
Evolución de Subcuencas Cenozoicas en El Valle - Cauca - Patía

Luis Eduardo Padilla Valle

RESUMEN

Los modelos de placas tectónicas propuestos para el occidente Colombiano parecen explicar adecuadamente su evolución Mesozoica, pero no así su Cenozoica, ya que la cartografía regional tanto del Terciario inferior como superior y aún del Cuaternario, a lo largo del Valle-Cauca-Patía, sugiere el desarrollo de subcuencas tipo Graben dentro de una amplia zona de "melange", localizada entre las fallas Cauca-Patía y Romeral, esta última, expresión de la sutura tectónica entre las placas oceánica y continental.

El mapa palinspástico del Valle-Cauca-Patía a comienzos del Cenozoico muestra un conjunto de bloques tectónicos irregulares formado a lo largo de la zona de "melange", como producto del movimiento compresivo y rumbo deslizante dextral de la placa oceánica sobre la placa continental, diferenciándose codos de compresión ("restraining bend"), codos de alivio ("releasing bend") y cuencas de tensión ("pull-apart"), fenómenos manifiestos como compresión-elevación, alivio-subsidencia y cuencas romboideas, respectivamente.

MARCO REGIONAL

A finales del Cretáceo, principios del Cenozoico, la cuenca Valle-Cauca-Patía (Fig. 1) estaba conformada por una amplia zona de "melange" o "Terreno Cauca-Romeral", de unos 50 - 80 km. de amplitud, ubicada entre los sistemas de fallas del Cauca-Patía y Romeral (ORREGO; et. al.,

1977; ACOSTA, 1978; DUQUE-CARO, 1980; PÉREZ, 1980; MURCIA, 1981; ETAYO-SERNA, BARRERO & otros, 1983) suturando el choque oblicuo (MEISSNER, et. al., 1977) y rumbo deslizante dextral entre las placas oceánicas y continental (BARREO, et. al., 1969; IRVING, 1971; DUQUE-CARO, 1980; MURCIA, 1980, 1981; MOJICA & SCHEIDEGGER, 1982; SARRIA & ORREGO, 1986).

El trazo regional de los sistemas denominados fallas Cauca-Patía y Romeral permite identificar tramos rectilíneos y curvos, los cuales y según sea su sentido, derecho o izquierdo conforman, según la nomenclatura propuesta por CROWELL (1974), codos de alivio ("releasing bend") reflejados en depresiones tectónicas o subcuencas; codos de compresión ("restraining bend") en levantamientos o pilares tectónicos (cf. promontorio de HUBACH & ALVARADO, 1934 y dintel de ACOSTA, 1978); dentro de la zona general de tensión se originó un "pull-apart" o cuenca profunda o romboidal (Fig. 2).

Los afloramientos regionales de las formaciones Cenozoicas revelan la gran irregularidad de sus contactos contra la Cordillera Central, (STUTZER, 1934; GROSSE, 1934; LEON, et. al., 1973), según entrantes y salientes curvos, contrastando con el contacto rectilíneo al lado opuesto, contra la Cordillera Occidental. De otro lado la estratigrafía del Valle-Cauca-Patía, permite establecer que en el Terciario Inferior solo se desarrolló en la subcuenca de Cali (HUBACH & ALVARADO, 1934; VAN DER

HAMMEN, 1958) y solo durante el Terciario Superior, alcanzó su máximo desarrollo, ocupando gran parte de la hoy andina del Cauca, desde el viejo Departamento de Caldas hasta el de Nariño (HUBACH & ALVARADO, 1934; GROSSE, 1935; VAN DER HAMMEN, 1958; ACOSTA, 1978).

La orogenia andina se manifiesta además del levantamiento de la Cordillera Occidental, por el gran acortamiento cortical, 50% o aún mayor, manifiesto a lo largo de la falla Cauca-Patía por la inversión regional de las rocas Terciarias, conformación de una "zona subplegada y fallada" (RAASVELDT & KEIZER, 1953) de pliegues cilíndricos, estirado, tumbados al oeste, muy apretados y cabalgantes unos sobre otros, a... "manera de un sobreescurreamiento de inclinación escarpada hacia el W..." (GROSSE, en ACOSTA 1978, p. 161).

El Cuaternario se caracteriza no solo por el gran volumen de volcánicos expelidos desde los focos localizados a lo largo de la Cordillera Central si no por la subsidencia de la cuenca de Cali colmatada por gruesas secuencias de gravas, arenas y otros depósitos acuíferos inconsolidados (ALVAREZ & TENJO, 1971; TENJO, et. al., 1977; PÉREZ, 1980; PADILLA, 1982; 1989), denotando que ... "la realidad es que la sedimentación Terciaria ... está fuertemente influida a intervalos determinados, por movimientos tectónicos-orogénicos de diferentes intensidades que determinan esta sedimentación como sin-orogénica (VAN DER HAMMEN, 1958; p. 126).

