



CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 LOCALIZACION	2
1.3 OBJETIVOS	2
2. ESTUDIOS DE RIESGOS GEOLOGICOS	3
3. SITUACION GEOLOGICA	4
4. AMENAZAS POR REMOCION EN MASA	10
5. DINAMICA FLUVIAL, ANALISIS HIDROLOGICO DE CAUDALES Y ANALISIS HIDRAULICO	19
5.1 DINAMICA FLUVIAL	19
5.2 ANALISIS HIDROLOGICO DE CAUDALES	21
5.3 ANALISIS HIDRAULICO	21
6. CONSIDERACIONES SOBRE LA LOCALIZACION DE LA CONDUCCION DEL ACUEDUCTO	22



VISITA TÉCNICA AL MUNICIPIO DE YOPAL-POZO PAUTO I

1. INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

La Subgerencia del Medio Ambiente del Inderena, mediante oficio del 4 de mayo del año en curso, solicitó al INGEOMINAS un concepto técnico en el cual se confirme o no la existencia de estudios de riesgos geológicos realizados por el INGEOMINAS a lo largo de la cuenca del río Cravo Sur incluyendo la ciudad de Yopal y la asignación de especialistas para evaluar el sector donde se encuentra ubicado el Pozo Pauto I. de la Empresa British Petroleum Exploration (B.P.).

Con este antecedente, el INGEOMINAS designó al Ingeniero Geotecnista Carlos Forero Dueñas y al Geólogo Pablo Enrique Caro Peña, para que se desplazaran el día 6 de mayo del año en curso, al sector de interés en compañía de funcionarios del HIMAT, Inderena, Ministerio de Salud, Procuraduría y B.P. A continuación se presentan las conclusiones de las observaciones y análisis ejecutados.

1.2 LOCALIZACION

El Pozo Pauto I. se encuentra localizado dentro de la cuenca del río Cravo Sur, en el flanco izquierdo de su cuenca, a unos 7 Km al NW del casco urbano de Yopal (ver foto 1).

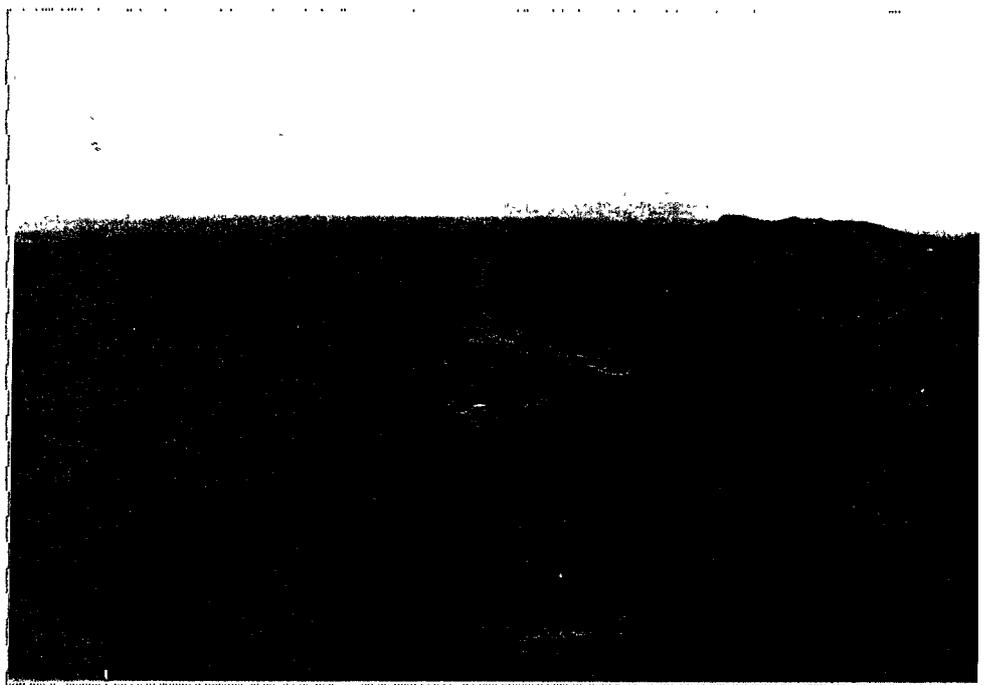


Foto 1. Panorámica de Yopal y cuenca del río Cravo Sur. 1). Yopal 2). Pozo Pauto I. 3). Formación Caja 4). Formación Diablo. 5) Niveles de Terrazas Intermontanos.

1.3 OBJETIVOS

De acuerdo a lo solicitado por el Inderena, los objetivos de este concepto comprenden:

- a). Confirmar o nó los estudios de riesgos geológicos realizados por el INGEOMINAS.



- b). Determinar la unidad geológica donde se encuentra ubicada la boca del Pozo Pauto I.
- c). Hacer una evaluación preliminar de los fenómenos de remoción en masa, ubicados aguas arriba del sector donde se encuentra localizado el pozo.
- d). La amenaza que presenta el río para el Pozo Pauto I y para el casco urbano de Yopal.
- e). Consideraciones sobre la localización de la conducción del acueducto.

2. ESTUDIOS DE RIESGOS GEOLOGICOS

El INGEOMINAS hasta el presente no ha adelantado ni los mapas de amenazas de riesgos geológicos a lo largo de la cuenca del río Cravo Sur, ni para el casco urbano de Yopal. El Instituto hizo la propuesta técnica y económica de estos estudios a la Intendencia de Casanare a finales del año 1990, pero hasta el momento no se han concretado.

El mapa fotogeológico de la plancha 193 - Yopal elaborado en el INGEOMINAS por Renzoni en 1985 a escala 1:100.000, se encuentra en proceso de publicación. En esta plancha se delimitan las principales unidades estratigráficas, y las estructuras dentro de las cuencas de los ríos Cravo Sur y Tocaría, en forma preliminar, con poca comprobación de campo; la plancha tiene un enfoque estratigráfico y estructural, y no contempla los fenómenos de remoción en masa y erosión.



