

GEOLOGIA DE LA CUENCA DEL PUTUMAYO*

CARLOS GOVEA R.

Geólogo Univ. San Marcos, Lima, Perú

HERNANDO AGUILERA B.

Geólogo. Univ. Nacional, Bogotá, Col.

RESUMEN

La Cuenca del Putumayo, una depresión estructural de tipo pericratónico, situada en la parte norte de la Fosa Subandina, fue rellenada por sedimentos cretáceos de origen marino y sedimentos Terciarios de origen continental.

Subyacen a estas rocas en el sector occidental de la cuenca, sedimentos metamorfoseados de edad Jura-Triásica mientras que en el oriental infrayacen rocas ígneas de edad Precámbrica.

Desde el punto de vista estructural, la cuenca puede dividirse en dos provincias: Una zona plegada y fallada localizada al oeste contra los Andes Colombianos y una zona relativamente plana y estable ubicada al este contra el Escudo Guayanés.

En la Cuenca del Putumayo existen rocas generadoras y almacenadoras de hidrocarburos tanto en la secuencia cretácea como en la terciaria.

Producción comercial de hidrocarburos se ha obtenido de las formaciones cretáceas (Caballo-Villeta) y Terciarias (Pepino) en trampas de tipo predominantemente estructural y en menor grado de tipo estratigráfico.

Desde Marzo de 1969, fecha en que se inició la producción comercial, hasta Diciembre 31 de 1980, existe un acumulado producido de 186.063.965 barriles de crudo.

* Trabajo presentado en el III Congreso Colombiano de Geología, Medellín, agosto de 1981

INTRODUCCION

La Cuenca del Putumayo, una extensión Norte de la Cuenca Corrientes-Napo, de Perú y Ecuador, tiene una gran importancia en la producción de petróleo en Colombia.

A continuación se presenta un estudio de divulgación e investigación sobre el área del Putumayo, especialmente sobre los campos actuales con producción de hidrocarburos.

Expresamos nuestros agradecimientos a la División de Exploración de la Empresa Colombiana de Petróleos, con cuyo consentimiento se publica este trabajo.

LOCALIZACION

La Cuenca del Putumayo es una de las 13 cuencas sedimentarias en que se encuentra dividida Colombia y se halla localizada en la parte sur del país, comprendida entre los paralelos 0° - 1° latitud norte y los meridianos 75° 77° de longitud oeste de Greenwich. (Figura 1 y 2).

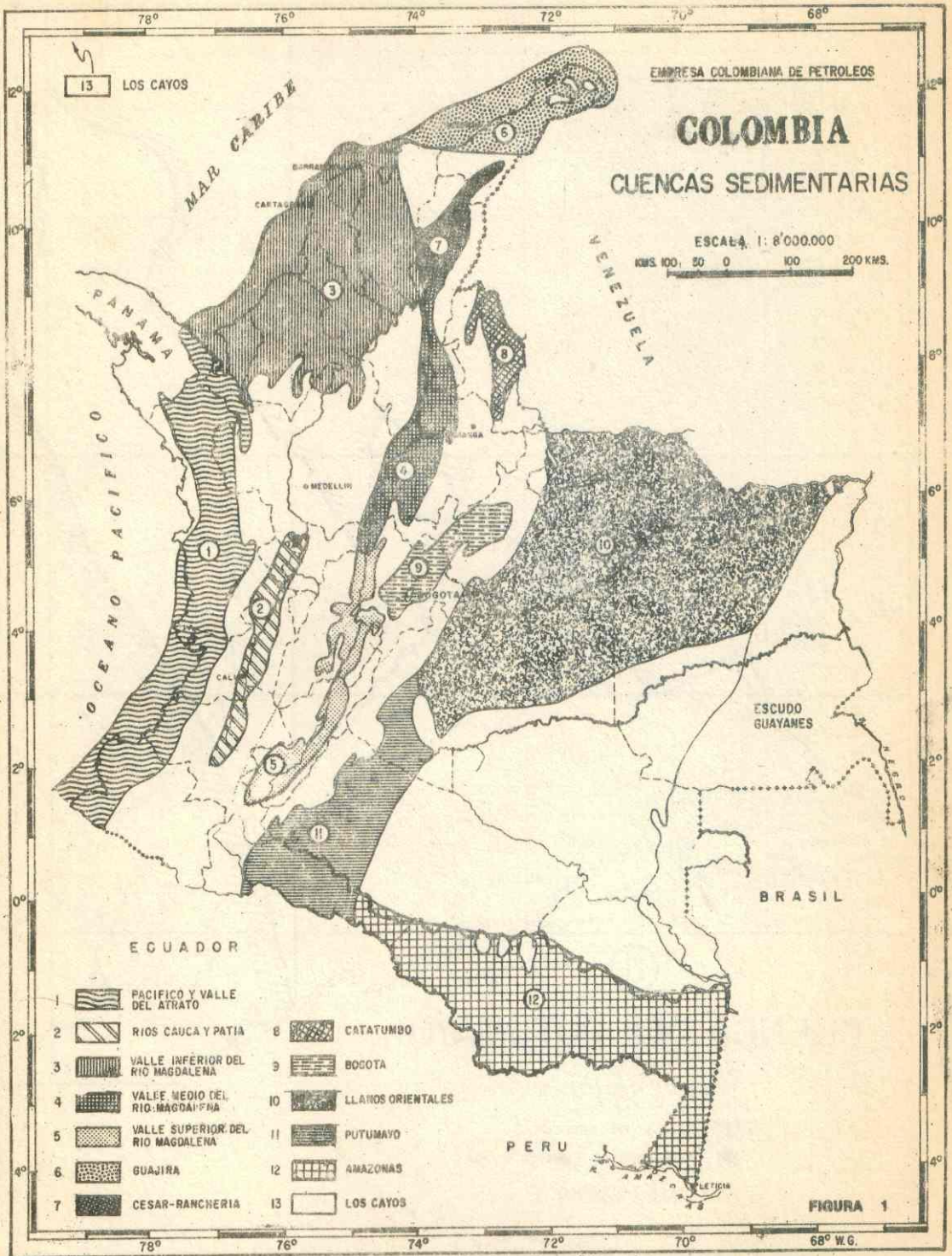
Tiene una extensión aproximada de 48.000 kms². Geológicamente está situada en la parte norte de la Fosa Subandina, la cual se extiende hacia el sur dentro de Ecuador y Perú (Figura 3).

