

Un modelo estructural para el Valle del Cauca y sus implicaciones hidrogeológicas y mineras*

LUIS E. PADILLA**

Geólogo. Universidad Nacional
Bogotá, Colombia

RESUMEN

La evolución Cenozoica de la Cuenca del Valle del Cauca muestra la conjunción de dos patrones de fallas: Unas longitudinales o de rumbo Andino que constituyen el sistema Cauca-Patía, al occidente, y el sistema de Romeral al este; otras, transversales, oeste-este.

Estos patrones han originado un estilo de tectónica en bloques, los cuales han movido diferencialmente, basculándose a lado y lado entre las cordilleras, dando como resultado el afloramiento interrumpido y alterno de las formaciones terciarias, ya sobre la Cordillera Occidental, ya sobre la Cordillera Central. Este «libre juego» de los bloques, basculándose a uno y otro lado, sugiere que la tectónica general del Graven Interandino Colombo-Ecuatoriano es actualmente de tensión y no compresión. Este estilo tectónico es definitivo para la programación de futuras exploraciones geológicas, ya sean hidrológicas o mineras.

* Trabajo presentado en el IV Congreso Colombiano de Geología. Cali, octubre de 1982.

** Carrera 24A No. 3-52. Cali, Colombia.

ESTRATIGRAFIA

Las rocas aflorantes en el área (Figura 1), comprenden los periodos Cretáceo, Terciario y Cuaternario, desarrollados a lo largo de la cuenca del Valle-Patía. (PADILLA, L.E. (1978); PÉREZ, G. (1980); la cual hace parte del Graben Interandino Colombo-Ecuatoriano. (ACOSTA, C.E. (1978).

Grupo Diabásico

NELSON, W. (1957) redefinió con este nombre lo que HUBACH & ALVARADO, B. (1934) habían denominado Grupo de Faldequera. Cobija una espesa secuencia de 10.000 m. o más, de rocas volcánicas diabásicas, basálticas y ultrabásicas al norte del valle, sobre la Cordillera Occidental, BARRERO, D. (1979). Constituye aproximadamente el borde oriental de la Cordillera Occidental y el occidental de la Cordillera Central (Figura 2); en ambas, las rocas se encuentran muy fracturadas debido al fallamiento a lo largo de los sistemas Cauca-Patía y Romeral.

Grupo del Cauca

Definido por HUBACH, E. & ALVARADO, B. (1934), fue aclarado posteriormente por HUBACH, E. (1975). Su concepción actual ha sido discutida por ORREGO, A. (1975) y PADILLA, L. E. (1981). Comprende básicamente conglomerados y areniscas en la parte inferior (Formación Confites), conglomerados, areniscas y mantos de carbón en su parte media (formaciones Guachinte y Ferreira) y limolitas, areniscas y conglomerados en su parte superior (Formación Esmita y Formación La Paila). Es discordante tanto sobre el Grupo Diabásico, como bajo las formaciones jóvenes suprayacentes. Sus afloramientos controlados tectónicamente, de sur a norte, así: La parte inferior (formaciones Confites, Guachinte y Ferreira) desde Suárez hasta el área de Pance, al sur de Cali, lugar donde desaparece por «hundimiento» CUCALON, I. (1969); PADILLA, L.E. & VALENCIA, M. (1982) (en preparación); sus afloramientos se continúan hacia el norte hasta la población de Vijes, donde desaparece por debajo del relleno Cuaternario del Valle. La parte superior aflora desde el sur de Santander de Quilichao prolongándose hacia el norte de dicha localidad (Figura 2), hasta la región de Caloto, donde desaparece.