3. SITUACION GEOLOGICA

El mapa fotogeológico y la descripción geológica básica que se anexa al presente informe (plancha 1) fue tomado de Renzoni (1985) y ampliado a escala 1:25.000 con ayuda de fotografías aéreas correspondientes a los vuelos B-105 de 1937, M-545 de 1959, C-1873 de 1979 y C-2325 de 1988; (proporcionados por B.P.); las fotografías correspondientes a estos vuelos fueron de gran utilidad para delimitar los depósitos cuaternarios y en especial los niveles de terrazas que se encuentran dentro de la unidad diferenciada por Renzoni como "Terrazas Intermontanas (Qtr)".

El área que se presenta en el mapa fotogeológico corresponde a una estructura sinclinal fallada a lo largo de su eje; dentro de esta estructura afloran las siguientes unidades:

Formación San Fernando (Tisf). Es la unidad más antigua que aflora dentro del área del mapa fotogeológico; está constituida por arcillolitas y limolitas de color marrón con intercalaciones de delgados niveles de areniscas (ver foto 2 y mapa fotogeológico).

Formación Diablo. Es la unidad que suprayace a la Formación San Fernando, se ha dividido en dos conjuntos: el inferior denominado Tmd1-2 el cual consta de alterancias de areniscas friables y lodolitas de color marrón (ver foto 1).

El conjunto superior se ha denominado Tmd3, está constituida por gruesos paquetes de areniscas conglomeráticas friables con intercalaciones de delgadas capas de lodolitas marrón rojizas (ver foto 3). Este conjunto aflora muy bien por la orilla izquierda del río Cravo Sur, a unos 100 m aguas arriba del Pozo Pauto I y en la excavación para la instalación del taladro; allí se observó en contacto discordante con el nivel de terrazas Qt3 (ver foto 4).

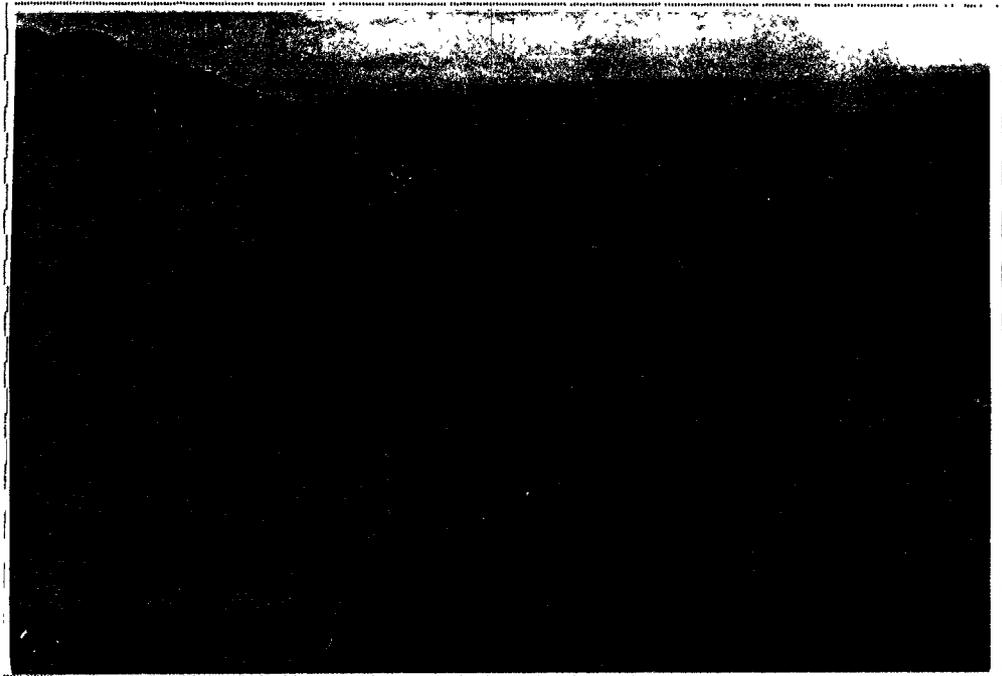


Foto 2. Expresión morfológica de la Formación San Fernando de composición predominantemente arcillosa. NW de Yopal.

Formación Caja (Tmc). Conformar la parte central del sinclinal fallado (ver foto 1). Es predominantemente arcillosa con intercalaciones de niveles arenosos conglomeráticos muy friables.



Foto 3. Litología de la Formación Diablo, bancos potentes (2.0 m) de areniscas con delgadas intercalaciones de lodolitas marrón. Foto tomada a unos 100 m. aguas arriba del Pozo Pauto I, por la margen izquierda del río.