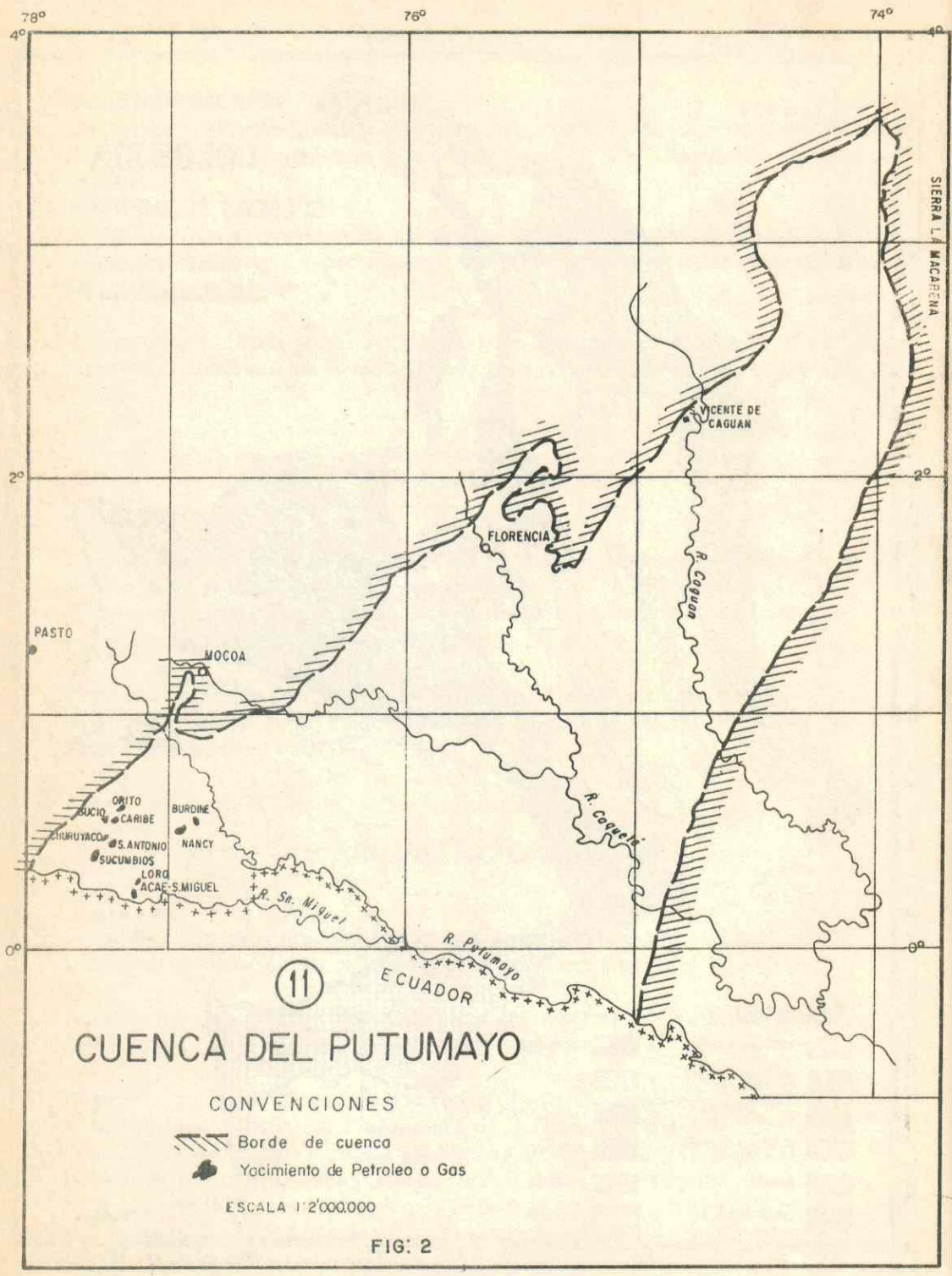
HISTORIA DE EXPLORACION

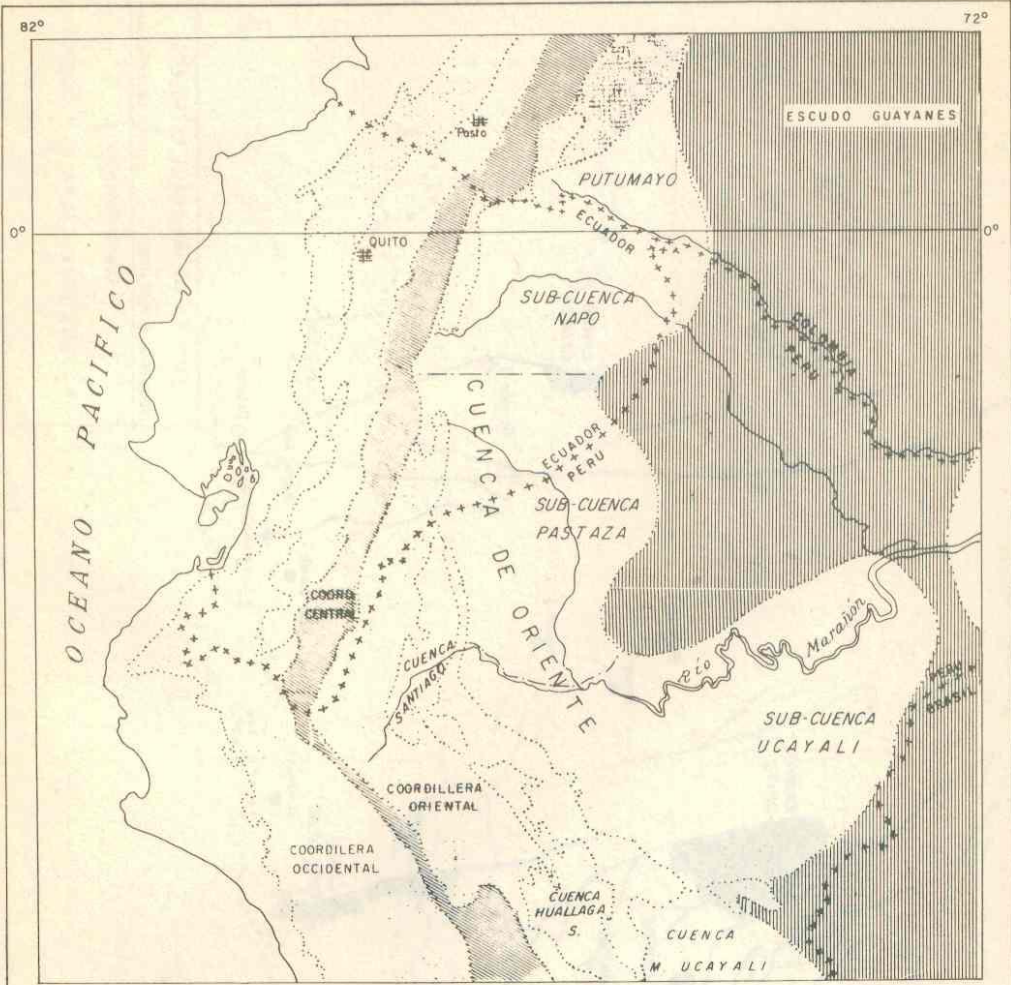
La exploración en el área del Putumayo, se inició en el año de 1941, con las actividades realizadas por la Texas Petroleum Company.

Durante los años 1948 y 1949 esta compañía perforó cuatro pozos hacia la parte noreste de la cuenca, con resultados negativos.

El primer yacimiento descubierto fue el de Orito, localizado aproximadamente 10 kms al este del Piedemonte de la Cordillera Oriental. (Figura 4). Con posterioridad a los estudios geológicos de superficie que comenzaron en 1944, la estructura fue delimitada por trabajos de geofísica y fue así como en 1963 se perforó el pozo descubridor Orito-1, del cual se obtuvo una producción inicial de 1411 BAPD de 37° API del intervalo 6145' - 6328' correspondiente a la Formación Caballos, de edad Cretáceo.



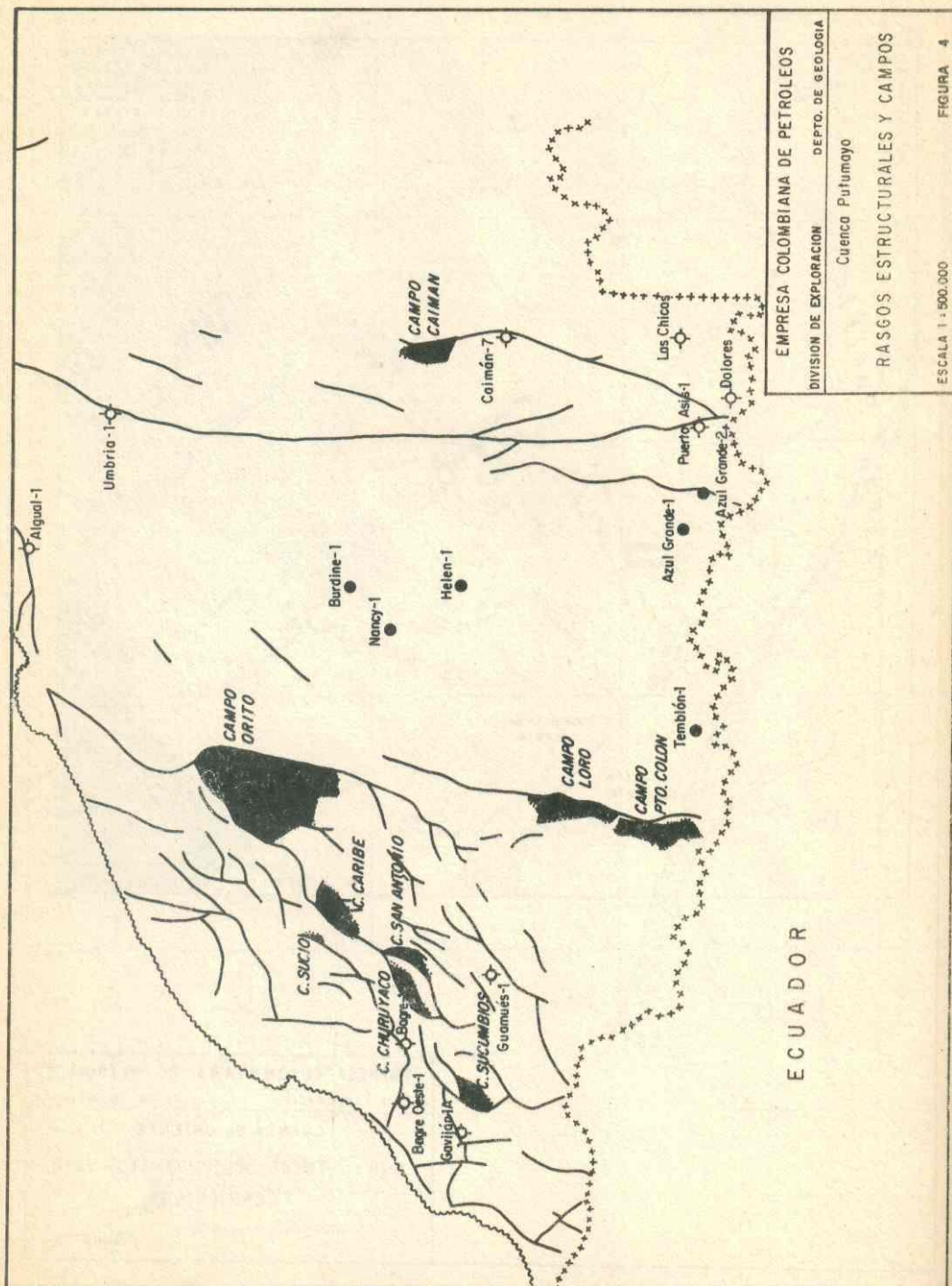




EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
 DIV. DE EXPLORACION DEPTO. DE GEOLOGIA