Formación La Paila

Posibles y pequeños afloramientos de esta unidad se observan como techos colgantes desde el sur, en bocas del río Palo, HUBACH, E. (1957); PADILLA,

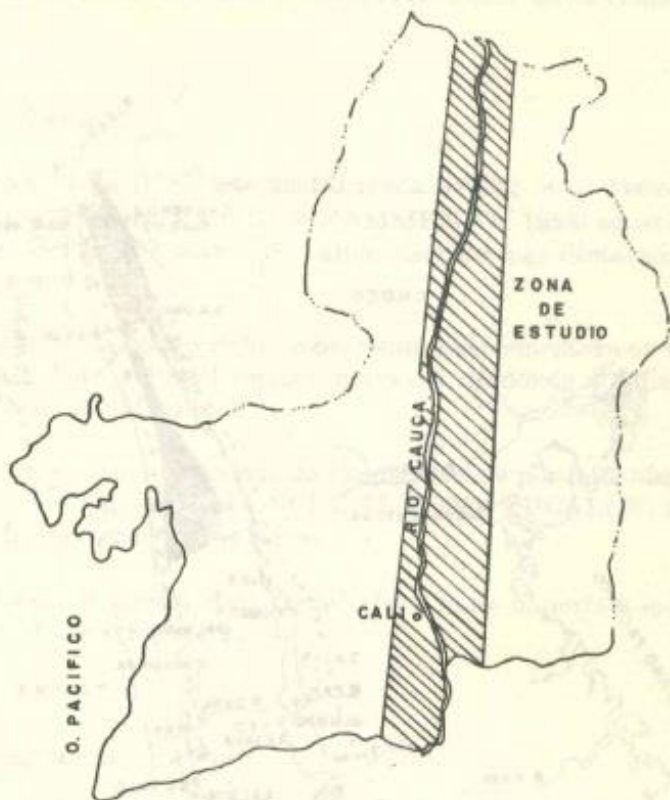


FIGURA 1 MAPA DE UBICACION

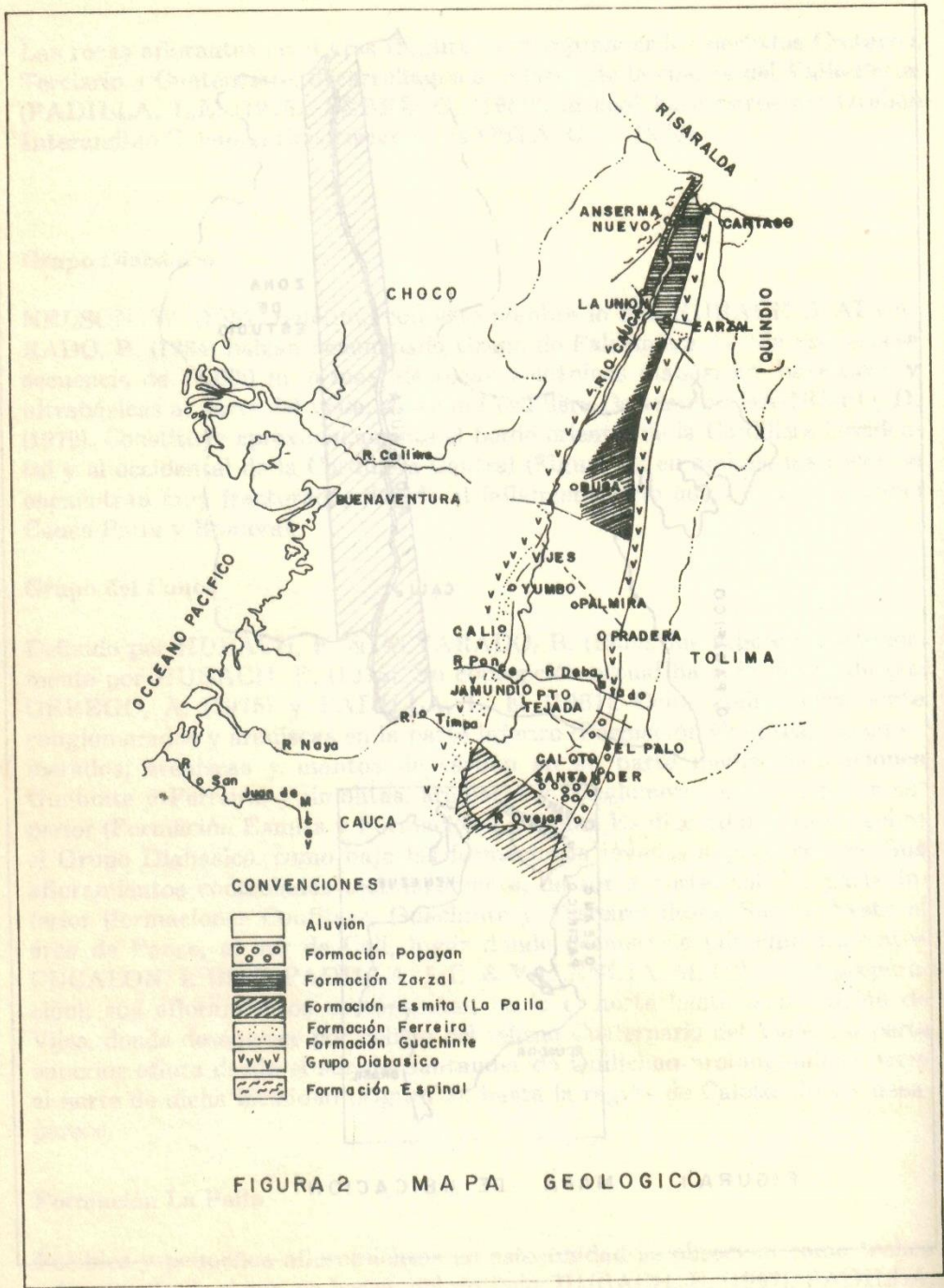


FIGURA 2 MAPA GEOLOGICO

LE. & VALENCIA, M. (1982), (en preparación); posteriormente al noreste de Pradera VALENCIA, M (1980) y desde el río Sonso hacia el norte (Figura 2).

Formación Zarzal

Según HUBACH, E. (1957) esta unidad queda incluida en la Formación Combia. Para Keizer y otros (en VAN DER HAMMEN Th. 1958) constituye la parte superior del Grupo de Combia. Sus afloramientos más destacados corresponden de sur a norte, a:

- En bocas del río Palo, se presenta posiblemente con la Formación La Paila, sobre el costado norte del río donde el fallamiento la ha levantado (Figura 2).
- En la vecindad noreste de Pradera donde por fallamiento forma un valle colgante VALENCIA, M. (1980); CUCALON, I. (1959), los define como «suelos rojos».
- Desde la localidad de Zarzal aflora hacia el norte a lado y lado del río Cauca (Figura 2).

Formación Popayán

Rocas que pueden identificarse con la «típica» Formación Popayán sólo se conocen hacia el sur del departamento del Valle y norte del Cauca, en vecindades del Palo y de Timba.

Aunque HUBACH, E. (1957) cree "... que se extendía al norte hasta al menos la región de Cartago..."; el autor anota que la litoestratigrafía de esta zona corresponde más a la parte superior del Grupo de Combia (en el sentido de Keizer y otros, 1958) es decir, a la Formación Zarzal, más que a la Popayán.

Relleno Cuaternario

En forma general son rellenos interdigitados en facies de cauces enterrados y llanuras de inundación formando un sistema estratigráficamente complicado, el cual se conoce merced al record de perforaciones y estudios llevadas a cabo por C.V.C. ALVAREZ, A. & TENJO, S (1971); TENJO, S. *et al* (1977).

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las implicaciones estructurales y evolutivas mayores de esta zona occidental de Colombia aparecen comentadas con mucho acierto en el trabajo reciente de ACOSTA, C. (1978); en él se establece la presencia de una estructura en fosa tectónica o «rift-valley», sugiriéndose que se trata de un sistema comprensivo.