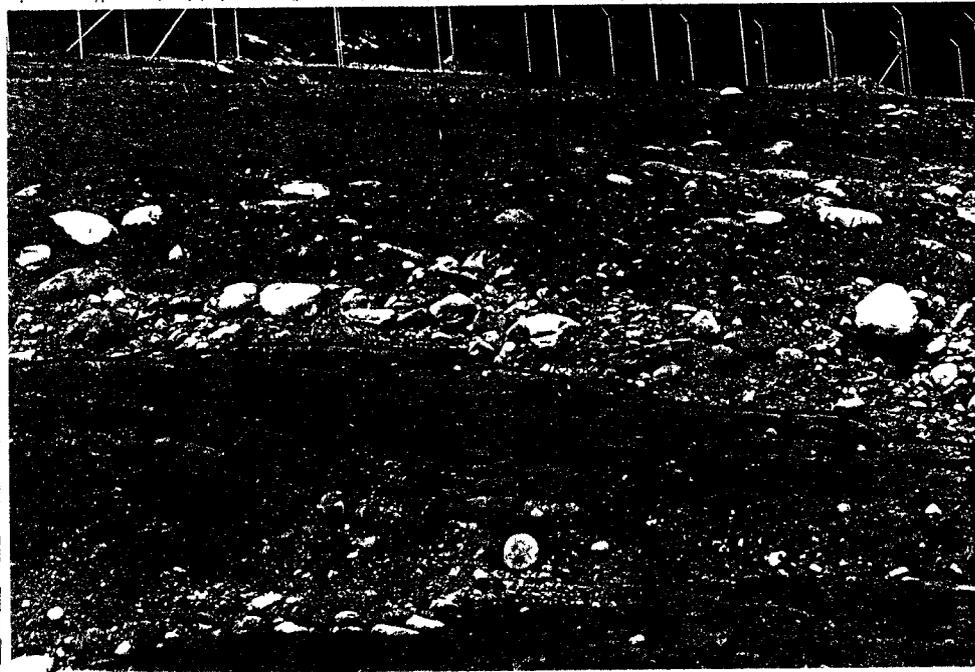


Foto 4. Excavación para instalación del Pozo Pauto I. Nótese el contacto discordante entre rocas terciarias (Formación Diablo) y el nivel de Terrazas Qt3 al NW de la boca del pozo.



Terrazas Intermontanas (Qt₁). Este término fue utilizado por Renzoni para designar y describir los niveles de terrazas que se presentan a lo largo del recorrido Intermontano del río Cravo Sur. En el sector del Pozo Pauto 1 existen tres niveles de terrazas escalonadas, que han sido denominadas por la firma Hidroconsulta Ltda. como "Geoforras Aterrazadas Escalonadas". Dentro del presente informe se han denominado niveles de terrazas Qt₁, Qt₂ y Qt₃ en orden cronológico, de lo más antiguo a lo más joven (ver fotos 1 y 5).

Niveles de Terrazas Qt₁. Aflora a lo largo del campeonable que vá por la margen izquierda del río hacia el Pozo Pauto 1; es el nivel más antiguo y se levanta sobre el nivel Qt₂, mediante un escarpe vertical de 2 a 4 metros; está constituido principalmente por bloques, guijarros y guijos dentro de abundante matriz arenocuillosa de color marrón (ver mapa fotogeológico y foto 1).

Niveles de Terrazas Qt₂. Es el nivel intermedio, se separa de los niveles Qt₁ y Qt₃ mediante escarpes bien definidos en algunos sectores; en otros sectores los escarpes se encuentran erosionados y el contacto no es neto. El material que constituye este nivel es similar al del nivel Qt₁.



Foto 5. Comportamiento de la corriente del río frente a la plataforma del Pozo Pauto I. Obsérvese la tendencia de la corriente a migrar hacia la margen opuesta, donde existen depósitos de llanura de inundaciones y los niveles de Terraza Qt1, Qt2 y Qt3.



Niveles de Terrazas Qt3. Es el nivel de terrazas más bajo sobre el cual se encuentra localizado el Pozo Pauto I, se levanta sobre el lecho del río Sur mediante un escarpe de 3.5 a 4.5 metros (ver foto 6), encontrándose la boca del pozo ubicada a 50 metros del borde del lecho del río, dentro de este nivel de terraza Qt3; de acuerdo a lo solicitado por el Inderena y a los registros de fotografías aéreas de 1937, 1959, 1979 y 1988, este nivel no ha sido invadido por la corriente del río durante los últimos 55 años. No se tienen registros de fotografías aéreas anteriores a 1937.



Foto 6. Contacto entre el nivel de terrazas Qt3 en el cual se encuentra ubicado el Pozo Pauto I y los aluviones recientes Qal del lecho del río. obsérvese la construcción de un muro de protección en el contacto entre los dos niveles.

Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) y Aluviones Recientes (Qal). Los primeros son los originados durante épocas invernales acentuadas como producto de elevación del nivel de la corriente y su desborde hacia las orillas, depositando sedimentos que han sido transportados principalmente en

suspensión. Los segundos son aquellos transportados principalmente por acarreo de fondo, y depositados a lo largo del lecho del río. Los registros de fotografías aéreas muestran evidencias de que las áreas correspondiente a los depósitos de llanura aluvial han sido invadidas por el río durante épocas de crecidas y por lo tanto son zonas de alta amenaza por inundación. Los campamentos de la B.P. se encuentran dentro de esta unidad y deberán ser relocalizados a zonas más seguras.

Terrazas bajas del borde Llanero (Qto). Son los depósitos originados por el río a partir del puente de la carretera Yopal - Tocaría, sobre los cuales se encuentra construido el casco urbano de Yopal, en la margen derecha del río. Esta margen está siendo sometida a socavación lateral, la cual presenta una gran amenaza para los barrios riverieños (ver foto 7).



Foto 7. Margen derecha del río Cravo Sur en la localidad de Yopal. Obsérvese la amenaza sobre el casco urbano representada principalmente por socavación lateral.



4. AMENAZAS POR REMOCION EN MASA

Con el objeto de tener una idea muy generalizada sobre la posibilidad de ocurrencia de grandes deslizamientos a lo largo de la cuenca del río Cravo Sur y aguas arriba del Pozo Pauto I, el día 7 de mayo se efectuó un sobrevuelo en helicóptero entre el casco urbano de Yopal y la localidad de Labranza Grande ubicada a unos 30 Kms., aguas arriba de Yopal en la margen izquierda del río Cravo Sur. De la inspección aérea se pudo determinar lo siguiente:

- a). Las rocas del Terciario entre el puente de la carretera Yopal-Tocarúa y la localidad del Morro (ubicado a unos 7 Km aguas arriba del Pozo Pauto I) afloran muy bien en superficie, es decir los taludes naturales están constituidos predominantemente por rocas y no se observaron deslizamientos importantes que puedan causar avalanchas. Las rocas suelen ser afectadas por erosión laminar principalmente (ver foto 1).