CUENCA DE ORIENTE
 SUB-CUENCAS DEL PUTUMAYO-NAPO
 Y CORRIENTES

FIGURA 3



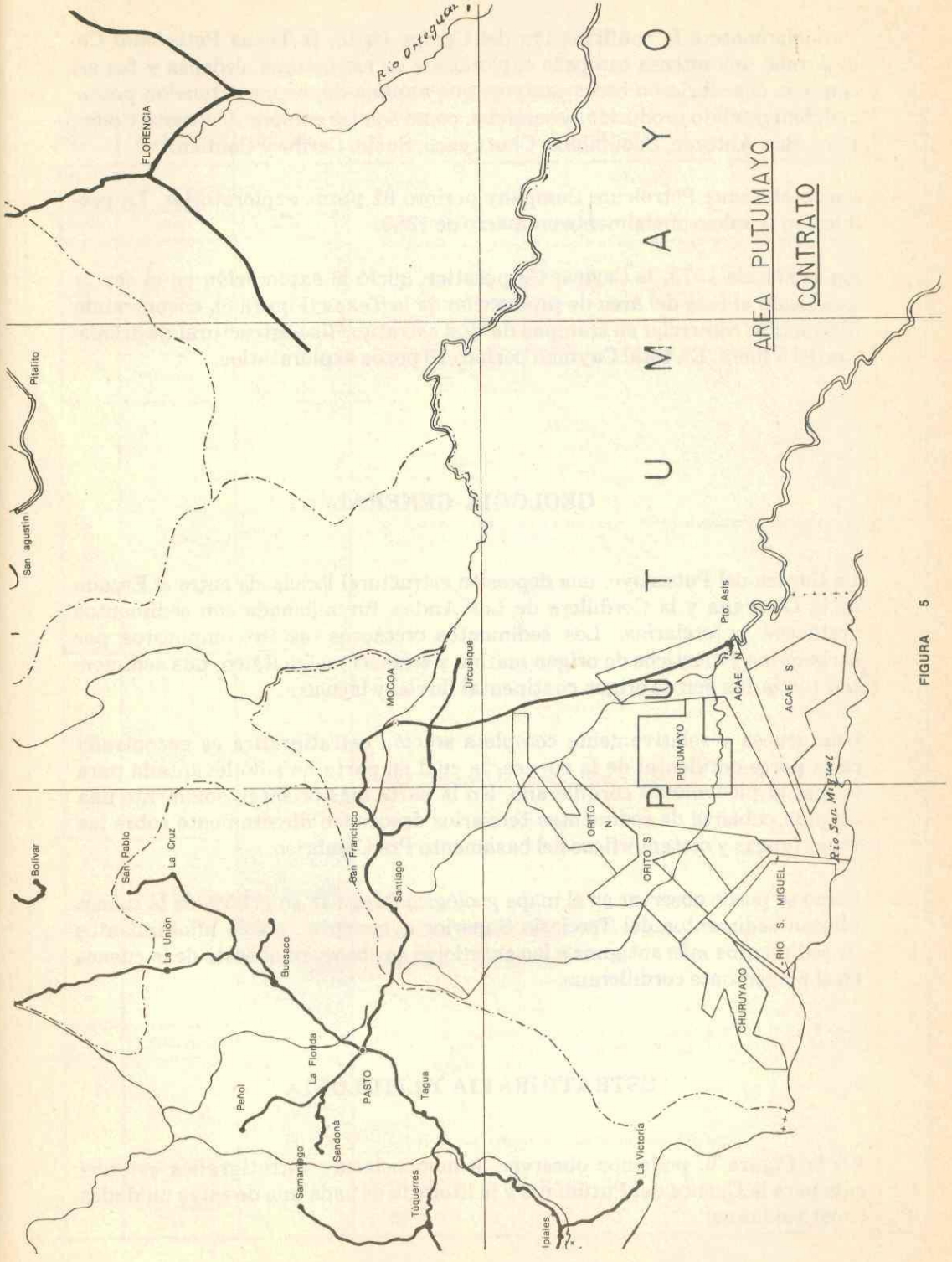


FIGURA 5

Paralelamente a la confirmación del Campo Orito, la Texas Petroleum Co. desarrolló una intensa campaña exploratoria en estructuras aledañas y fue así como se descubrieron otros campos, que aunque de menor extensión potencial, han rendido producción comercial, como son los campos de Puerto Colón, Loro, San Antonio, Sucumbíos, Churuyaco, Sucio, Caribe y Caimán.

En total Texas Petroleum Company perforó 62 pozos exploratorios. La producción se inició oficialmente en marzo de 1969.

En el año de 1973, la "Cayman Corporation" inició la exploración en el sector localizado al este del área de producción de la Texas (Figura 5), encontrando producción comercial en trampas de tipo estratigráfico-estructural de areniscas del Villeta. En total Cayman perforó 10 pozos exploratorios.

GEOLOGIA GENERAL

La Cuenca del Putumayo, una depresión estructural localizada entre el Escudo de la Guayana y la Cordillera de Los Andes, fue rellenada con sedimentos cretáceos y terciarios. Los sedimentos cretáceos están compuestos por carbonatos y clásticos de origen marino y transicional deltáico. Los sedimentos terciarios son de origen continental fluvial y lacustré.

Una gruesa y relativamente completa sección estratigráfica es encontrada en la parte occidental de la cuenca, la cual en parte ha sido levantada para formar el piedemonte cordillerano. En la parte más oriental, solamente una delgada cubierta de sedimentos terciarios descansan directamente sobre las rocas ígneas y metamórficas del basamento Pre-Cámbrico.

Como se puede observar en el mapa geológico (Mapa-1), en el 95% de la cuenca afloran sedimentos del Terciario Superior a reciente, y sólo afloramientos de sedimentos más antiguos a los anteriores se observan al oeste de la cuenca en el piedemonte cordillerano.

ESTRATIGRAFIA Y LITOLOGIA

En la Figura 6, podemos observar la nomenclatura estratigráfica establecida para la Cuenca del Putumayo y la litología de cada una de estas unidades constituidas así:

CUENCA DEL PUTUMAYO

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA

EDAD	FORMACION	LITOLOGIA	DESCRIPCION
Q	HOLOC.		Aluvi3n
	PLEIST.	CAIMAN	
Terciario	MIOC.	OSPINA	Areniscas, conglomeraados y arcillolitas abigarradas. Arcillolitas varicoloreadas y areniscas finas a conglomeráticas. Espesor Aprox. 400 m.
	OLIGOCENO	ORITO-BELEN	Arcillolitas varicoloreadas con frecuente yeso, laminaciones carbonosas e interestratificaciones de arenisca. Espesor Aproximado 1000 m.
		ORTEGUAZA	arcillolitas, limolitas y areniscas finas, ferruginosas y carbonosas. Espesor Aprox. 200 m.
	EOCENO	PEPINO	Conglomerado de chert y cuarzo con interestratificaciones de areniscas y arcillolitas. Espesor aprox. 1300 m.
	PALEOCENO	RUMIYACO	Arcillolitas y areniscas finas y rojizas. Espesor Aprox. 1500 m.
	CRETACEO	ALBINO-SANTONIANO	VILLETA
ALBI.		CABALLOS	Arenisca a conglomerática con intercalaciones de arcillolita. Espesos Aprox. 130 m. PROD.: CARIBE, CHURUYACO, LORO, ORIT3, PTO. COLON, SAN ANTONIO, SUCIO, SUCUMBIOS.
JURASICO	MOTEMA		Lutitas y arcillolitas rojas intruidas por rocas ácidas.
PRE-CAMBR.	BASAMENTO		Granitos, Granodioritas y Sienitas.

FIGURA 6

Pre-Cámbrico:

Constituida por rocas ígneas intrusivas de tipo granito-granodiorita y sienitas, pertenecientes al Escudo Guayanés.

Jura-Triásico:

Formación Motema: Consiste en una serie de areniscas arcósicas, arcillolitas y limolitas de colores rojo a púrpura, localmente metamorfoseadas bastante duras y depositadas en un ambiente continental.

Cretáceo:

Formación Caballos: Litológicamente constituida por una secuencia de areniscas con estratificación masiva, friables, de grano fino a grueso, en general de mala selección, localmente glauconíticas, intercaladas con delgadas capas de lutitas negras. Su espesor varía entre 60 y 200 m. Estas areniscas representan la iniciación de un ciclo transgresivo y fueron depositadas en un ambiente marino cercano a la costa.

Formación Villeta: Constituida por una serie de lutitas negras, con regular a buena fisibilidad, duras, localmente silíceas, intercaladas con horizontes de calizas grises a negras, generalmente arcillosas. Localmente se presentan pequeñas intercalaciones de areniscas lenticulares y glauconíticas hacia la base, parte media y tope de la formación. El espesor total de la unidad varía entre 300 y 500 m. Su origen es típicamente marino somero a profundo y de carácter regresivo regional, con cortos períodos transgresivos representados en la depositación de los horizontes arenosos.

Terciario:

Formación Rumiyo: Consiste de una serie monótona de arcillolitas y limolitas arenosas, rojas, grisáceas abigarradas de blanco y gris. Su espesor varía entre 100 y 1500 m. De acuerdo con su posición estratigráfica se le ha asignado una edad Paleocena. Fue depositada en un ambiente transicional y marca el cambio de las condiciones marinas del Cretáceo a las continentales del Terciario.

Formación Pepino: Litológicamente esta formación puede subdividirse en tres miembros así: El inferior conformado por un conglomerado de chert de colores negro, amarillo ocre, verde y rojo con clastos bastante redondeados.

que demuestran una alta madurez. La parte media, que está compuesta de arcillolitas y limolitas rojas y pardo rojizas. El miembro superior consiste de otro conglomerado con clastos de chert de variados colores, predominando en amarillo ocre y gris ahumado. Esta unidad fue depositada en un ambiente continental, de tipo fluvial y su espesor varía entre 400 y 1300 m y se le ha asignado una edad Eoceno.

Formación Ortegaaza: Conformada por lutitas gris claras y gris verdosas, con intercalaciones de arcillolitas, limolitas y areniscas finas ferruginosas, localmente pueden presentarse delgados mantos de lignito. Se le ha asignado edad Oligoceno Inferior y su espesor varía entre 50 y 200 m. Fue depositada en un ambiente continental, con sedimentación de tipo paludal.

Formaciones Orito-Belén: Constituida por una secuencia de arcillolitas y limolitas de colores gris verdoso abigarrado de rojo y pardo amarillo, con frecuente yeso interestratificado e incluido. Ocasionalmente se presentan intercalaciones de areniscas de grano fino con laminaciones carbonosas. Se le asigna una edad Oligoceno Medio y Superior, con espesor que varía entre los 500 y 1000 m, depositada en un ambiente continental de tipo paludal-lacustarino.

Formación Ospina: Conformada por arcillolitas abigarradas de rojo y color ante, arenosas, interestratificadas con areniscas arcillosas, friables, localmente conglomeráticas con algo de yeso. Su espesor varía entre 200 y 600 m y se le ha asignado una edad Mioceno. Estos sedimentos fueron depositados en un ambiente continental de tipo lacustre.

Formación Cayman: Litológicamente constituida por areniscas tipo «sal y pimienta», conglomerados y arcillolitas abigarradas. Su espesor varía entre 0 y 200 m, se le ha asignado a esta unidad una edad Plioceno la cual fue depositada, en un ambiente típicamente continental.

Cuaternario: Conformado por depósitos de tipo aluvión y terrazas, litológicamente compuesta por conglomerados con fragmentos de rocas ígneas y metamórficas en matriz areno-arcillosa.