En un trabajo reciente se plantea "... El sistema Romeral... de origen comprensional... El sistema Cauca-Patía constituido por fracturas tensionales originadas en la zona de flexión de la placa oceánica durante el Cretáceo Superior..." PEREZ, G. (1980).

El presente trabajo muestra que el valle del río Cauca, sección del departamento del Valle, está constituido por bloques basculantes que controlan los afloramientos de las rocas terciarias sobre los flancos de ambas cordilleras.

Sistema Cauca Patía

Afecta el borde este de la Cordillera Occidental dejando ver afloramientos escalonados de rocas terciarias como por ejemplo el «cerro colgado» de Golondrinas al noroeste de Cali; la parte hundida está representada por el bloque explotado en la mina La Cascada, al sur de Cali. Este sistema de fallas controló la sedimentación de las rocas terciarias pues constituye para ellas un límite o «barrera» orientada nor-noreste, después del cual no aparecen hacia el oeste, sus afloramientos. Otro detalle importante y complementario es el hecho de que las rocas terciarias no muestran desplazamientos notorios en el sentido este-oeste.

Sistema Romeral

Este sistema es, tectónicamente hablando, el límite entre ambiente oceánico al oeste y continental al este DUQUE-CARO (1980), hecho que ha sido ratificado por numerosos autores (BARRERO, D. *et al* (1969); IRVING, E. (1971); BARRERO, D. (1979); PEREZ, G. (1980). Los afloramientos sobre el borde oeste de la Cordillera Central muestran la Formación Zarzal como valles colgantes, los cuales indican el hundimiento escalonado de bloques a lo largo del sistema. Es importante anotar que nuevamente las rocas terciarias no muestran desplazamientos en el sentido oeste-este, factor de suma importancia para el análisis global de la cuenca.

Fractura de río Palo

Se trata de una fractura orientada N 45° W que cruza el valle del río Cauca desde bocas del río Palo hasta la región de río Pance, al sur de Cali, controla el drenaje de la región, aún al río Cauca, el cual muestra un «quiebre» siguiendo el camino trazado por un lineamiento más al occidente, hunde al terciario (Grupo Cauca) bajo los estratos del cono de Pance (Figura 2). Más aún, geoelectricamente se ha podido comprobar PADILLA, L.E. & VALENCIA, M (1982) la existencia de un paleocañón, de unos 500 m de profundidad en la región de Puerto Tejada y alrededores, relleno con materiales aluviales acuíferos de edad reciente, coincidente con la dirección de la fractura en las imágenes Landsat.

Finalmente, el autor ha podido revisar promedios mensuales de caudales correspondientes al río Cauca medidos por C.V.C., entre las estaciones de La Bolsa y Juanchito, encontrando una clara tendencia a perder su caudal al atravesar la zona del lineamiento del Palo.

Estos datos sugieren que la fractura del río Palo es el límite entre dos bloques tectónicos: El del sur o de Santander de Quilichao basculado un poco hacia el occidente, lo cual favorece el levantamiento de los estratos de la Formación Esmita hacia la Cordillera Central, en cercanías de Santander de Quilichao, para desaparecer repentinamente un poco al sur del lineamiento de río Palo. El bloque norte, basculado hacia el oriente, desaparece el terciario hacia la Cordillera Central pero lo levanta hacia la Occidental donde se explota intensivamente el carbón contenido en el Grupo del Cauca (Figura 2).

La configuración de los bloques indica que el carbón podrá explorarse aún hacia la región de Santander, pero preferencialmente a lo largo de la Cordillera Occidental. Las aguas subterráneas podrán explorarse a lo largo del paleocañón de río Palo y hacia el costado marginal de la Cordillera Central.