- b). Entre las localidades del Morro y Labranza Grande, los taludes naturales son muy empinados y están constituidos predominantemente por rocas, algunas de ellos de composición lutítica donde se espera un comportamiento geotécnico relativamente pobre; estas rocas corresponden a las formaciones Chipaque, Fomeque y las lutitas de Macanal. En algunos sectores del SE y E de Cundinamarca, dentro de estas formaciones se presentan importantes movimientos de reptación los cuales son difíciles de detectar en una

inspección aérea rápida tal como la que se hizo a lo largo del río Cravo sur. Para hacer una evaluación de este tipo de fenómenos se necesita efectuar un reconocimiento de campo. En el mismo trayecto se observaron algunos deslizamientos en general aparentemente de poca magnitud, siendo los más importantes los que se encuentran al oriente y occidente de la población de Labranza Grande, (ver fotos 8 y 9) parte alta de la Quebrada La Tablona (ver foto 10) y algunos aparentemente pequeños ubicados entre Labranza Grande y La Loma Peña del Ciego (ver fotos 11, 12 y 13). Esta información deberá ser precisada con estudios fotogeológicos y reconocimiento de campo. Es importante destacar que a pesar de que la zona se encuentra tectonizada, no hay mayor degradación (ver foto 11).

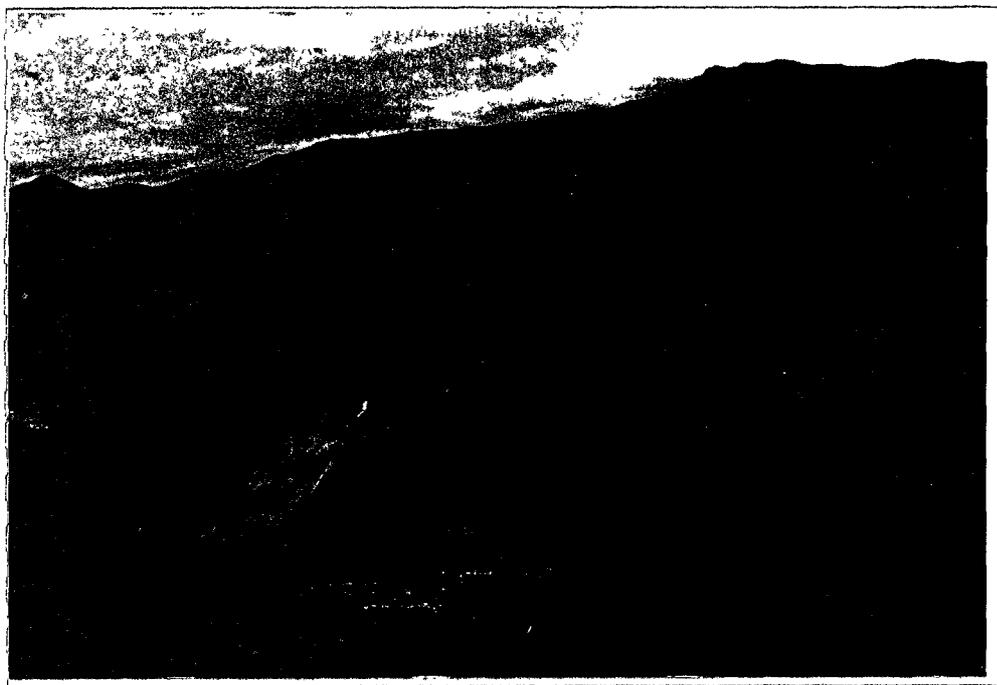


Foto 8. Zona de deslizamientos y carcavamiento al W de Labranza Grande por la margen derecha del río Cravo Sur.

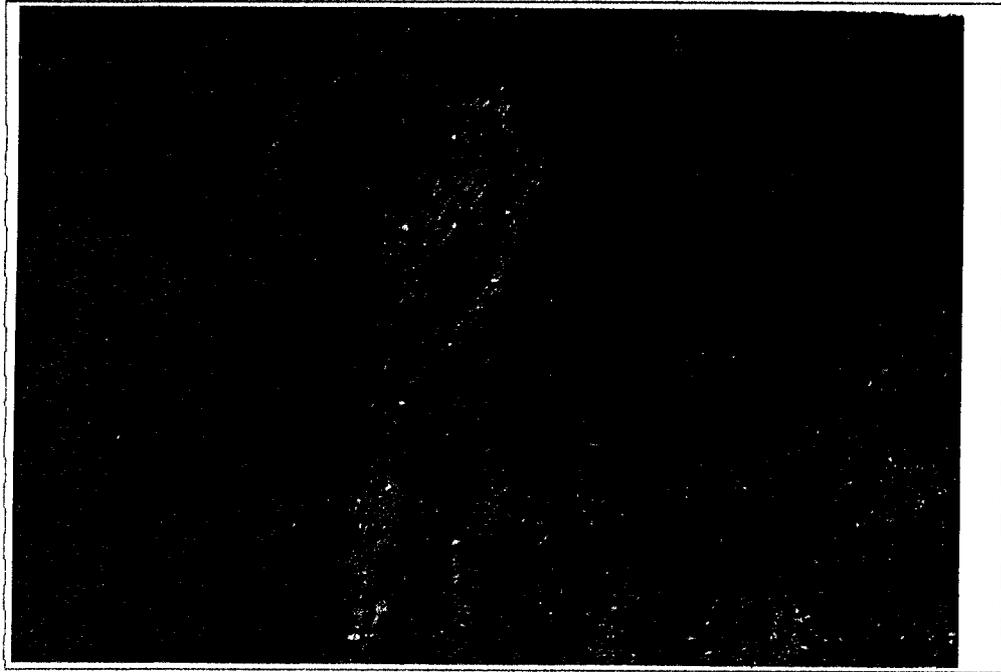


Foto 9. Deslizamiento antiguo reactivado sector SE de Labranza Grande.