TECTONICA Y EVOLUCION

La Cuenca del Putumayo, es una cuenca estructural de edad Terciaria, de

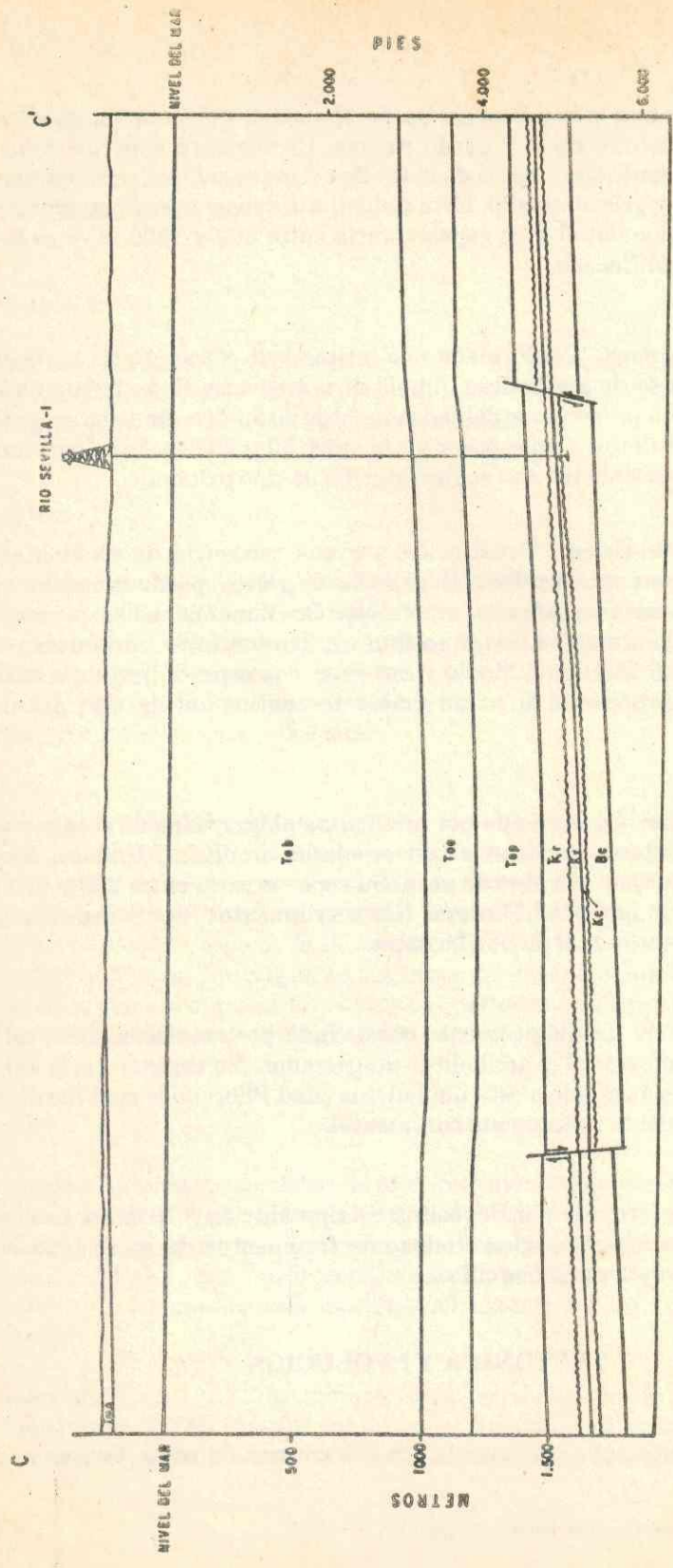


FIGURA 7

D

D'

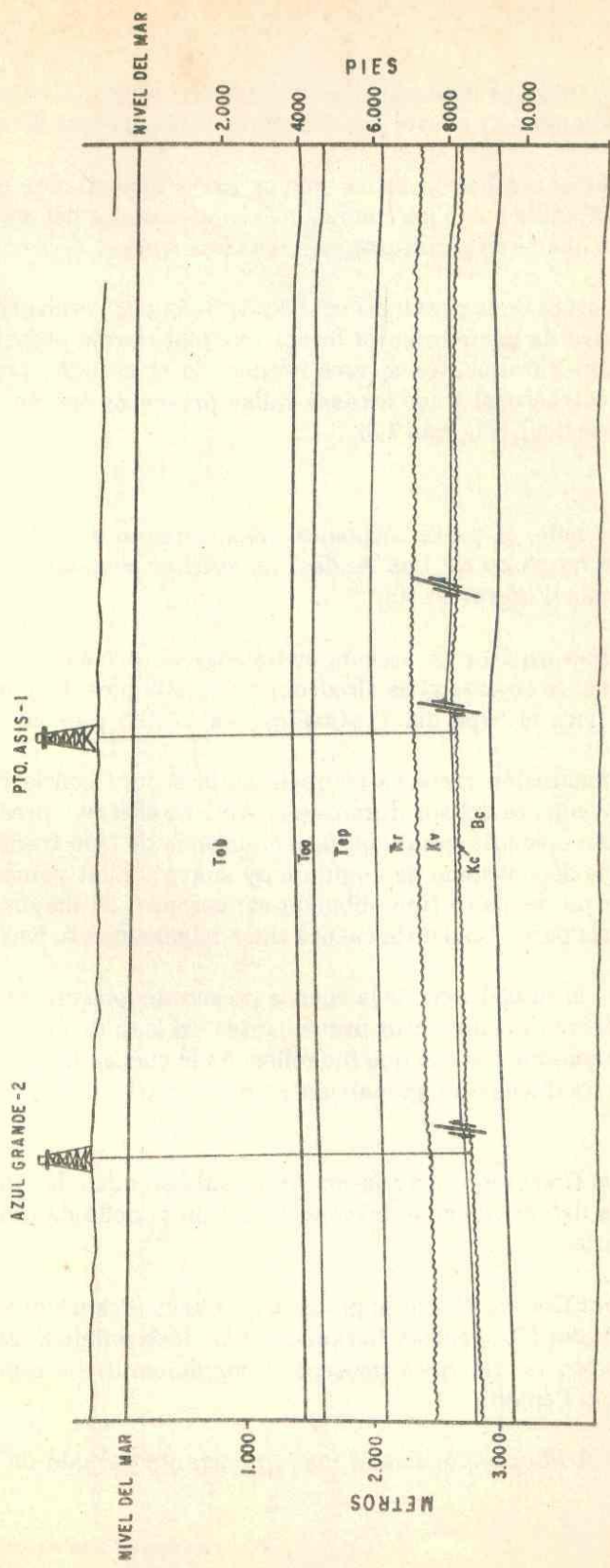


FIGURA 8

tipo pericratónico limitada al oeste y noroeste por la Cordillera de Los Andes (Faja Subandina) y al este por el Escudo de la Guayana (Cratón).

Los sedimentos fueron en su mayor parte depositados en una plataforma que se extendía entre las condiciones continentales del escudo a las marinas a geosinclinales en el cinturón móvil de Los Andes.

La estructura de la provincia está controlada por los elementos estructurales adyacentes: la parte oriental forma una plataforma esencialmente no deformada, con buzamientos suaves bordeando el escudo, presenta poco movimiento estructural y las escasas fallas presentes son de pequeño desplazamiento vertical. (Figuras 7-8).

Por otro lado, la parte occidental posiblemente debido a su proximidad al cinturón orogénico de Los Andes, ha sufrido plegamiento y fallamiento en gran escala (Figuras 9 - 10).

El máximo espesor de sección sedimentaria, o máxima profundidad hasta el basamento comercial es alrededor de 11.500 pies. El punto más bajo establecido para el tope del Pre-Cretáceo es 11.393 pies en el pozo Umbría-1.

La sedimentación cretácea se inicia en la cuenca con la transgresión de un mar proveniente del sur durante el Aptiano-albiano, presentándose una depositación epicontinental con facies marinas de tipo transgresivo sobre una superficie deposicional de ángulo muy suave y relativamente estable, dando origen a un depósito tipo «blanket-sandstone». El mayor desarrollo se presenta en la parte axial de la cuenca con adelgazamiento hacia el este.

Continúa la subsidencia de la cuenca presentándose una rápida y voluminosa depositación de sedimentos provenientes del Escudo Guayanés. La gran cantidad de sedimentos con que fue rellenada la cuenca hizo retroceder las líneas de costa produciendo regionalmente un sistema de depositación de tipo regresivo.

Al fin del Cretáceo ocurre la orogénesis subhercínica, la cual hace que el mar retroceda definitivamente, iniciándose así un período de progradación durante el Terciario.

Durante el Eoceno Medio se produce un nuevo levantamiento de la cordillera de Los Andes (Orogénesis Larámica), viéndose reflejada en la cuenca por la depositación de clásticos gruesos y conglomeráticos representados por la Formación Pepino.

Durante el Mioceno ocurre el más importante período de levantamiento de

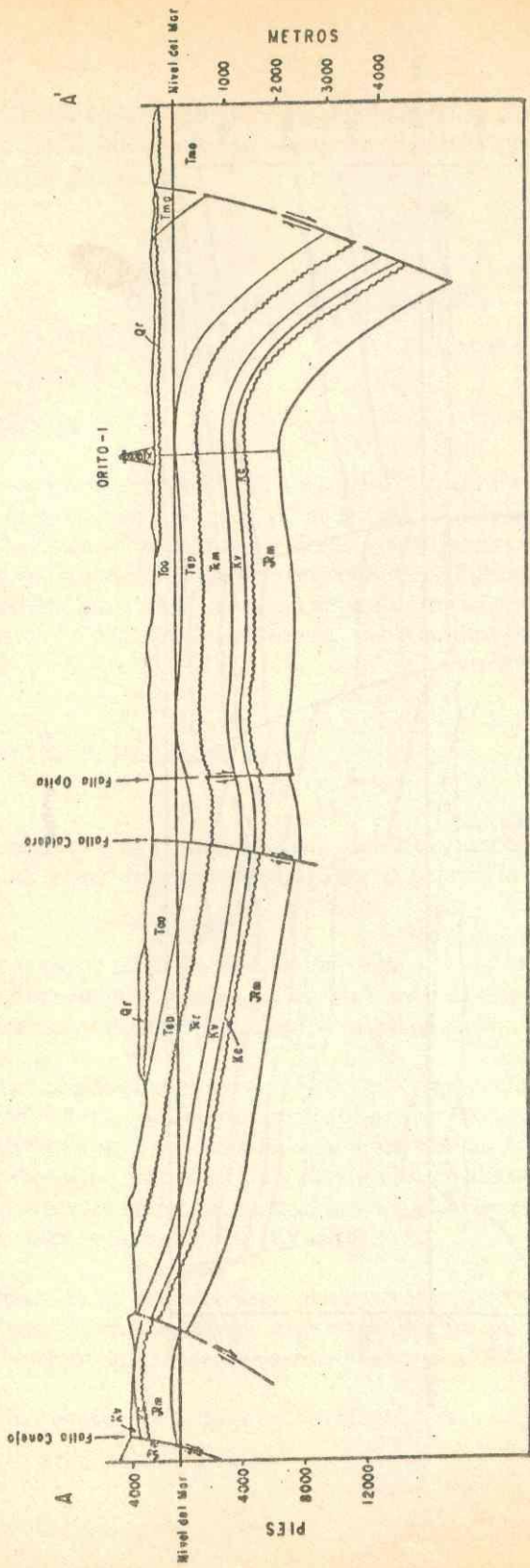


FIGURA 9

B

B'