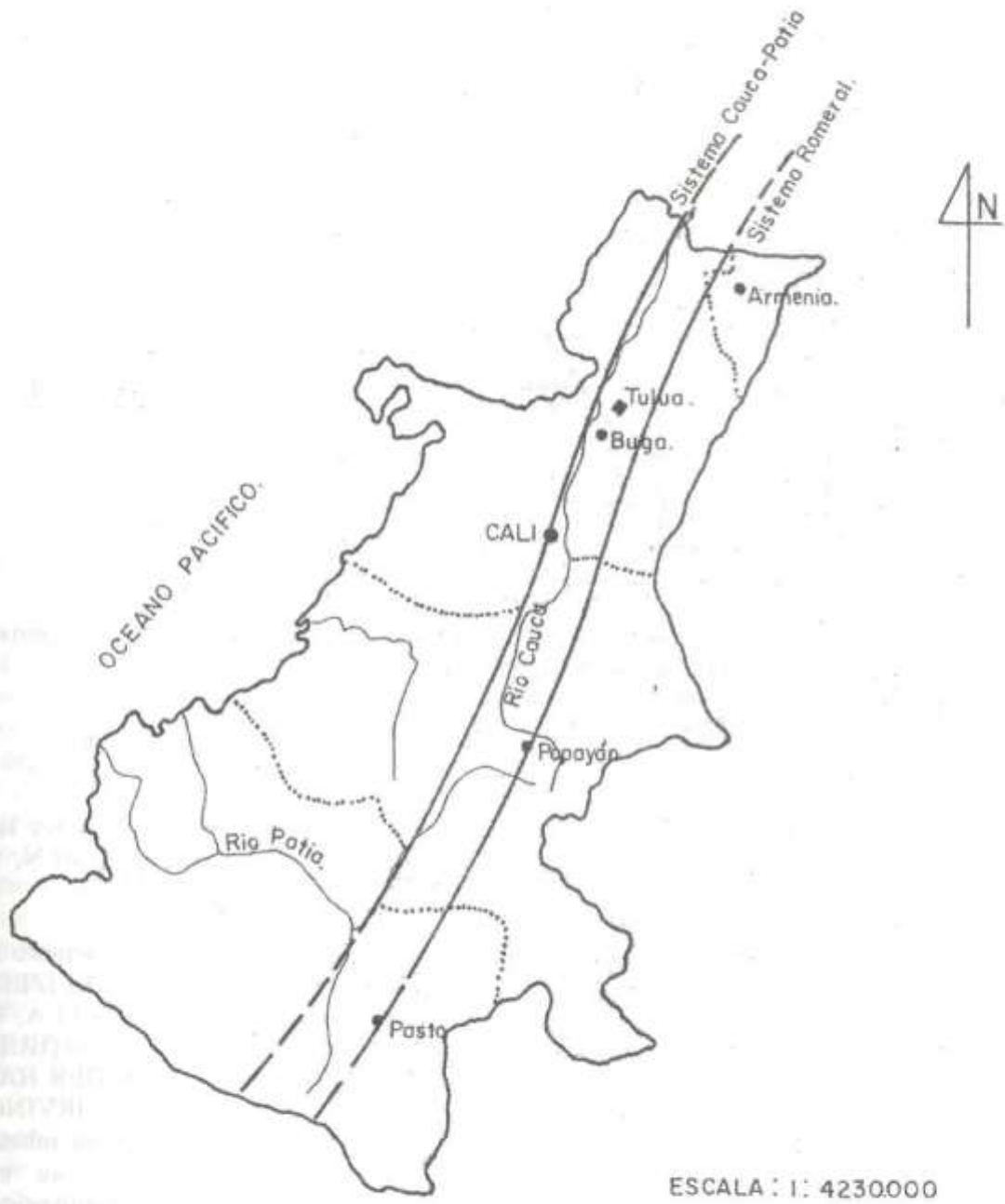


Figura 1. Localización zona investigada.