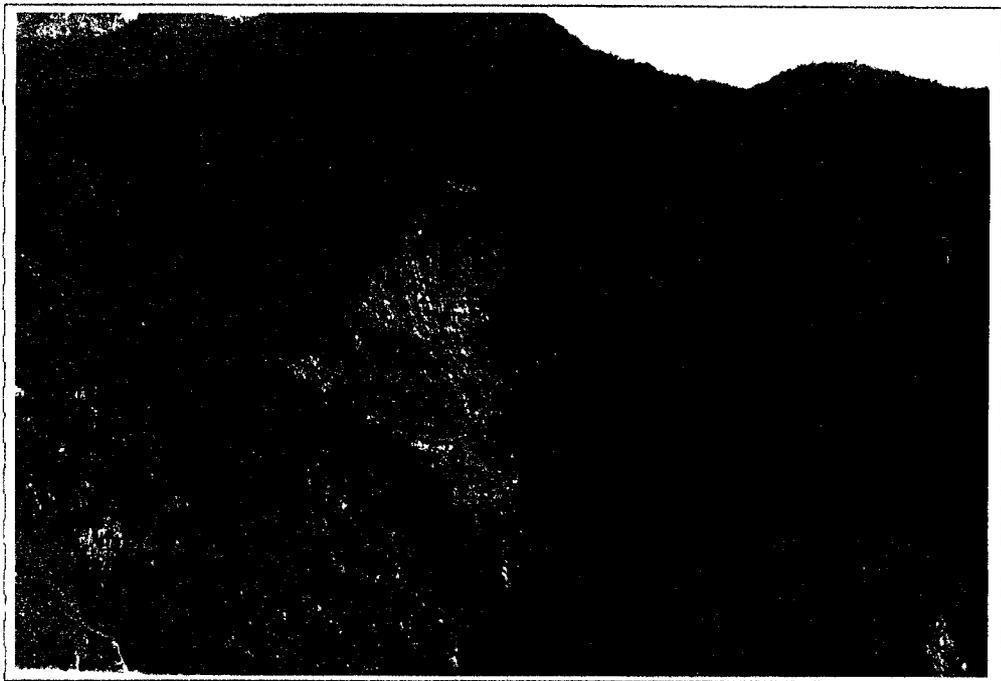


Foto 10. Deslizamiento en la parte alta de la Quebrada La Tablona.



Foto 11. Fenómenos de socavación y deslizamientos en el sector de confluencia de los ríos Negro y Cravo Sur a unos 8 Km aguas abajo de Labranza Grande.

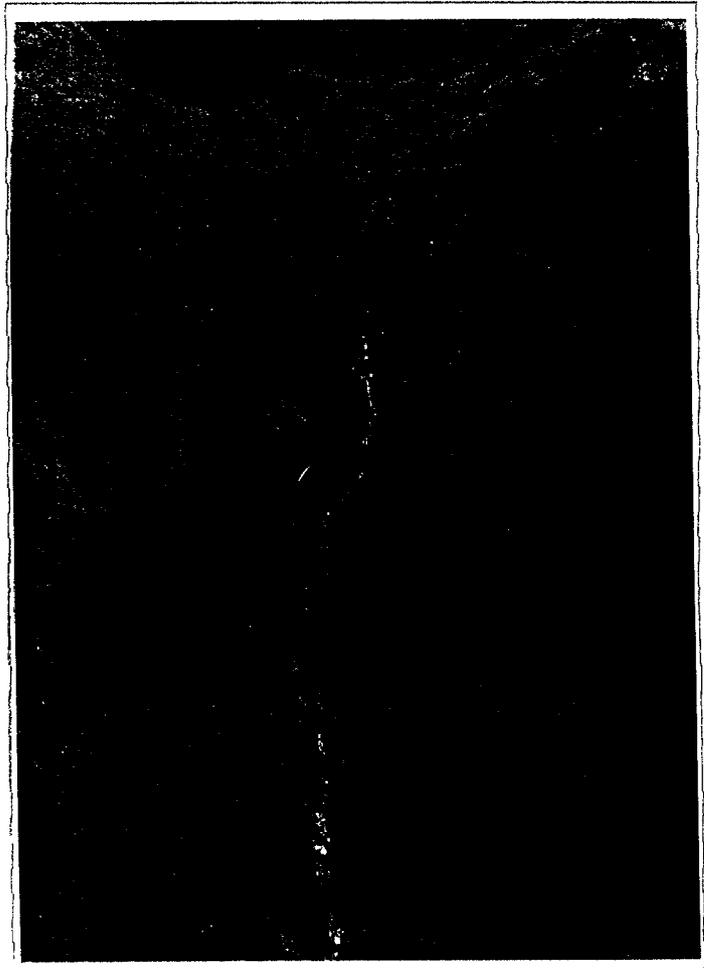


Foto 12. Zona de deslizamiento y socavación, en uno de los afluentes en la margen derecha del río Cravo Sur, a unos 10 Km aguas abajo de Labranza Grande.