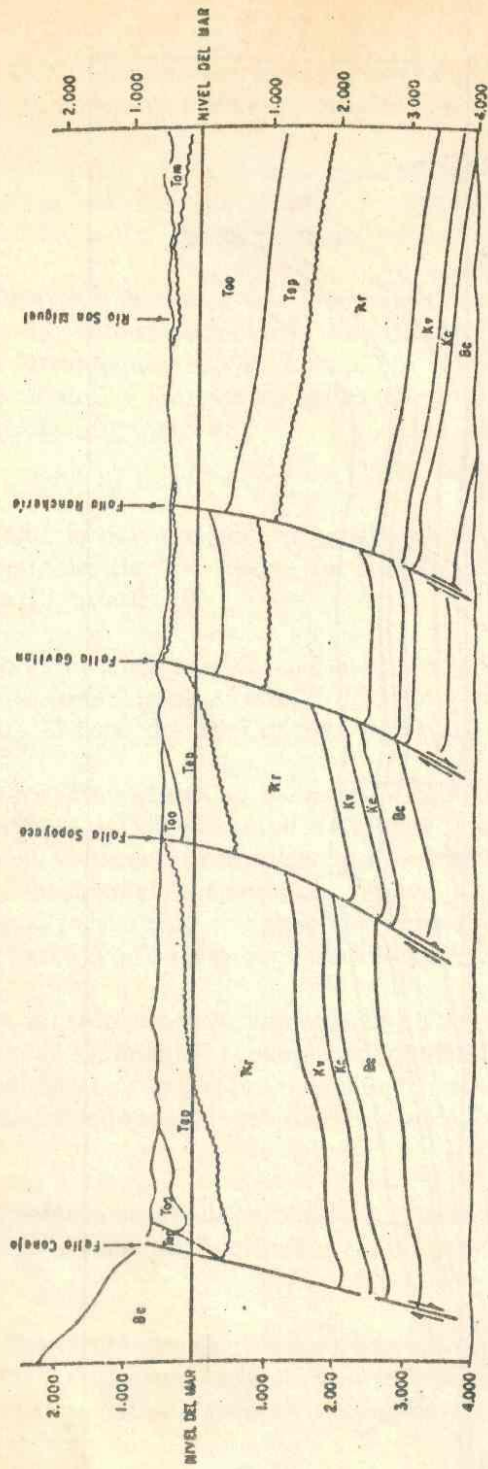


FIGURA 10

la cordillera (Orogénesis Andina), produciendo denudación de las partes altas que resulta en la depositación de secuencias clásticas de relleno de canales y depósitos de pie de monte.

GEOLOGIA DEL PETROLEO

A. Formaciones productoras

Las formaciones productoras en el área del Putumayo y sus características eléctricas se muestran en la Figura 11, en la cual se observa que los horizontes arenosos de la Formación Caballos y Formación Villetas (Arenas N, V y T) así como el conglomerado del Miembro Superior de la Formación Pepino (Zonas X, Y y Z) son los intervalos que han rendido producción comercial. La Figura 12, muestra la distribución de arenas del Miembro Superior de la Formación Pepino.

B. Características de los yacimientos

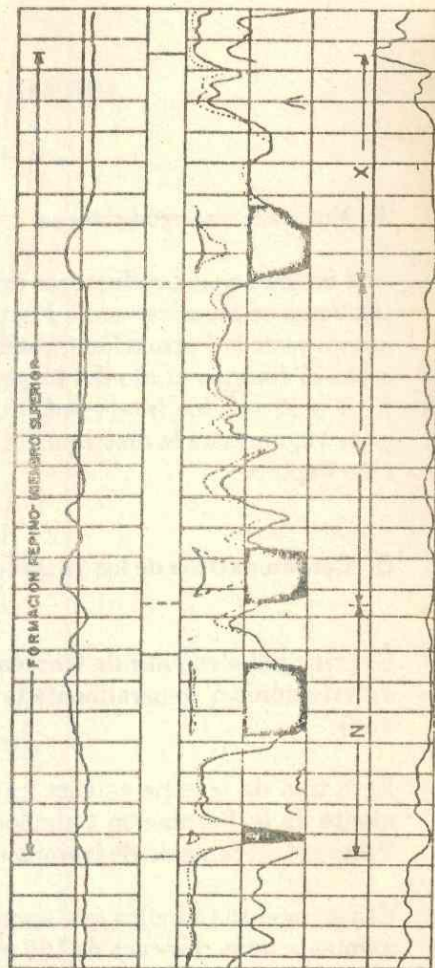
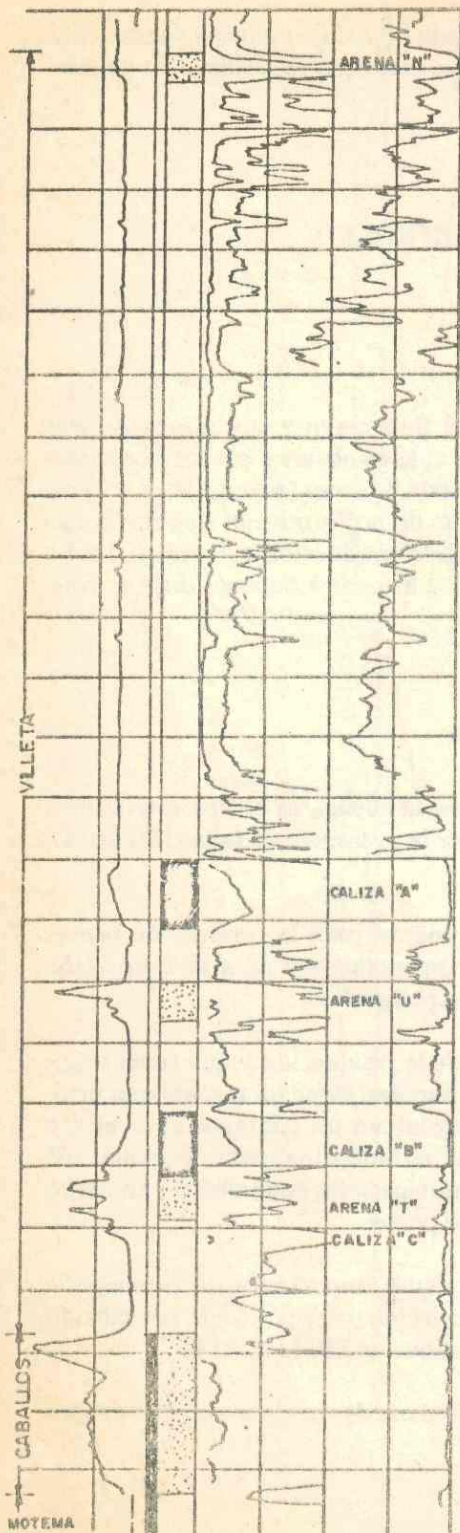
El principal elemento de trampa presente en la cuenca es el tipo estructural o cierre dómico, generalmente favorecido por la presencia de fallas (Figura 13 a 16)

Este tipo de trampa estructural es el dominante para la producción proveniente de la Formación Caballos y Pepino mientras que para la Formación Villeta el mecanismo de trampa es de tipo estratigráfico.

El yacimiento Caballos que aporta el 86% de la producción y que tenía originalmente unas reservas de 160 millones de barriles, tiene un mecanismo principal de producción un empuje activo de agua con un contacto agua-aceite inclinado en dirección norte-sur, siguiendo el hidrodinamismo regional. El avance de agua ocurre en forma vertical lo que permite controlar de un modo relativamente fácil la invasión de agua en los pozos.

