, se ha ensayado con éxito). Este es un programa que se podría aplicar económicamente a grandes áreas.

Una cartografía de tal naturaleza, debe basarse en la topografía y en las formaciones superficiales y debe hacer resaltar igualmente las regiones sometidas a la erosión de los suelos, que puede manifestarse por múltiples facetas y tener consecuencias muy diversas, según los procesos que están en desarrollo.

Además de los grandes derrumbes de tipo catastrófico, es necesario darse cuenta en ciertas regiones, predisuestas por la topografía de fuertes pendientes, por la naturaleza arcillosa, o arenosa de los terrenos y por el régimen de lluvias, de la existencia de verdaderas *corrientes borrascosas*, deslaves torrenciales, que son capaces de llevarse por delante una población entera! El estudio de las condiciones exactas de la acción de estas manifestaciones, podría hacerse en la Cordillera Oriental, donde corrientes borrascosas se han observado al Norte de Saboyá, en el valle del río Suárez y cerca de Mutiscua, al Oriente de Bucaramanga: enormes bloques de varios metros cúbicos, envueltos en una arcilla, hinchada por el agua, se ponen en marcha, en las fuertes pendientes, a la manera de un torrente de lodo, que invade el valle: No sólo la reconstitución de los suelos es difícil en estas regiones, sino que ciertos peligros gravitan sobre las poblaciones, las vías de comunicación y las obras de arte de tales vías. Estos peligros podrían evitarse mediante un estudio Geomorfológico de la región, que recomiende las más adecuadas medidas de protección.

Menos espectaculares son los lentes de deslizamiento que afectan las pendientes sometidas a ciertas condiciones. Frecuentemente, el hombre provoca por sus cultivos

y sus trabajos, erosiones vigorosas y deslizamientos lentos que pueden alcanzar varias decenas de metros de longitud y remontarse a toda la longitud de una vertiente. Al Norte de Puente Nacional, en el valle del Suárez, los deslizamientos se producen cuando los suelos, han sido desmontados para dedicarlos a la agricultura o la ganadería, estos suelen observarse en las vertientes que domina la vía férrea y la carretera: La pendiente de equilibrio (ángulo de reposo), de los materiales que forman la vertiente, ha sido interrumpida y acentuada aún por el hombre. La protección de las vertientes contra la erosión producida por el hombre, debe acompañarse por muros de contención y una sistemática reforestación.

Según el Dr. Alfonso García Espinel, en su artículo titulado Estudio de Los Suelos, publicado en la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, clasifica los tipos de levantamientos, usados en los estudios agrológicos, de la manera siguiente:

a) *De tipo detallado*. Se utiliza para propósitos de irrigación, explotación intensiva y experimentación. Usa mapas y Fotografías aéreas, en escala 1/5.000.

b) *Semi-detallado*. Reconocimiento semi-detallado para zonas montañosas, de valor inferior a las anteriores. Utiliza las escalas de 1/20.000, 1/25.000 y 1/50.000. Estos estudios se emplean para la planificación de campañas agropecuarias, conservación de suelos, programas de extensión de abonos, etc.

c) *General o Preliminar*. Reconocimiento general o preliminar, que se realiza en regiones de poco desarrollo económico, usando mapas a escalas 1/100.000 ó 1/500.000 o fotografías aéreas a escala original, en estudios estereoscópicos. Se separan las zonas de buen drenaje, de las de drenaje malo o inundables.

d) *Estudio Exploratorio*. Se efectúa tomando información de la clase de tierras, vegetación, clima, material parental, relieve, etc. Se describen los perfiles y se toman las muestras para analizar en el laboratorio. Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. IX, Número 38, p. 467.

La sección de estudios pedológicos del INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, ha elaborado varios mapas, que pueden consultarse en el mismo Instituto, entre los cuales se cuentan los siguientes:

MAPA DE SUELOS DE LA HOYA HIDROGRAFICA DEL RIO BOGOTA. — Sección de Valorización de Suelos. — Escala 1/100.000 UTILIZACION RACIONAL.