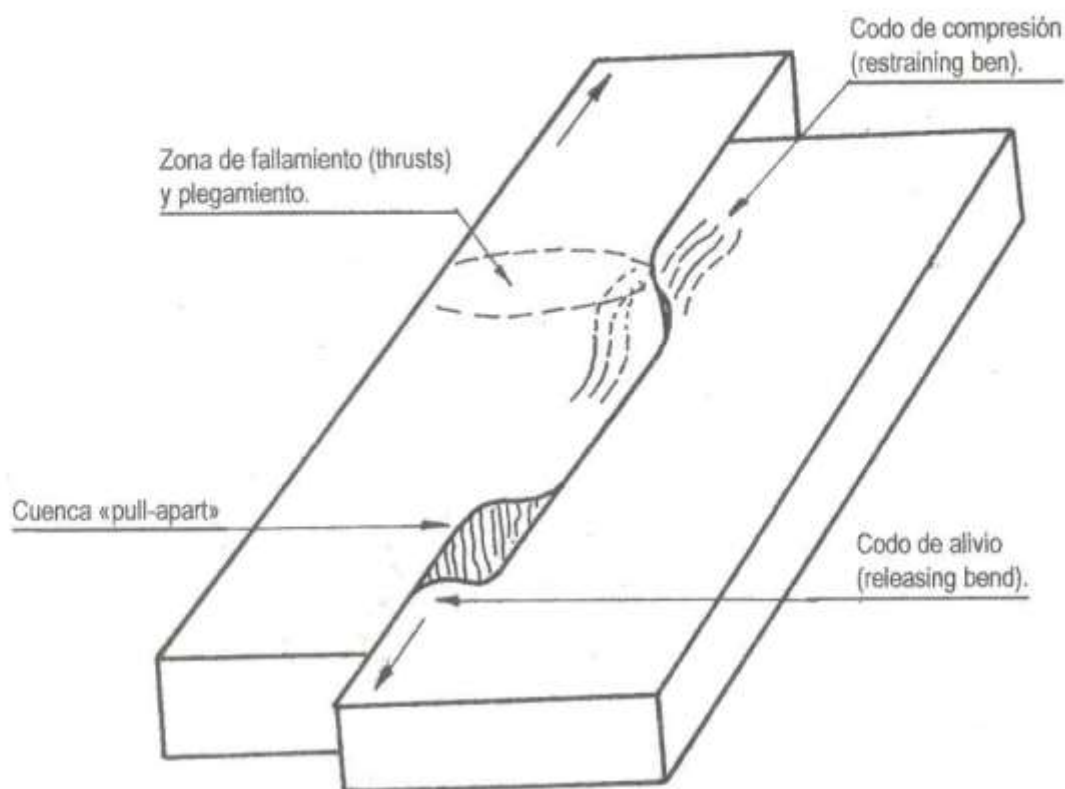


Figura 2. Modelo esquemático de nacimiento de una cuenca del tipo «pull-apart» a partir de fallamiento rumbodeslizante dextral. (Tomado de Crowell, 1974).

EVOLUCIÓN CENOZOICA DE LA CUENCA

El modelo de placa subducente durante el Cretáceo medio (ORREGO, 1976; BARRERO, 1979; PÉREZ, 1980; otros) sugiere la presencia de una fosa profunda a lo largo de una antigua zona de subducción la cual fué colmatada, principalmente con depósitos turbidíticos (LEÓN, et. al., 1973; ORREGO, 1976; BARRERO, 1979; otros) y posteriormente acrecionadas al continente durante la fase denominada Orogenia Calima (BARRERO, 1979) del Cretáceo tardío-Paleoceno temprano (HUBACH & ALVARADO, 1934; ORREGO, 1976; BARRERO, 1979), de tal manera que ... "la Cordillera Occidental que en este tiempo ya debía haber estado preformada en estado más o menos insular" (HUBACH & ALVARADO, 1934; p.113), o ... "en tierra firme muy cerca

del nivel del mar con abundantes lagunas y ciénagas" (VAN DER HAMMEN, 1958; p. 122).

La cartografía regional del miembro La Cima de la Formación Guachinte (KEIZER, et. al., 1954; ORREGO, 1975; PADILLA, 1991), el cual representa el Eoceno Medio (HUBACH & ALVARADO, 1934; VAN DER HAMMEN, 1958; DUQUE-CARO, 1980; IRVING, 1971) permite delimitar una pequeña subcuenca en crecimiento, cuyo límite se extendía rectilíneamente a lo largo del lado oriental de la Cordillera Occidental entre el norte de Cali (V) y el Tambo (C), siguiendo un borde escarpado. La zona de Vijes, donde se desarrollaba el cuerpo arrecifal de la Formación Vijes (HUBACH & ALVARADO, 1934; KEIZER, et. al., 1955; en VAN DER HAMMEN, 1958; SCHWIN, 1969) estaba comunicada con el

océano Pacífico a través de un brazo del mar que se extendía por el actual Valle de Pavas, municipio de la Cumbre, Valle (VAN DER HAMMEN, 1978), donde se han encontrado y reportado remanentes correlacionables con dichas calizas (PADILLA, 1982). La subsidencia continua en esta subcuenca permitió la acumulación de un primer ciclotema (PADILLA, 1991) con los carbones del miembro los Chorros (HUBACH & ALVARADO, 1934; PADILLA, 1991) y posteriormente con los sedimentos fosilíferos marinos del miembro La Leona (BARTSCH, 1958; PADILLA, 1991) de la Formación Guachinte (ORREGO, 1975), los cuales afloran entre Cali y el Tambo (C), finalizando con limolitas y arcillolitas del miembro Rampla (KEIZER, et. al., 1955, en VAN DER HAMMEN, 1958; PADILLA, 1991).