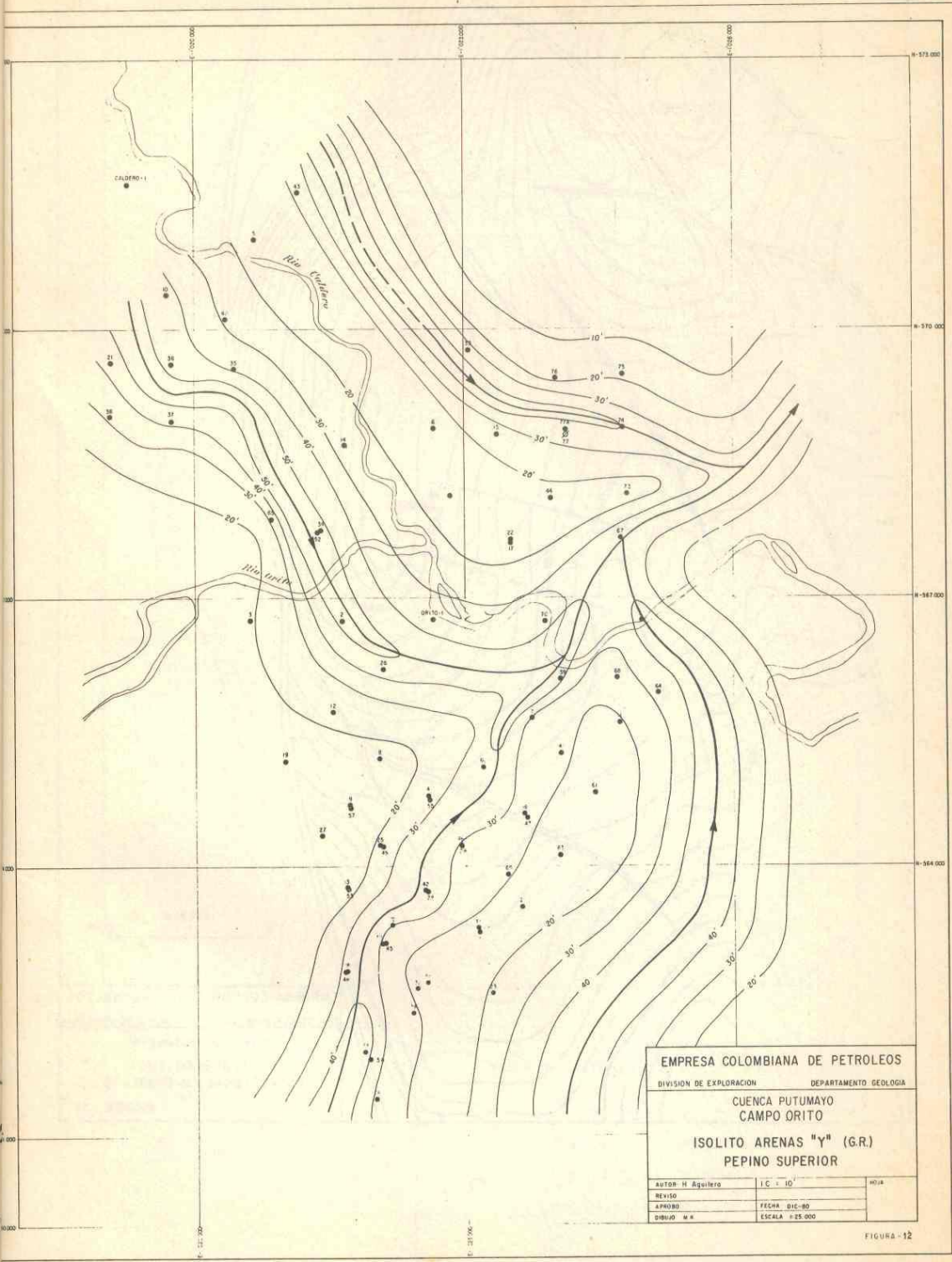
Este yacimiento tiene además otro mecanismo importante de producción como es la expansión de una capa de gas constituida principalmente por bióxido de carbono (77%) con unas reservas aproximadas de 126 MMMPC.

Los demás yacimientos (14% de la producción) obedecen al mecanismo de gas en solución.



EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
 DIVISION DE EXPLORACION DEPTO. DE GEOLOGIA
 CUENCA DEL PUTUMAYO
 CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE FORMACIONES PRODUCTORAS

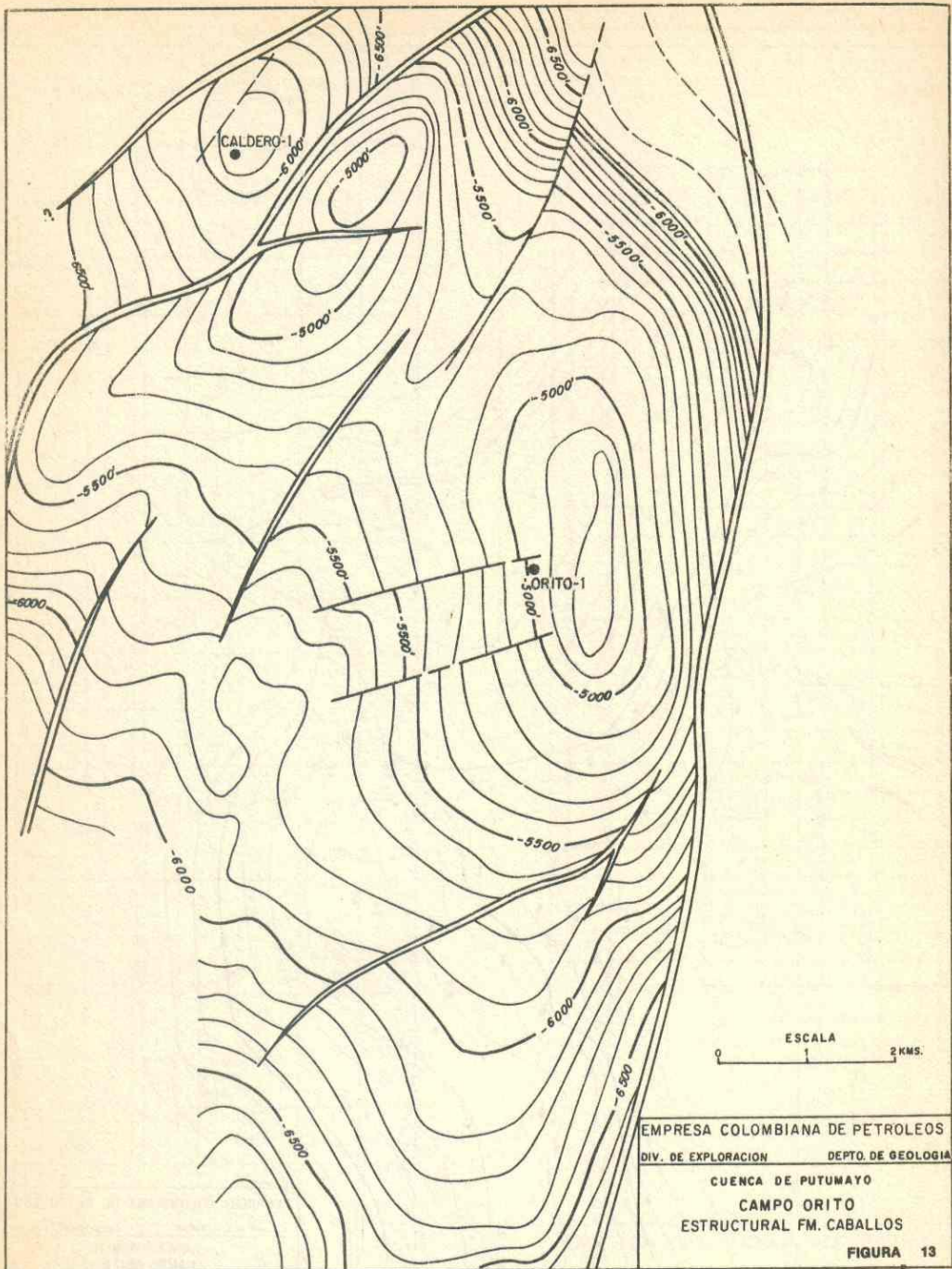
FIG. II



EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
 DIVISION DE EXPLORACION DEPARTAMENTO GEOLOGIA
 CUENCA PUTUMAYO
 CAMPO ORITO
 ISOLITO ARENAS "Y" (G.R.)
 PEPINO SUPERIOR

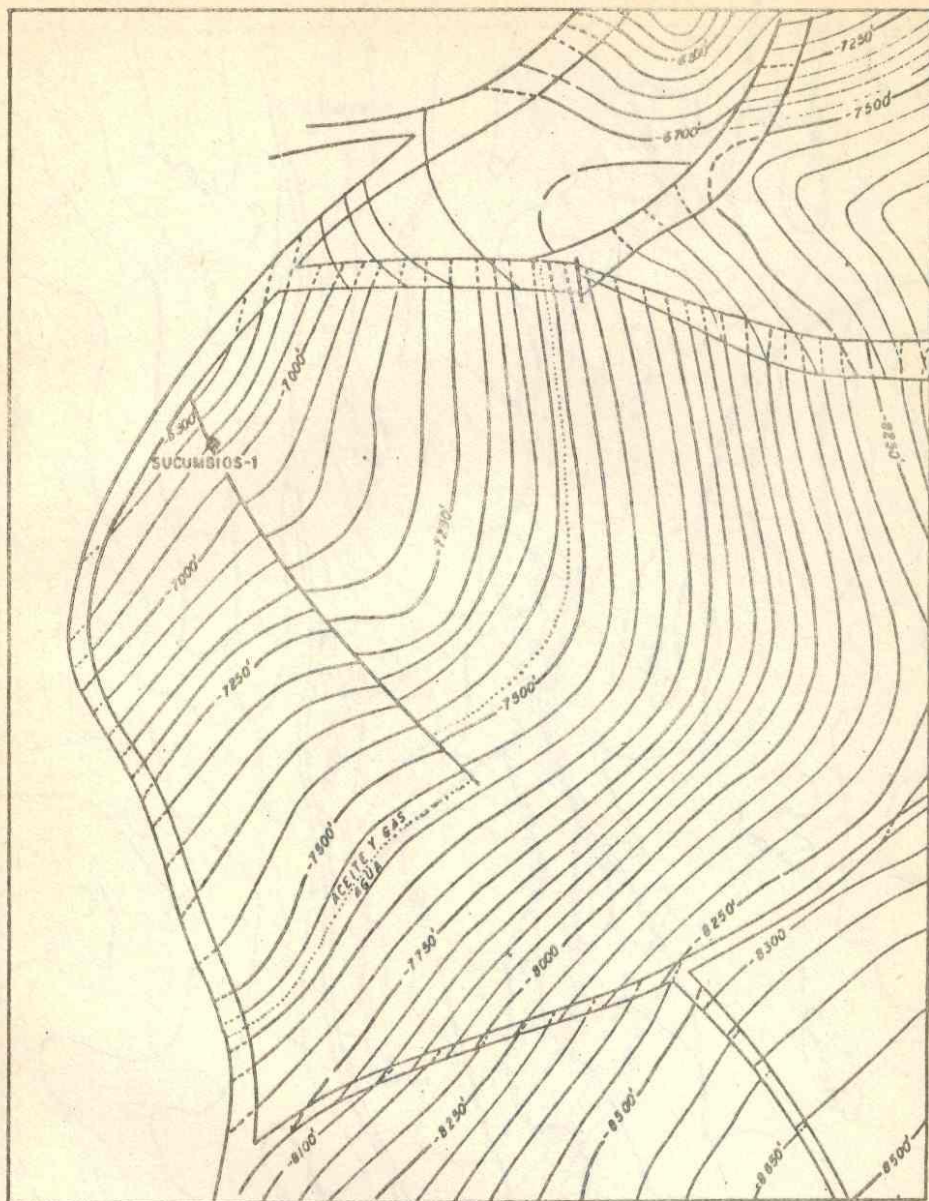
AUTOR H. Aguilera	1:50,000	NOVA
REVISO		
APROBADO	FECHA DIC-80	
DIBUJO M. R.	ESCALA 1:25,000	

FIGURA - 12



ESCALA
 0 1 2 KMS.