Fractura de Vijos-Río Sonso

Observando los afloramientos del Terciario sobre el costado este de la Cordillera Occidental apreciamos su súbita desaparición al norte de la localidad de Vijos, cerca al lugar de Mediacanoa; al otro lado, sobre el costado oeste de la Cordillera Central encontramos repentinamente el Terciario (Formación La Paila) al cruzar el río Sonso. Hacia el sur del río Sonso el terciario se encuentra hundido a profundidades promedios de 300 m como el autor ha podido deducirlo de los estudios geoelectricos de la región FANDIÑO, E. (1982). El límite, entre el terciario aflorante hacia el norte y hundido hacia el sur, está mostrado, según dedujo el autor, por un profundo paleocañón de unos

500 m orientado este-oeste FANDIÑO, E. (1982) por un profundo paleocañón de unos 500 m orientado este-oeste FANDIÑO, E. (1982).

Aquí, nuevamente el caudal del río Cauca muestra una clara tendencia a perderse, a la altura de Mediacanoa, al occidente de Buga. Las circunstancias muestran que mientras el Terciario aflora entre Cali y Vijes, desaparece sobre el borde oeste de la Cordillera Central encontrándose a profundidades entre 200 y 300 m hacia el norte de río Palo PADILLA, L.E. & VALENCIA, M. (1982), en los alrededores de Pradera VALENCIA, M. (1980) y entre Palmira y río Sonso FANDIÑO, E. (1982).

Este marco plantea la existencia de otro bloque tectónico, el de Cali, ubicado entre el norte de río Palo y el sur de río Sonso, basculado hacia el oriente, entre los sistemas de fallas de Cauca-Patía y Romeral. Este basculamiento facilita el aprovechamiento hullero contenido en el Grupo del Cauca hacia la Cordillera Occidental; hacia la Cordillera Central la explotación de aguas subterráneas tiene ALVAREZ, A. & TENJO, S. (1971) y tendrá gran porvenir.

Fractura de Zarzal-La Unión

Desplazándonos más hacia el norte nos encontramos a la altura de la línea que une las localidades de Zarzal y La Unión, en el departamento del Valle, afloramientos ininterrumpidos de estratos horizontales del Terciario Superior (Formación zarzal). Algunos rasgos morfológicos tales como valles amplios, espectacularmente entrados hacia la Cordillera Central (por ejemplo el valle de Vallejuelo, al este de Zarzal), el levantamiento del Terciario deducido a partir de perfiles geoeléctricos (TENJO, E. *et al*, (1977), el comportamiento hidráulicamente bueno de pozos ubicados inmediatamente al sur de Zarzal TENJO, S. *et al* (1977) sugieren que la línea Zarzal-La Unión establece un límite estructural entre dos bloques: El del sur, o de Buga, basculado hacia el occidente; el del norte, o bloque de Zarzal, levantado uniformemente sin basculamiento mayor.

Del bloque de Zarzal se ha dicho que es pobre en el recurso agua subterránea TENJO, S. *et al* (1977) y las investigaciones deberán explorar las zonas promisorias de paleocañones, las cuales se han probado preliminarmente (Dr. Sigifredo Tenjo, comunicación personal).

El basculamiento del bloque de Buga hacia el occidente induce de inmediato la exploración de aguas subterráneas hacia el costado este de la Cordillera Occidental ya que como se ha identificado TENJO, S. *et al* (1977) la región al oeste de la Cordillera Central es relativamente pobre en el recurso.

El breve bosquejo anterior plantea la existencia de por lo menos cuatro bloques tectónicos (Figura 3) a lo largo del departamento del Valle separados por fracturas este-oeste, movidos y basculados entre los sistemas de fallas Cauca-Patía y Romeral.