La delimitación regional de la base de la Formación Ferreira en el Valle del Eoterciario, o Formación Mosquera del Patía (GROSSE, 1934; LEÓN, et. al., 1973), de la Formación Cinta de Piedra del norte del Valle y Risaralda (HUBACH & ALVARADO, 1934) o Formación Cauca Superior (VAN DER HAMMEN, 1958; cf. Formación Cartago, RIOS & ARANZAZU, 1989), de edad Oligoceno Superior-Mioceno inferior a medio (HUBACH & ALVARADO, 1934; VAN DER HAMMEN, 1958) permite establecer la gran amplificación tanto longitudinal como transversal de la cuenca de sedimentación de poca profundidad, asociada a los movimientos tectónicos de fase orogénica proto-andina del Oligoceno Medio a Superior (VAN DER HAMMEN, 1958), accediendo a la depositación discordante (HUBACH & ALVARADO, 1934) sobre los protopliegues (VAN DER HAMMEN, 1958), de gravas redondeadas, principalmente de cuarzo lechoso, "huevo de pato", en facies de canal, desde el antiguo departamento de Caldas (HUBACH & ALVARADO, 1934; VAN DER HAMMEN, 1958) hasta más allá del río Mayo (GROSSE, 1935; LEÓN, et. al., 1973; ACOSTA, 1978). La persistente subsidencia en la parte central de esta nueva cuenca permitió, por ciclicidad, la acumulación discordante de un segundo ciclotema (PADILLA, 1991) con carbones

(Miembro Bucarica PADILLA, 1991) entre el sur de Cali y el Patía y posteriormente de sedimentos fosilíferos marinos (Miembro San Francisco de la Formación Ferreira, PADILLA, 1991; Miembro Limolítico-Fosilífero de la Formación Esmita, León, et. al., 1973 y medio Terciario, GROSSE, 1935), indicando la contemporaneidad de las formaciones Ferreira y Esmita.

La fase orogénica del post-Mioceno-Medio, pre-Mioceno Superior (VAN DER HAMMEN, 1958; IRVING, 1971; DUQUE-CARO, 1980) se manifiesta en la cuenca Valle-Cauca-Patía como un nuevo acortamiento cortical que explica, el replegamiento de los estratos terciarios a lo largo del piedemonte oriental de la Cordillera Occidental. Dichos plegamientos fueron apretados con mucha mayor intensidad en el tramo en forma de «venturi del corredor localizado entre Timba (V) y El Tambo (C), facilitando la intrusión dendriforme de silos porfiríticos, los cuales y por dataciones radiométricas pertenecen a esta edad» (IRVING, 1971). Esta continua compresión causó subsidencia en las subcuencas del Patía y norte del Valle, permitiendo la acumulación de espesos depósitos continentales de conglomerados con abundante material volcánico proveniente de la Cordillera Central (cf. Formación Galeón del Patía; KEIZER, et. al., 1955 en VAN DER HAMMEN, 1958; LEÓN, et. al., 1973 y Formación la Paila del Valle; KEIZER, et. al., 1955 en VAN DER HAMMEN, 1958). La compresión tectónica posterior, denominada Orogenia Andina (VAN DER HAMMEN, 1958), manifiesta como acortamiento cortical causó el suave y amplio plegamiento de las formaciones Galeón y La Paila, además de otro replegamiento de las unidades Guachinte y Ferreira, más antiguas, solevantando de manera continua y hasta el presente, las cordilleras Occidental y Central, (MEISSNER, et. al., 1977; ACOSTA, 1978; MURCIA, 1981; LUESCHEN, et. al., 1982). Dichos plegamientos suaves y amplios conformaron cuencas pandas y alargadas donde se acumuló principalmente material volcánico expulsado por focos tales como los del macizo Nariñense, Sotará, Puracé, El Ruíz y otros,

ubicados a lo largo de la cima de la Cordillera Central; simultáneamente y en extensas pero someras lagunas, se desarrollaron depósitos de diatomitas en el norte del Valle (cf. Formación Zarzal, KEIZER, et. al., en VAN DER HAMMEN, 1958) y al sur de la localidad del estrecho dentro del Valle del Patía.

La acción volcánica se acrecentó a lo largo de la Cordillera Central permitiendo la acumulación de extensos abanicos en las partes bajas de las subcuencas, las cuales se incluyen globalmente en la Formación Popayán (GROSSE, 1930; HUBACH & ALVARADO, 1934). Las exploraciones adelantadas en el Valle del Cauca (ALVAREZ & TENJO, 1971; TENJO, et. al., 1977; PADILLA, 1982; PADILLA & LEÓN, 1989; TENJO, 1991), establecen la presencia de una profunda subcuenca localizada entre Santander de Quilichao (C) y Buga (V), en la cual los depósitos cuaternarios alcanzan los espesores de los 500 metros (FANDIÑO, 1982; PADILLA, 1982; PADILLA & LEÓN, 1989; TENJO, 1991) tal como se probó en el pozo Candelaria-1 adelantado por INTERCOL, sugiriendo con ello la actual y continua colmatación sedimentaria de cuencas subsidentes activas a lo largo del graben interandino (ACOSTA, 1978), tales como las de Pubenza (TENJO, et. al., 1984; PADILLA & LEÓN, 1989) y Patía (PÉREZ, 1980; PADILLA & LEÓN, 1989).