MAPA DE LOS SUELOS DE LA HOYA HIDROGRAFICA ALTA DEL RIO BOGOTA. — ZONIFICACION POR GRADOS DE EROSION. — Escala 1/100.000.

MAPA BASICO DE SUELOS. — DISTRITO DE IRRIGACION DEL RIO COELLO. — Departamento del Tolima. Escala 1/20.000. Sección de Valorización de Suelos.

MAPA DE VALORES POTENCIALES. — DISTRITO DE IRRIGACION DEL RIO COELLO. — Departamento del Tolima. — Escala 1/20.000.

PROYECTO DE IRRIGACION DEL RIO SALDAÑA. — Escala 1/20.000. Sección de Suelos.

CARTA DE SUELOS. — Boyacá. Plancha 191-III-B. — Escala 1/25.000. ZONIFICACION POR GRADOS DE EROSION.

MAPA DE SUELOS DEL VALLE DEL RIO RISARALDA. Departamento de Caldas. — Clasificación de los Suelos según el Decreto Legislativo 0290 de 1957.

CARTA DE SUELOS. — Caldas. Plancha 205-IV-C Chinchiná. — Convenciones de las series de Suelos y su agrupación según el material de origen. — Escala 1/25.000.

Con frecuencia, el clima es el único responsable en los terrenos arcillosos o descompuestos:

1) En clima semi-árido, el suelo arcilloso se agrieta profundamente cuando los fuertes aguaceros azotan la región, el agua penetra profundamente por debajo de las arcillas que se deslizan entonces en enormes masas sobre las pendientes. A menudo profundos barrancos se producen por los violentos aguaceros del período lluvioso, desgarrando el suelo con una rapidez desconcertante: por ejemplo, en las cuencas de Zipaquirá, Suta-tausa, San Gil, Aratocha, Abrego, Sogamoso, Tunja, Cúcuta, etc.

2) En clima tropical húmedo, las rocas se meteorizan en una gran profundidad; las partículas arcillosas favorecen igualmente el deslizamiento del suelo en rodillos, la roca poco descompuesta forma hacia la profundidad un plano de deslizamiento. Todas las fuertes pendientes cultivadas en el medio tropical, están sometidas a estos deslizamientos lentos pero continuos y que ponen en peligro el porvenir agrícola.

Fotografía N° 11. — Formas de vertientes convexas con deslizamientos del suelo en forma de rodillos, cerca de Abrego.

Por último, tenemos, el deslizamiento lento del suelo, la solifluxión que unida a la limpieza de la parte útil del suelo, se debe a los derrames intensos de las aguas sobre las desnudas pendientes.

Se puede señalar también la lixiviación oblicua de los suelos, que les hace perder los elementos solubles y útiles para las plantas y que por lo tanto los empobrecen.

Contra todas estas manifestaciones de la erosión de los suelos, bajo todos los climas, con la intervención del hombre o sin ella, se pueden aconsejar los estudios sis-

temáticos de los procesos y una cartografía precisa de la extensión de los fenómenos. No hay remedio universal para todos estos problemas. A veces, cuando el solo clima es la causa, hay pocas probabilidades de detener una evolución inexorable: Todo lo más que se puede hacer es retardar al máximo los efectos y prevenir los peligros de las catástrofes inminentes?

A menudo, el hombre es el gran responsable: las tallas intensivas e incontroladas, el sistema de las quemas y de los incendios sobre pendientes muy elevadas, la siembra de los cultivos siguiendo líneas paralelas a la línea de mayor pendiente en lugar de hacerlo siguiendo curvas de nivel, la rotación demasiado rápida de los cultivos en una tierra desprovista de sus árboles, debido a que la densidad de población aumenta y porque la tierra es cara; las Obras Públicas, etc., etc. Todos estos factores o parte de ellos, combinados, son el origen frecuente de una erosión que un equilibrio provisorio en la conservación de las pendientes y de la vegetación natural, controlarían en buena parte.