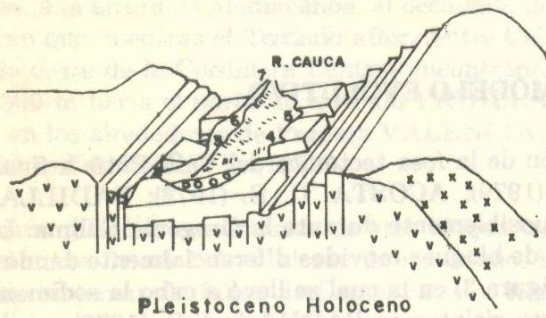
MODELO EVOLUTIVO

Se parte de la conformación de la fosa tectónica del Valle-Patía a finales del Cretáceo BARRERO, D. (1979); ACOSTA, C. E. (1978); PADILLA, L.E. (1978); PEREZ, G. (1980) posiblemente durante la Orogenia Calima. La fosa en sí consistía en una serie de bloques movidos diferencialmente dando forma de artesa, fosa o cubeta (Figura 3) en la cual se llevó a cabo la sedimentación del Grupo del Cauca en tres ciclotemas PADILLA, L.E. (1978) en el lapso comprendido entre el Eoceno Medio y el Plioceno. Como respuesta a los esfuerzos de la Orogenia Andina los sedimentos de la fosa se plegaron y fallaron, solevantándose el bloque oceánico acrecionado, ubicado al oeste del contacto Romeral (Figura 3), reactivándose los lineamientos o rasgos transformacionales DUQUE-CARD, H. (1980). Los bloques hundidos (graben) entre las cordilleras, regionalmente levantados, fueron sometidos a un intensivo proceso de erosión mediante el cual se labraron paleocañones a unos 500 m reconocidos geofísicamente, como los de río Palo (PADILLA, L.E. & VALENCIA, M. (1982), río Sonso, FANDIÑO, E. (1982), río Tuluá, TENJO, S. *et al* (1977) y río Cauca, al norte del departamento del Valle. El reajuste isostático post-Orogenia Andina, ya en el Pleistoceno y Holoceno, favoreció el nuevo hundimiento paulatino de los bloques que conforman el graben entre los sistemas Cauca-Patía y Romeral y el basculamiento según el siguiente estilo:

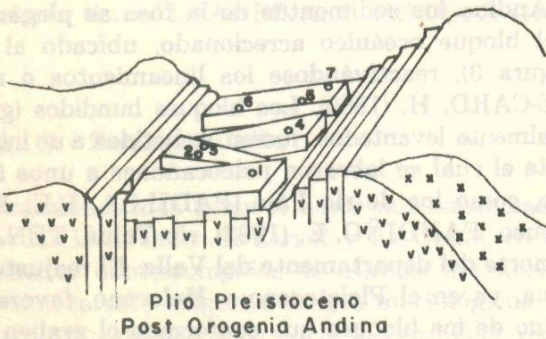
El bloque de Santander (Figura 3), limitado al norte por la fractura de río Palo se basculó un poco hacia el occidente; el bloque de Cali, limitado por las fracturas de río Palo al sur y río Sonso al norte, hacia el oriente; el de Buga, limitado por las fracturas de río Sonso al sur y Zarzal-La Unión al norte, hacia el occidente; el de Zarzal delimitado por la fractura Zarzal-La Unión al sur, tuvo levantamiento aproximadamente uniforme.

Actualmente el río Cauca presenta: Inflexiones de curso, coincidentes con cada una de las fracturas interbloques y una pérdida notoria de su caudal a través de los acuíferos constituidos por los rellenos de las paleofracturas (paleocañones).