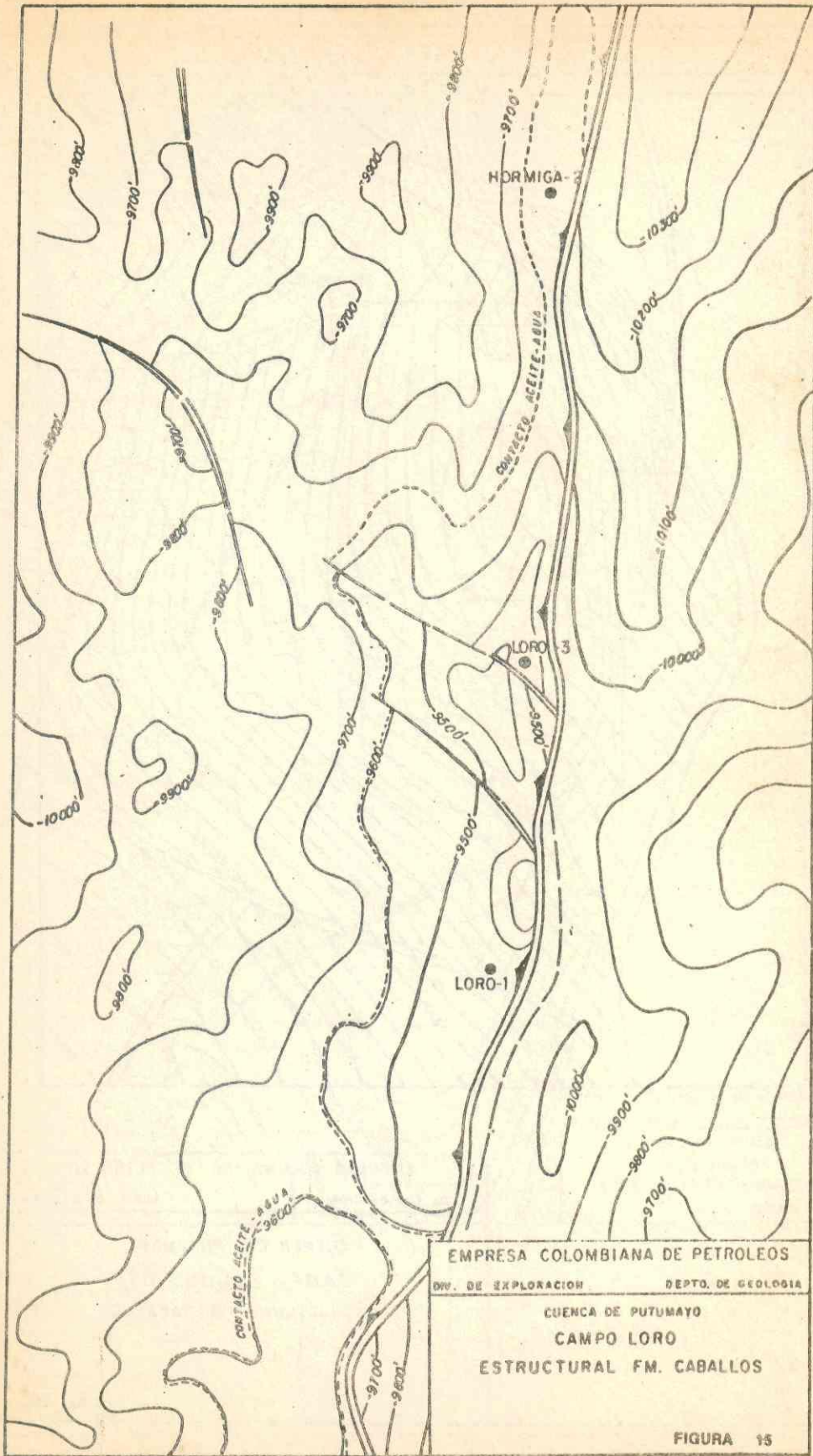
EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
 DIV. DE EXPLORACION DEPTO. DE GEOLOGIA
 CUENCA DE PUTUMAYO
 CAMPO ORITO
 ESTRUCTURAL FM. CABALLOS
 FIGURA 13



EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
 DIV. DE EXPLORACION DEPTO. DE GEOLOGIA

CUENCA DEL PUTUMAYO
 CAMPO SUCUMBIOS
 ESTRUCTURAL FM CABALLOS

FIGURA 14



EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS

DIV. DE EXPLORACION

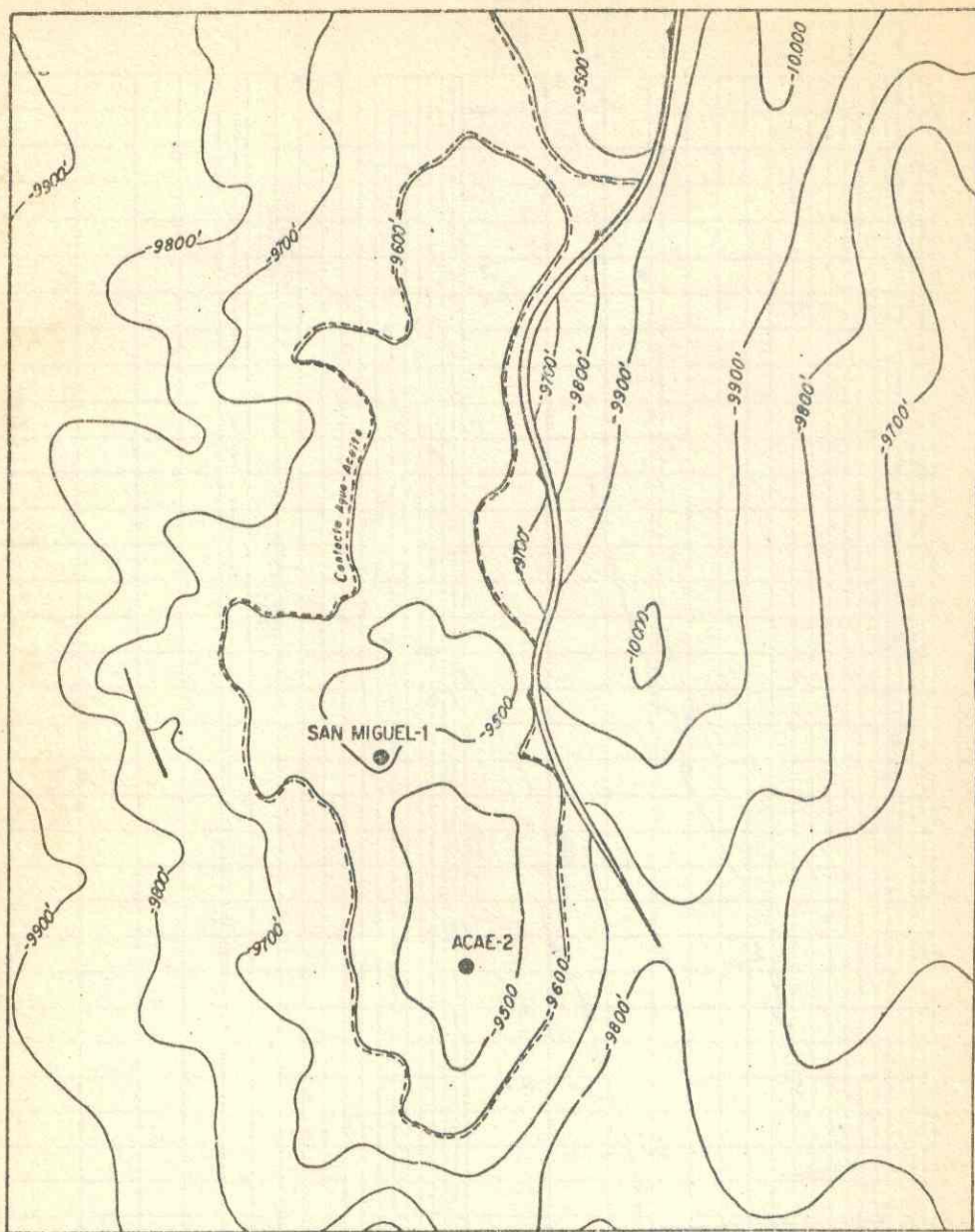
DEPTO. DE GEOLOGIA

CUENCA DE PUTUMAYO

CAMPO LORO

ESTRUCTURAL FM. CABALLOS

FIGURA 15



EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS
 DIV. DE EXPLORACION DEPTO. DE GEOLOGIA