MODELO EVOLUTIVO

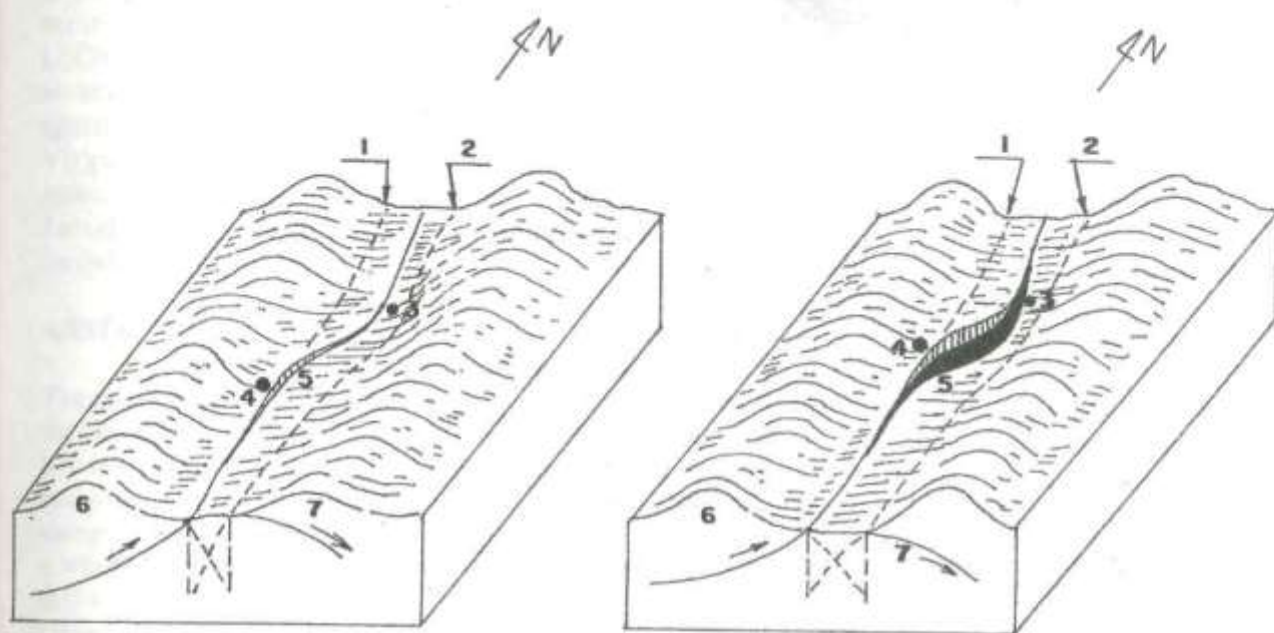
El marco regional permite establecer que las denominadas fallas del Cauca-Patía y Romeral constituían, durante el Cenozoico temprano, barreras limitantes de la sedimentación, tanto hacia el este como al oeste. Estructuras terciarias tales como pliegues cilíndricos muy alargados ("estirados"), frecuentemente "boudinage", formas tectónicas en "S", fallamiento de rumbo, mecanismo de fallamiento horizontal de "strike-slip" (MEISSNER, et. al., 1977) y otros fenómenos geomorfológicos recientes permiten establecer que... "la cantidad de desplazamiento lateral desde del comienzo del Terciario bien puede ser del mismo orden... es decir unos miles de kilómetros"... (MEISSNER et. al., 1977).

Observaciones geológicas regionales realizadas con mucho acierto, permiten aclarar con respecto a la cuenca interandina del Valle-Cauca-Patía, que... "Esta vasta cuenca seguramente no ha sido uniforme, sino debe haber estado subdividida por los promontorios de la Cordillera Central, es decir por los de Popayán, Buga, Manizales, Titiribi y del norte de Sopetrán... Nos parece de esencial importancia el estudio de la preformación de estos promontorios porque en relación con ellos está la preformación de las cuencas intermedias (Patía, Cali, Quindío, etc)..." (HUBACH & ALVARADO, 1934, p.121). El mapeo de la base del Terciario permite definir una pequeña y somera cuenca de sedimentación en el Valle, la cual se estrechaba hacia el dintel de El Tambo, Cauca (ACOSTA; 1978), donde se acuñaba. El Terciario Superior, amplio en el norte del Valle, se estrechaba al pasar el "embudo" Timba-El Tambo (C), ensanchándose nuevamente al alcanzar el Valle del Patía. Las formaciones del Terciario final se restringen a subcuencas menores, tanto en el norte del Valle como en el Patía, quedando casi totalmente cubiertas por amplísimos conos volcánicos esparcidos desde los focos ubicados sobre la Cordillera Central hacia las zonas bajas y lagunares donde se desarrollaban depósitos diatomíticos. Durante el Cuaternario, la subcuenca de Cali, desarrollada entre Buga (V) y Santander de Quilichao (C), fue y continúa colmatándose con depósitos inconsolidados hasta de unos 500 m de espesor (PADILLA, 1982; PADILLA & LEÓN, 1989), similarmente a como evolucionaron las subcuencas de Pubenza y Patía (PÉREZ, 1980; PADILLA & LEÓN, 1989), permitiendo establecer zonas de subsidencia activa dentro del graben interandino. Por lo anterior y sobre la base de que la teoría de la tectónica de placas indica que el desplazamiento relativo de la placa oceánica con respecto a la continental es rumbo-deslizante dextral, se propone el siguiente modelo.