En la naturaleza, todo es equilibrio. Destruir un elemento o transformarlo implica otras modificaciones y la ruptura de una armonía adquirida tal vez en el curso de muchos siglos. Si la erosión, nos parece hoy día de una violencia tal y si ella amenaza de esterilidad enteras regiones, se debe ello menos a los cambios climáticos probables que a la acción reciente de los hombres.

La Geomorfología Aplicada podría, en todos los casos, aportar si no una solución definitiva, por lo menos la comprensión de estos problemas con lo cual ya se habrá logrado bastante.

Refiriéndome a la Cordillera oriental, yo me he dejado llevar a un alegato en defensa de la geomorfología pero mejor que un estudio teórico, he tratado de justificar las miras, los medios y los métodos de una Ciencia que merece, como espero haberos convencido, mencionarse en la actualidad, en un país tan rico de contrastes geográficos como Colombia.

Bogotá, septiembre de 1958.



Foto Nº 1. — Plano de falla cortado en facetas triangulares. Detrás de Lourdes se ven bloques caídos y hundidos al pie del gran escarpe de falla.



Foto 2



Foto 3



Foto Nº 2. — Cerca de La Garita. Nótense los terrenos mesozoicos y cenozoicos erosionados. Los depósitos cuaternarios forman terrazas horizontales.

Foto Nº 3. — Cuenca de Abrego. Los conos de deyección pasan a sedimentos finos y laminados (varvés) al centro de la cuenca.

Foto Nº 4. — Cuenca de Abrego. Sedimentos finos y laminados (varvés) de tipo lacustre.

Foto Nº 5. — Vertiente del valle que desciende del Páramo del Almorzadero hacia Málaga. Nótense las vertientes largas y cóncavas propias de climas templados.





Foto N° 6. — Los Inselbergs. Pequeños oteros de Chiriguana. Puede notarse el cambio de pendiente entre los montículos y la planicie.



Foto N° 7. — Bloques que forman la parte superior de la terraza de Fusagasugá.



Foto N° 8. — Corte de la cobertura aluvial superior de Fusagasugá.



Foto N° 9. — Terraza superior del río Coello. Se distingue en el horizonte, en la dirección de San Luis, el antiguo paso del río Coello.

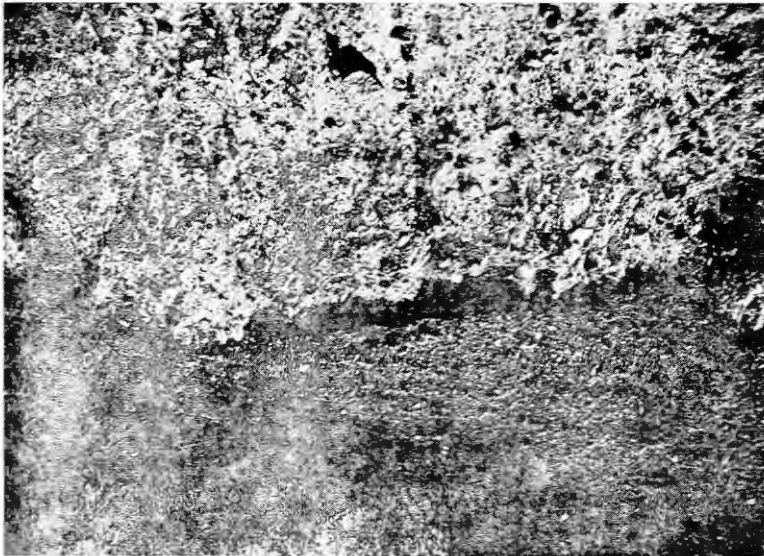


Foto N° 10. — Terraza inferior del río Coello. En la base elementos angulares, en la parte superior aluviones fluviales redondeados.



Foto N° 11. — Vertientes convexas con deslizamientos en forma de rodillos, cerca de Abrego.