CUENCA DEL PUTUMAYO
 SUR CAMPO PTO. COLON - LORO
 ESTRUCTURAL FM CABALLOS

FIGURA 16

PRODUCCION DE CRUDO
PETROTEXAS

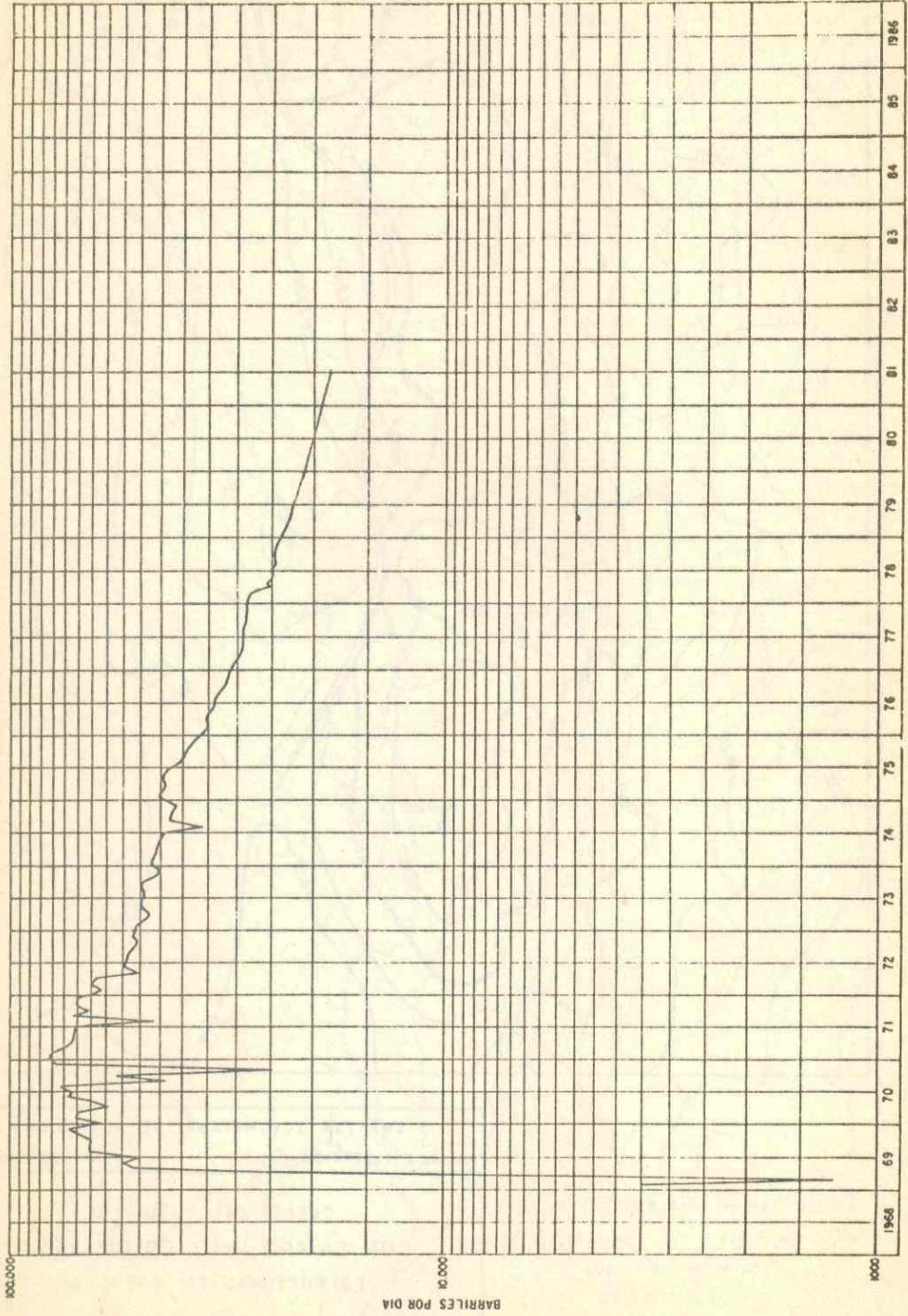


FIGURA 17

OLEODUCTO TRASANDINO COLOMBIA

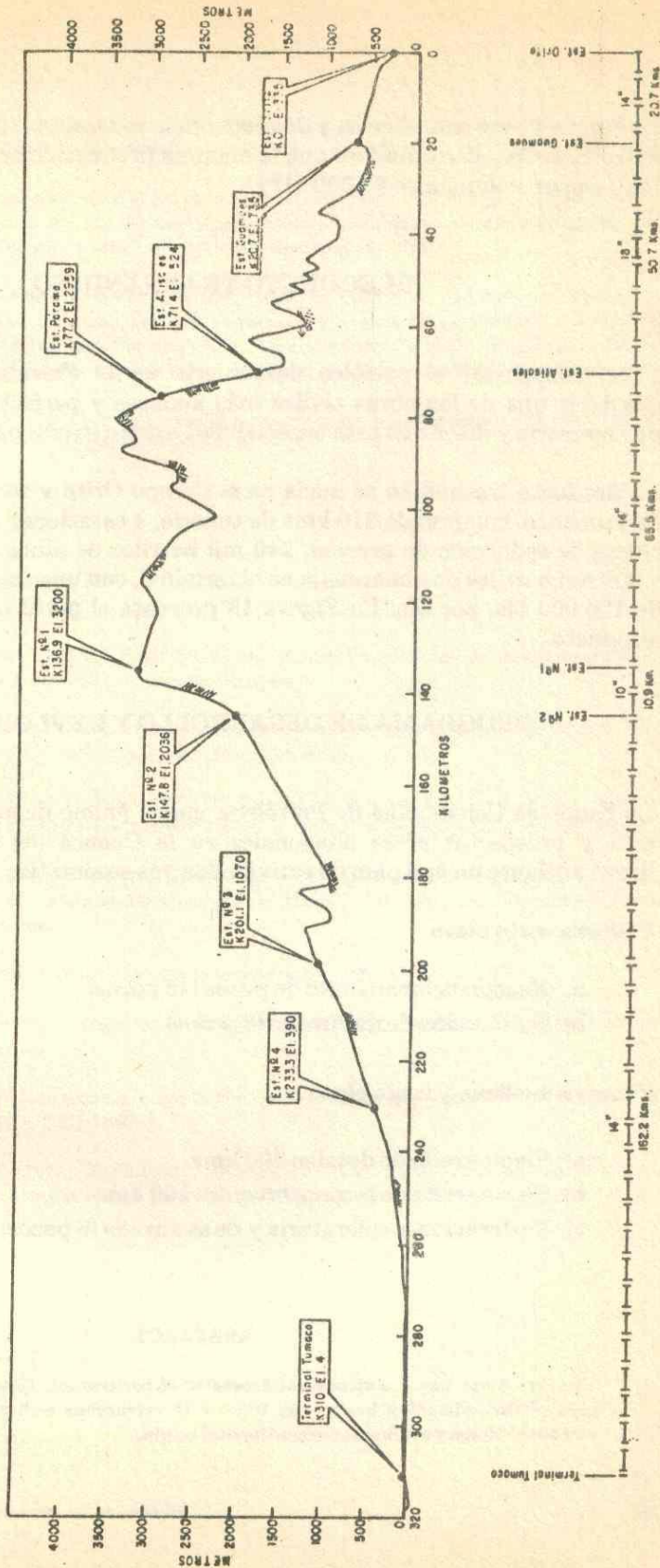


FIGURA 16

La Figura 17 presenta la curva de producción de crudo producido por la Texas Petroleum Co., observándose que la máxima producción se obtuvo en julio de 1970 con un volumen de 82.000 BPD.

OLEODUCTO TRANSANDINO

Para transportar el petróleo descubierto en el Putumayo fue necesario construir una de las obras civiles más audaces y perfectas que en materia de ingeniería y diseño de esta especialidad existen en esta parte del continente.

El oleoducto trasandino se inicia en el Campo Orito y termina en el Puerto de Tumanco. comprende 310 kms de tubería, 4 estaciones de bombeo, 4 estaciones de reducción de presión, 240 mil barriles de almacenaje en el campo y 900 mil barriles de almacenaje en el terminal, con una capacidad de bombeo de 120.000 bls. por día. La Figura 18 presenta el perfil topográfico de este oleoducto.

PROGRAMA DE DESARROLLO Y EXPLORACION

La Empresa Colombiana de Petróleos, con el ánimo de aumentar la producción y prospectar áreas adicionales en la Cuenca del Putumayo, espera llevar adelante un ágil plan de actividades que se sintetiza así:

Planes a corto plazo

- a. Reacondicionamiento de pozos (45 pozos)
- b) Perforación de desarrollo (8 pozos)

Planes a mediano y largo plazo

- a) Sismografía de detalle: 300 kms.
- b) Sismografía de reconocimiento: 100 kms.
- c) Perforación exploratoria y de avanzada (6 pozos)

ABSTRACT

The Putumayo basin, a structural depression of pericratonic type, located on the north part of the subandian basin, was filled with cretaceous sediments of marine origin and with Tertiary sediments of continental origin.

These rocks are underlain on the western section of the basin by metamorphosed Jurassic sediments while on the east they are underlain by igneous rocks of Precambrian age.

From a structural stand point the basin can be divide into two provinces: A folded and faulted zone, located to the west against the Colombian Andes, and a relatively flat and stable zone located to the east, opposite the Guayana shield.

In the Putumayo basin are present hydrocarbon source and reservoir rocks, in both the Cretaceous and the Tertiary sequences. Commercial production of hydrocarbons has been obtained from the cretaceous (Caballos-Villeta) and Tertiary (Pepino) formations from traps of dominantly structural type, and in a lesser extent of the stratigraphic type.

From march 1969 when commercial production began to december 31 1980, 186'036.965 barrels of crude oil have been produced.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, Hernando (1980). Posibilidades de desarrollo adicional de la Formación Pepino en el Campo Orito. Informe Inédito, Ecopetrol.
- BUENO R. VALDERRANA, R. y CACERES, H. (1975). Geología de los alrededores de Mocoa, Intendencia del Putumayo. Informe Inédito, Ecopetrol.
- CAMPBELL, C.J., (1970). Guide book to the Puerto Napo Area, Eastern Ecuador, with notes on Regional Geology the Oriente Basin. Ecuadorian Society of Petroleum Geologists.
- FAUCHERT, B., SAVOYAT, E. (1973). Esquema Geológico de Los Andes Ecuatorianos. Federación de Estudiantes de Geología de Minas y Petróleos del Ecuador. Traducción de Stalin Benítez.
- FRANCO, Alvaro, (1967). Orito Petroleo Interamericano. Año 25 No. 9, p.23-34.
- GEOTEC (1972). Informe Fotogeológico de los sectores de La Macarena Caquetá y Putumayo. Informe Inédito.
- TSCHOPP, H.J., (1953) Oil Exploration in the Oriente of Ecuador, 1938-1950. A.A.P.G., Bull, Vol. 37 No. 10 p. 2303-2347.
- VALDERRAMA, R. (1975). Evolución Geológica de la Cuenca del Putumayo y sus implicaciones en los atrapamientos petrolíferos del Campo Nancy-Burdine. Informe Inédito, Ecopetrol.

(Originales recibidos en septiembre de 1981)