Durante el Cretáceo final-Paleoceno se originó a lo largo de la "melange" y como consecuencia del movimiento rumbo deslizante a lo largo de las fallas anastomosadas Cauca-Patía y Romeral, una pequeña cuenca del tipo "pull-apart" al sur

de la actual ciudad de Cali, cuyos extremos norte y sur se prolongaban fusiformemente tanto al norte como al sur (Fig. 3), permitiendo entre el Eoceno Medio y Oligoceno Superior la depositación de areniscas y posteriormente, a medida que la subcuenca se agrandaba y subsidía la acumulación de carbones ("El bituminoso, BARTSCH, 1957), además estratos fosilíferos marinos, arenas y arcillolitas. El empuje continuado a lo largo del movimiento rumbo deslizante dextral a medida que crecía el "pull-apart" originó un leve plegamiento regional de los estratos Terciarios (HUBACH, ALVARADO, 1934) y sendos codos de alivio ("releasing bend") hacia la zonas de Buga, al norte, y el Tambo (C), al sur, permitiendo por subsidencia general la creación de dos nuevas

subcuencas: Quindío y Patía las cuales quedaron intercomunicadas con la de Cali, ya existente (Fig. 4). Este acontecimiento tectónico permitió que durante el Mioceno se amplificara la sedimentación discordante de los conglomerados "huevo de pato" los cuales ocuparon amplias zonas desde el viejo Caldas pasando por el Valle del Cauca hasta el área del Patía, aún más allá del río Mayo; la subsidencia continúa pero diferencial en estas subcuencas permitió la acumulación de carbones ("El antracitoso, BARTSCH, 1957), principalmente en la de Cali, con prolongaciones hacia el norte del Patía ("carbones de El Hoyo") y la posterior acumulación de estratos fosilíferos marinos entre la zona del Patía y el sur de Cali, seguida de areniscas y arcillolitas.

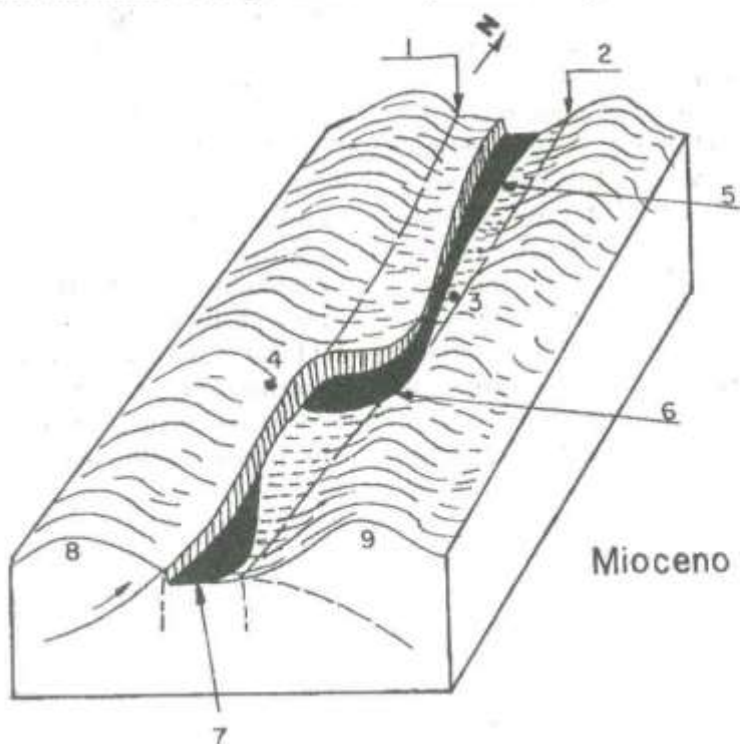


- 1.- Sistema Cauca-Patía.
- 2.- Sistema Romeral.
- 3.- Buga.
- 4.- Cali.
- 5.- Subcuenca de Cali
- 6.- Cordillera Occidental.
- 7.- Cordillera Central.