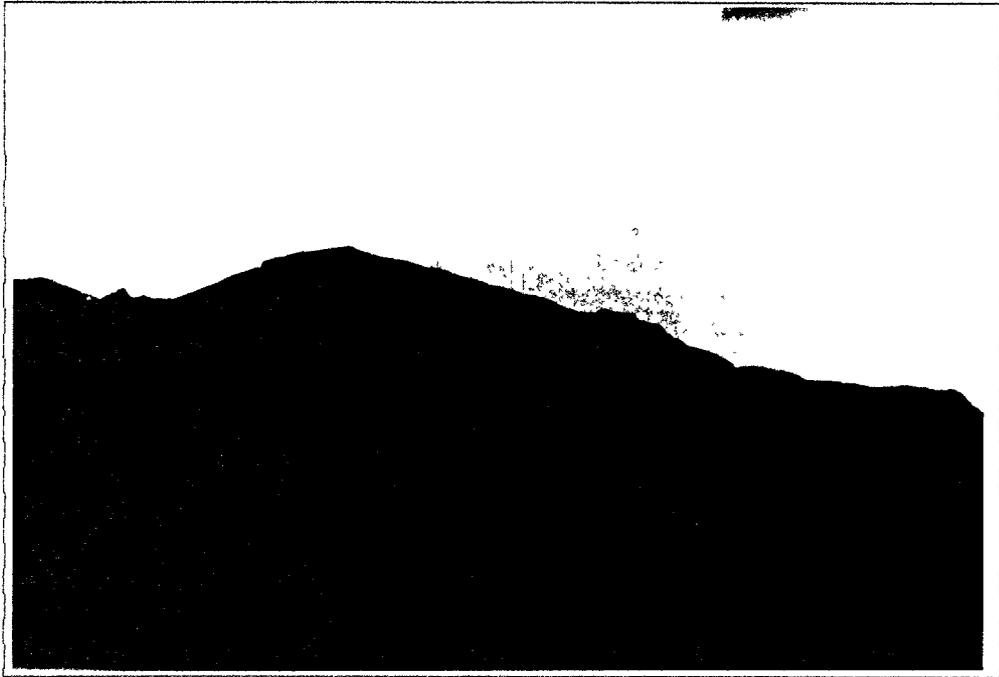


Foto 13. Zona de deslizamientos ubicado en la margen derecha parte alta de la cuenca del río Cravo Sur al NW de Labranza Grande.

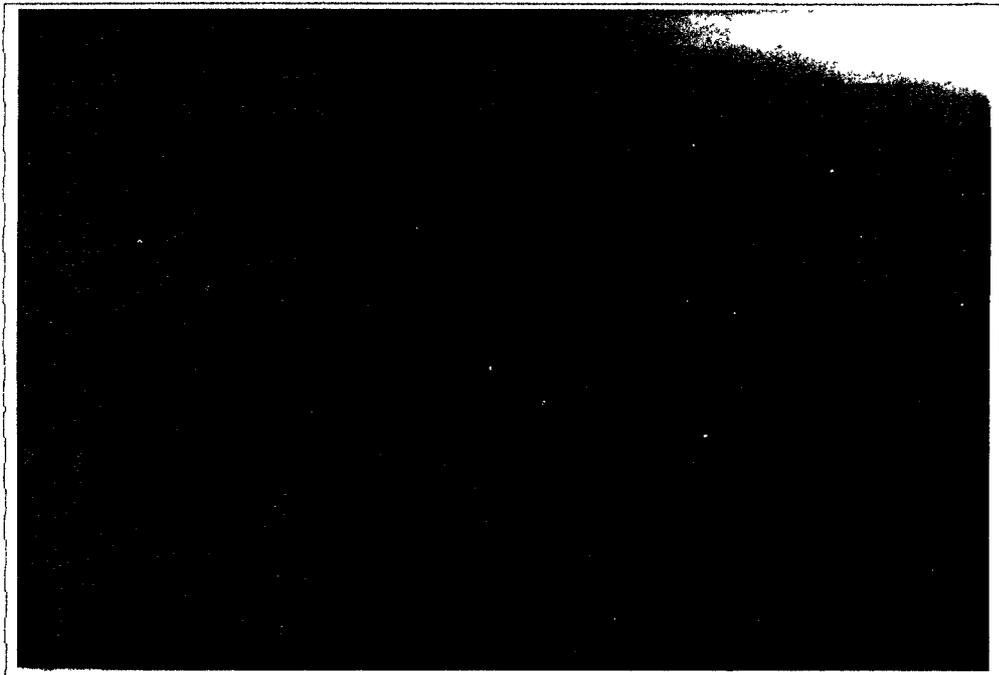


Foto 14. Areniscas del limbo aguas arriba del corregimiento del Morro. Obsérvese el replegamiento de las rocas y la estabilidad de la zona.