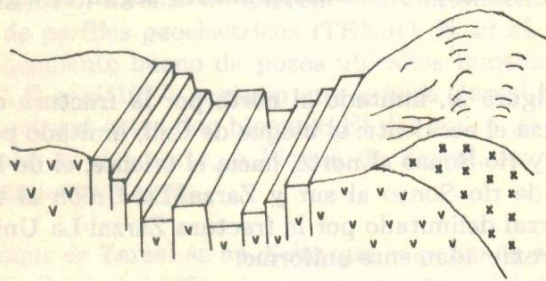
Este «libre juego» de los bloques sugieren un estilo tectónico de tensión con esfuerzos dirigidos regionalmente al norte-noreste coincidente con la dirección



- 1 Bocas del Palo
- 2 Cono de Ponce
- 3 Region de Vijes
- 4 Cono de Senso
- 5 Vallejuelo (Zarzal)
- 6 Cono de la Union
- 7 "Boca" de Anserna



- 1 Santander
- 2 Cali
- 3 Vijes
- 4 Buga
- 5 Zarzal
- 6 La Unión
- 7 Cartago



Cretaceo Terciario
Orogenia Calima

FIGURA 3 BLOQUE DIAGRAMAS

de los esfuerzos principales deducidos a partir de diaclasas neotectónicas MOJICA & SCHEIDEGGER (1981), circunstancias reforzada por el no desplazamiento de las rocas terciarias en el sentido oeste-este.

El análisis efectuado puede tomarse como guía para futuras exploraciones geológicas, así:

Las mineras, orientadas especialmente al carbón, deberán concentrarse hacia el sur del Valle y norte del Cauca. Las hidrogeológicas tendrán un amplio panorama para exploraciones futuras ya que como se ha reconocido existen fuera del relleno normal del valle de unos 300-400 m. de espesor entre Puerto Tejada y río Sonso, profundos paleocañones rellenos con materiales acuíferos de 500 m de espesor, o aún más.

MECANISMO

Mecanismo:

Aunque el mecanismo tectónico general del occidente colombiano sugiere un estilo actual de compresión por subducción, BARRERO, D. (1978); ORREGO, A. (1978); PEREZ, G. (1980); MURCIA, (1981), recientes medidas de diaclasas neotectónicas y la deducción de los esfuerzos a partir de las mismas dan comprensión según N 45° - 54° E, MOJICA & SCHEIDEGGER, (1981), lo cual coincide aproximadamente con el movimiento de las placas tectónicas deducido, siguiendo el mismo sistema, por Schubert 1976; (en MOJICA & SCHEIDEGGER, (1981) a partir de estudios sistemáticos de diaclasas.

De otro lado, el autor ha encontrado que los ríos que desembocan al Océano Pacífico han tenido en el Reciente, un acelerado proceso de erosión remontante, reflejada en la captura, segmentación y desviación hacia allá, de la red hidrográfica que llevaba sus aguas a la cuenca del río Cauca hasta antes de la Orogenia Andina; fenómeno que se interpreta como debido al levantamiento progresivo de la Cordillera Occidental hacia el oriente como respuesta al ajuste isostático.

Lo anterior indica que sobre la zona actual del Valle del río Cauca, sección del departamento del Valle existe un modelo tectónico dominado por esfuerzos de tensión según N 45° W y de compresión N 45° E, esfuerzos que a su vez han provocado el «libre juego» de los bloques entre los sistemas fundamentales de fallas Cauca-Patía y Romeral, basculándose a lado y lado entre las cordilleras Occidental y Central.

CONCLUSIONES

- El Valle del Cauca parece consistir de cuatro bloques fallados y basculados, los cuales se han denominado de sur a norte como bloques de Santander de Quilichao, Cali, Buga y Zarzal.
- Durante la Orogenia Andina la fosa o graben del Cauca se levantó unos 800 m. por encima de su nivel actual, dato atestiguado por la existencia de paleocañones rellenos, de unos 500 m de profundidad y 300 m de relleno normal del Valle del río Cauca en la región entre Puerto Tejada y río Sonso.
- El basculamiento define como zonas carboníferas potenciales el sur del Valle y norte del Cauca.
- El fallamiento transversal interbloques y su posterior evolución define para el Valle del Cauca una situación privilegiada en cuanto a aguas subterráneas se refiere ya que el «almacén» en los profundos paleocañones puede considerarse «inagotable» y digno de un ambicioso programa de investigación tanto por parte de las entidades de la región, C.V.C. principalmente, como de la Nación.