Figura 3. Esquema evolutivo de la «pull-apart» de Cali durante el lapso Eoceno medio-Oligoceno Superior.

Movimientos compresionales posteriores al Mioceno Medio a Superior replegaron los estratos hasta entonces acumulados, originando

subsistencia tanto en el Patía como norte del Valle permitiendo la acumulación de inmensos espesores de aglomerados.



Mioceno medio y :

- 1.- Sistema Cauca-Patía.
- 2.- Sistema Romeral.
- 3.- Buga.
- 4.- Cali.
- 5.- Subcuenca del Quindío.
- 6.- Subcuenca de Cali.
- 7.- Subcuenca del Patía.
- 8.- Cordillera Occidental.
- 9.- Cordillera Central.

Figura 4. Esquema evolutivo de las subcuencas Quindío, Cali y Patía durante el Mioceno Medio.

El tectonismo de la Orogenia Andina del Plio-Pleistoceno (VAN DER HAMMEN, 1959; IRVING, 1971; DUQUE-CARO, 1980), se manifiesta, primero, por la total inversión del Terciario Carbonífero a lo largo del trazo rectilíneo de la falla Cauca-Patía, segundo, por el amplio plegamiento regional de las formaciones Galeón y La Paila. Posteriormente el río Cauca, que por estas épocas Plio-Pleistocénicas corría hacia el sur (PADILLA &

LEÓN, 1989), relleno las subcuencas creadas (ACOSTA, 1978; PADILLA, 1982; PADILLA & LEÓN, 1989), principalmente el norte del Departamento del Valle (PADILLA, 1982). La subcuenca del "pull-apart" de Cali, al continuar subsidiendo, permitió la acumulación de grandes espesores de sedimentos Cuaternarios (Fig. 4), los cuales eran cada vez mayores tal como lo prueban las anomalías gravimétricas (BERMÚDEZ, et. al., 1985), la correlación de

pozos profundos (PADILLA, 1982; TENJO, 1991) y los resultados del pozo petrolero exploratorio Candelaria-1, adelantado por INTERCOL, el cual atravesó unos 300 m de sedimentos inconsolidados recubriendo unos 50 m de Formación La Paila y unos 100 m de Terciario carbonífero. La presencia de esfuerzos de compresión regional, principalmente hacia los bordes de la subcuenca de Cali, se manifiesta a través de sistemas acuíferos artesianos de alta presión, similar al "vulcanismo y plutonismo de lodo" descrito por DUQUE-CARO (1980; p. 24) en el cinturón del Sinú, o como presiones anormales asociadas a tectonismo activo en reservorios de gas y petróleo descritos recientemente por WELLS (1990).

El relleno parcial de la subcuenca "pull-apart" de Cali, se llevó a cabo desde el norte (PADILLA & LEÓN, 1989), hasta tiempos geológicamente recientes (ACOSTA, 1978; PADILLA & LEÓN, 1989), en los cuales el río Cauca cambió su sentido hacia el norte rejuveneciéndose a partir de la garganta ("nick-point") de La Virginia (PADILLA & LEÓN, 1989), permitiendo la acumulación sobre la Formación Zarzal de sedimentos fluviales a lo largo del corredor Zarzal- Cartago.

ABSTRACT

The plate-tectonic models for the southwestern the Colombia to explain its Mesozoic evolution, but not Cenozoic, es based on the regional mapping of the Tertiary and Quaternary deposits along the Valle-Cauca-Patía region that shows a whole serie of petit basins, of graben shape, into a extensive "melange-zone" located between Cauca-Patia and Romeral system faults where the last one is an oldest "Trench" expression.

The Valle-Cauca-Patía palinspastic map during de early and middle Tertiary age, shows several tectonics blocks as the result of the right-strike-slide movimientos of the oceanic-plate on the continental-plate that causes restraining-bend, releasing-bend and pull-apart-basins, fenomenas that are associated to morphological expressions such as, uplift, sagging and rhomboidal-basins, respectively.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, E.; 1978. -El graben interandino Colombo-Ecuatoriano. Bol. Geol. UIS, vol. 12 n° 26.
- ALVAREZ, A., TENJO, S.; 1971.- Hidrogeología del valle del río cauca entre Santander de Quilichao y el Valle del río Sonso. Inf. C.V.C. 71-4.
- BARRERO, L.D., 1979.- Geology of the central western cordillera, west of buga and Roldanillo, Colombia. Publ. Geol. Esp. del Ingeominas n° 4.
- BARTSCH, G.; 1958.- Las minas de timba y San Francisco. Inf. IFI n° 707.
- BERMÚDEZ, G.A., GARZÓN. B.M., EVAN, R.V., AUCOTT, W.J.; 1985.- Estudio gravimétrico del valle del río Cauca, Dpto. del Valle. Inf. Ingeominas, inédito.
- CROWELL, J.C.; 1974.- Origen of late cenozoic basins in southern california en tectonic and sedimentation. Society of economic paleontologist and mineralogist. Special publication n°. 22.
- DUQUE-CARO, H.; 1978.- Geotectónica y evolución de la región noroccidental Colombiana. Ingeominas inf. 1750.
- DUQUE-CARO, H.; 1980.- Geotectónica y evolución de la región noroccidental Colombiana. Bol. Geol. vol. 23 n°.3.
- ETAYO-SERNA, F., BARRERO, L.D.; 1983.- Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Publicacion geológica especial del Ingeominas n°.14.
- FANDIÑO, J.; 1982.- Geoeléctrica en el borde este de la Cordillera Central, Valle del Cauca entre Palmira y Buga. inf. C.V.C.
- GROSSE, E.; 1934.- Acerca de la geología del sur de Colombia. Compilación de los estudios geológicos oficiales de Colombia, tomo III.
- HUBACH, E., ALVARADO, B.; 1934.- Geología de los departamentos del Valle y Cauca en especial del carbón. Serv. Geol. Nal. inf. 224.