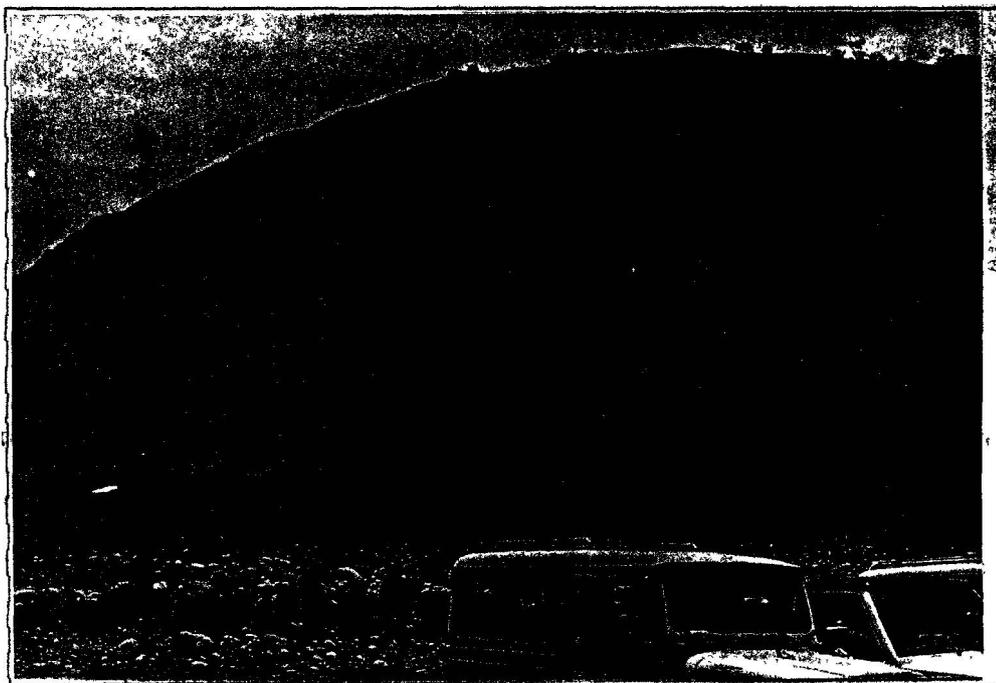


c). De acuerdo a la ubicación topográfica de los depósitos cuaternarios que afloran en el sector del Pozo Pauto I y lugares aledaños se puede deducir lo siguiente:

- Los depósitos de Llanuras Aluviales se consideran zonas de alta amenaza por inundación en épocas de crecidas del río, bien sea por aumento de caudal debido a abundante precipitación, a elevación del nivel de la corriente debido a represamientos y avalanchas que puedan ocurrir aguas arriba del Pozo Pauto I. En las fotografías aéreas se observan canales abandonados y zonas húmedas, indicando que la corriente del río en épocas de crecida ha ocupado parte de esos lugares.
- Los niveles de terraza Qt3, en donde se ubica el Pozo Pauto I, se consideran como zonas de amenaza baja, si se tiene en cuenta que en las fotografías aéreas de los últimos 55 años no se encuentran evidencias de que la corriente del río haya invadido el área correspondiente a estos depósitos.
- De acuerdo con las fotografías aéreas de los últimos 55 años y a la observación hecha durante la visita al sector del Pozo Pauto I, éste se encuentra ubicado sobre el nivel de terrazas Qt3 (ver fotos 5, 9 y 10) y frente al pozo la Corriente se desplaza hacia la orilla opuesta (margen derecha) donde actualmente está erosionando por socavación y avanzando dentro de un depósito de Llanura aluvial.



Por la margen izquierda existe un brazo del río por donde se desplaza parte de la corriente durante épocas de crecida del río; la corriente que se desplaza utilizando ese canal eventualmente podría erosionar el talud de la terraza Qt3, donde se encuentra el pozo. El día 6 de mayo en las horas de la tarde ocurrió un fuerte aguacero, el cual se prolongó por espacio de unas dos horas y media y el día 7 se comprobó que parte de la corriente utilizó el brazo izquierdo (ver foto 17). Por otra parte es importante mencionar que tanto la carretera como partes de las plataformas del pozo presenta amenazas por caída de rocas (ver fotos 15 y 16).



Fotos 15 y 16. Amenaza por caída de rocas para el sector de la carretera, frente al Pozo Pauto I.

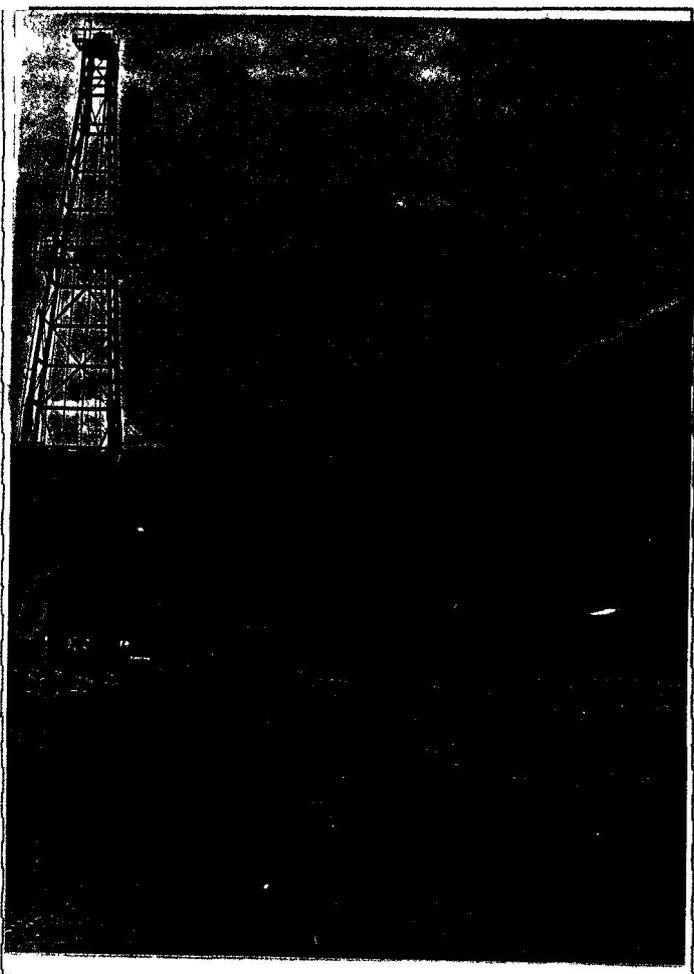


... de el suceso...
 importante en la...
 sueros del río Cravo...

... los...

Estos factores...
 algunos...
 en presencia...

... frecuencia...



población...
d). El casco urbano de Yopal es amenazado por socavación e inundación durante
 épocas de crecida del río, pues gran parte de la corriente se recuesta
 contra la orilla derecha amenazando a los barrios que se encuentran contra
 esa orilla (ver foto 7).

La ejecución de obras civiles tales como muros de contención y
 protección, podrían eventualmente disminuir la amenaza para algunos
 de los sectores mencionados.



e). Con el objeto de precisar los diferentes grados de amenazas geológicas es importante adelantar estudios geológicos y geotécnicos a lo largo de la cuenca del río Cravo Sur y en el casco urbano de Yopal.