AGRADECIMIENTOS:

El autor quiere agradecer de manera muy especial los comentarios y sugerencias acertadas que el Doctor Abigail Orrego L. Director Regional INGEOMINAS, Popayán, hizo al borrador del trabajo.

REFERENCIAS

- ACOSTA, E. 1978. El Graben Interandino Colombo-Ecuatoriano. Bol. Geol. UIS, Vol. 12 No. 26
- ALVAREZ, A.; TENJO, S. 1971. Hidrología del Valle del Río Cauca entre Santander de Quilichao y río Sonso. Informe C.V.C. No. 1568.
- BARRERO, D.; ALVAREZ, J. KASSEM. T., 1969. Actividad ígnea tectónica en la Cordillera Central durante el Mezo-Cenoico. Bol. Geol. Vol. 13, No. 1-3.
- BARRERO, D. 1979. Geology of the Central Part Westerns Cordillera, West of Buga and Roldanillo, Colombia Public. Esp. del INGEOMINAS, No. 4.
- CUCALON, I., 1969. Geología del Valle Alto del río Cauca en los departamentos del Valle y Cauca. Inf. Serv. Geol. Nal. No. 1544.

- DUQUE-CARO, H., 1980. Geotectónica y Evolución de la Región Noroccidental de Colombia. Bol. Geol. Vol. 23, No. 3.
- FANDIÑO, E., 1982. El potencial acuífero profundo de la zona entre Palmira y río Sonso. Inf. C.V.C.
- GROSSE, E., 1935. Acerca de la Geología del Sur de Colombia. C.E.G.O.C. Tomo 2.
- HUBACH, E., ALVARADO, B., 1934. Geología de los departamentos del Valle y Cauca, en especial del carbón. Inf. Inst. Geol. Nal. No. 224.
- HUBACH, E., 1957. Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia. Inf. Inst. Geol. Nal. No. 1212.
- IRVING, E., 1971. Evaluación Estructural de los Andes. Bol. Geol. Vol. 19, No. 2.
- NELSON, W., 1962. Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental entre Cali- Buenaventura. Serv. Geol. Nal. Vol. 10, No. 103.
- MURCIA, L.A., 1981. Rasgos geomorfológicos de la tectónica cuaternaria en el suroccidente de Colombia. Geología Norandino, No. 4, Bogotá.
- ORREGO, A., 1975. Geología y ocurrencias minerales de la parte Oeste del Cuadrángulo N-6, Popayán. Inf. INGEOMINAS No. 1960.
- PADILLA, L.E., 1978. Carácter cíclico del Terciario Hullero del Valle del Cauca y Cauca. II Congreso Col. de Geología Bogotá, D.E.
- PADILLA, L. EL., 1981. Propuesta de unificación para la nomenclatura del Terciario al sur del Valle y Norte del Cauca. III Congreso Col. de Geología. Medellín.
- PADILLA, L. E.; VALENCIA, M. 1982. La Tectónica y un modelo hidrogeológico para el sur del Valle del Cauca y norte del Cauca. Ponencia IV Congreso Col. de Geología, Cali.
- PEREZ, G. 1980. Evolución geológica de la subcuenca del Alto Patía, departamento del Cauca, Colombia. Geología Norandina, No. 2, Bogotá.
- TENJO, S.; CASTILLO, J.M.; PADILLA, L. E.; SALZAR, N.: 1977. Hidrogeología del Valle del río Cauca entre río Sonso y Cartago. Inf. C.V.C. 77-16.
- VALENCIA, M., 1980. Evaluación Hidrogeológica en la zona de Pradera (V). Inf. C.V.C.
- VAN DER HAMMEN, Th., 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos. Bol. Geol. Vol. VI No. 1-3.