- IRVING, E.M.; 1971.- La evolución estructural de los andes mas septentrionales de Colombia. Boletín Geológico Ingeominas, vol. XIX n°.2.
- JAMES, M., ORREGO, A., MUÑOZ, V., MURCIA, A., PAGE, W., GIRALDO, M., MARIN, W.; 1986.- El sismo de Popayán de marzo 31 de 1983. Geología. Capítulo II.
- KEIZER, J.; 1954.- Estudio geológico de la región de Jamundí entre los ríos Guachinte y Jordán. Ins. Geol. Nal. inf. 1064.
- LEÓN, L.A., PADILLA, L.E., MARULANDA, N.; 1973.- Geología, recursos minerales y geoquímica del cuadrángulo O-5 el bordo, Dpto. del Cauca. Inf. Ingeominas n°. 1652.
- LUESCHEN, E.; QUINTERO, J.; CAMARGO, M.; 1982.- Estudio de la tectónica reciente en Colombia por variaciones seculares de la gravedad, de cotas y por análisis de datos de mareógrafos. IV Congreso Colombiano de Geología.
- MURCIA, L.A.; 1981.- Rasgos morfológicos de la tectónica cuaternaria en el suroccidente de Colombia. Geología Norandina n°. 4.
- MEISSNER, R.D., FLUEH, E.R., STIBANE, F., BERG, E.; 1977.- Dynamics of the active plates boundary en SW Colombia accordin to recent geophysical measurement. rev. tectonophysis vol. 35.
- MOJICA, J., SHEIDEGGER, A.; 1981.- Diaclasas recientes en Colombia. III Congreso Colombiano de Geología, Medellín.
- ORREGO, A., ROSSMAN, D., PARÍS, G.; 1976.- Geología del cuadrángulo n-6, Popayán. Ingeominas, inf. 1711.
- PADILLA, L.E.- Carácter cíclico del terciario hullero del Valle del Cauca y cauca. En impresión.
- PADILLA, L.E.; 1982.- Un modelo estructural para el valle del cauca y sus implicaciones hidrogeológicas y mineras. bol. Geol. UIS vol. 15 n°.29.
- PADILLA, L.E., LEÓN, L.A.; Modelo preliminar de sedimentación actual en el graben colombo-ecuatoriano. bol. Geol. UIS vol. 18 n°.32.
- PÉREZ, T.G.; 1980.- Evolución geológica de la subcuenca del alto patía, dpto. del Cauca, Colombia. Geología Norandina n°.2.
- RASSVELDT, H.C.; KEISSER, J.; 1953.- Estudio geologico preliminar de los carbones de la region del río timba. Inst. Geol. Nal. inf. 1052.
- RÍOS, P.A., ARANZAZU, J.M.; 1989.- Análisis litofacial del intervalo oligoceno-mioceno, en el sector noreste de la subcuenca del Valle del Cauca. Tesis de grado Universidad de Caldas, Manizales.
- SCHWIN, W.; 1969.- Guide book of the valley of cauca basin. Colombian society of petrol, geol, and geoph. ten fiel trip.
- STUTZER, O.; 1924.- Contribución a la geología del fofo Cauca-Patía. Compilación estudios geologicos oficiales en Colombia, tomo II.
- TENJO, S., CASTILLO, J.M., PADILLA, L.E., SALAZAR, N.; 1977.- Hidrogeología del Valle del río Cauca entre el Valle del río Sonso y Cartago. inf. C.V.C. 77-16.
- TENJO, S.; 1991.- Hidrogeología del Valle del Cauca en la región de Cali-Buga. IV Simposio Colombiano de Hidrogeología.
- VANDER HAMMEN, TH.; 1958.- Estratigrafía del terciario y maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos Bol. geol. vol. 6, 1-3.
- WELLS, R.; 1990.- Abnormal reservoir pressures. national drillers buyers guide Edición de agosto.