5. DINAMICA FLUVIAL, ANALISIS HIDROLOGICO DE CAUDALES Y ANALISIS HIDRAULICO

Estos factores deben ser analizados por el Himat; sin embargo se hicieron algunas estimaciones preliminares a partir de las cuales se pudiera tener una idea del comportamiento de la corriente del Río Cravo Sur. Las conclusiones se presentan de manera resumida a continuación.

5.1 DINAMICA FLUVIAL

En la plancha No. 2 se muestra la planta-perfil del río Cravo Sur, entre las poblaciones de Labranza Grande (Boyacá) y Yopal (Casanare), pudiéndose diferenciar sectores de distinta pendiente longitudinal. El valor promedio de la pendiente es del 2,29% para este sector. En cercanías de Labranza Grande el río atraviesa sectores montañosos y presenta pendientes que van desde el 2% hasta el 4,55%. Hacia el sector de Yopal la pendiente del cauce disminuye hasta el 1,47%; en esta zona se ubica el Fozo Pauto I.



Desde el punto de vista del desarrollo en el ciclo de erosión (Reineck - Singh, 1975), el río presenta las etapas de juventud y madurez. La primera en el sector más montañoso y la segunda en el sector en donde disminuye la pendiente. Debido a la litología presente, el río muestra una combinación de patrones de cauce que van desde el recto cuando el cauce es de lecho rocoso, al atravesar gargantas de rocas competentes, hasta el cauce trenzado al cruzar sectores menos competentes en donde se explaya en un cauce aluvial (Schumm, 1977). Estos sectores puntuales podrían ser considerados localmente como la transición entre una zona de transferencia y una zona de sedimentación, lo que se debe al "efecto venturi", que ocasiona la reducción de la velocidad hacia aguas arriba del estrechamiento, donde se produce sedimentación y hacia aguas abajo de la garganta ocurre un incremento en la velocidad del flujo. Hay que notar que estas transiciones se pueden constituir en disipadores de la carga que transporte el río.

El Pozo Pauto I está ubicado en la margen izquierda del río, aguas abajo de la salida de una de las gargantas rocosas citadas, la cual direcciona el flujo principal hacia la margen derecha del Cravo Suc al otro lado del Pozo, erodandola (Krynine - Judd, 1975). Hacia aguas abajo de este, en el sector de los campamentos de la B.P., el río cambia su dirección concentrando su actividad erosiva en la margen izquierda.



5.2 ANALISIS HIDROLOGICO DE CAUDALES

Se utilizaron los datos de valores máximos mensuales de caudales, recolectados desde 1975 en la estación Puente Yopal del Himat, sobre el río Cravo Sur. Aplicando la función de probabilidad de Gumbel, que es adecuada para valores extremos como los aquí analizados (Monsalve, 1983), se estimaron los caudales para diferentes períodos de retorno.

5.3 ANALISIS HIDRAULICO

Se aproximó el comportamiento del flujo del río a uno de tipo uniforme (Chow, 1985). Las ecuaciones empleadas (Cano, 1986) entregan para diferentes valores de la profundidad normal, los correspondientes valores de radio hidráulico, factor de fricción, velocidad y caudal. Utilizando los 6 perfiles topográficos tomados frente a la locación del Pozo Pauto I, incluidos en el informe de la firma Hydroconsulta Ltda. (1992), se definió para el río como una solución aproximada, una sección transversal típica de forma trapezoidal, con taludes 1:1.

Los resultados encontrados se analizaron contando con la información hidrológica previamente evaluada, utilizando el caudal esperado para un período de retorno de 100 años. Así se estimaron las correspondientes alturas de flujo para cada uno de los tramos cubiertos por la topografía citada.



Con las cotas del fondo del río y las alturas de flujo estimadas, se calculó la cota de creciente para un caudal con período de retorno de 100 años. Este valor se comparó con las cotas de la locación y del Jarillón; de lo cual se deduce lo siguiente:

- Tanto la locación como sus campamentos están ubicados a una cota segura con respecto al nivel de aguas de la creciente de 100 años.
- Los tramos en que la creciente se aproxima más a la locación están ubicados en las secciones 1 - 2 y 5 - 6 (Hidroconsulta, 1992). De estos, el sector 5 - 6 está afectado por la dinámica del río, el cual se recarga contra la margen izquierda en las proximidades de los campamentos de la B.P., aguas abajo del Pozo Pauto I.

Las anteriores estimaciones están sujetas al concepto de la entidad encargada de hacer estas evaluaciones, que es el Himat.

6. CONSIDERACIONES SOBRE LA LOCALIZACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DEL ACUEDUCTO

La línea de conducción del acueducto de Yopal cruza el río Cravo Sur con un paso subfluvial, en frente de la locación del Pozo Pauto I. En la fotografía 17 se aprecia la dirección de la conducción, observándose que está situada entre el Pozo y los campamentos, en una zona donde no se han construido obras.



Foto 17. Vista aérea del Pozo Pauto I. Se aprecia la dirección de la conducción del acueducto de Yopal, entre el Pozo y los campamentos de la B.P.

Desde el punto de vista de prevención de riesgos para la tubería, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- En caso de que transite maquinaria pesada, el tubo deberá ser protegido adecuadamente. Esto es muy posible, sobre todo en el acceso a la locación, en donde es recomendable implementar un box - couvert.
- Para prevenir infiltraciones, no debe haber ningún tipo de residuos en inmediaciones de la tubería. Es aconsejable recubrirla con una geomembrana impermeable del tipo Permaflex.
- Se deben hacer revisiones periódicas tanto de la tubería como de las propiedades físico - químicas del agua de la conducción.