

-señalando que se han analizado TDR en varios del área de la comuna de Río Colorado y que se han identificado las principales causas de la erosión en el sector.

PROBLEMAS GEOTECNICOS EN EL DISTRITO DE RIEGO DEL PROYECTO RUT

-señala que se han analizado los principales factores que intervienen en la formación de los deslizamientos y que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

INTRODUCCION

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

VICTOR MUÑOZ M.¹

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

CONTENIDO

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

Página

RESUMEN	220
ABSTRACT	220
1. INTRODUCCION	220
2. ESTRATIGRAFIA	222
3. ESTRUCTURAS GEOLOGICAS	222
4. GEOMORFOLOGIA	222
4.1. FORMAS DEPOSICIONALES	222
4.2. EROSION ANTROPICA	224
5. EL DISTRITO DE RIEGO	224
5.1. SALINIDAD	225
5.2. SEDIMENTACION	225
5.3. FILTRACIONES	225
5.4. RECOMENDACIONES	226
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	228

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

-señala que se han establecido las principales causas de la erosión en el sector.

RESUMEN

El Distrito de Riego del Proyecto RUT afronta muchos problemas: incremento de salinidad en los suelos causado por deficiencias en el sistema de avenamiento, liberación de agua congénita de rocas de origen marino, meteorización de diabasas y procesos de formación de depósitos de pantanos aluviales; sedimentación excesiva ocasionada principalmente por erosión acelerada por el hombre; filtraciones y crecimiento de vegetación acuática en los canales. Para solucionarlos, se dan algunas recomendaciones.

ABSTRACT

The "Proyecto RUT" irrigation district faces various problems: an increasing soil salinity due to deficiency of the drainage, outflowing of interstitial water from sea-deposited rocks weathering of diabases and formation of alluvial swamp deposits; excessive sedimentation due primarily to man-made erosion; filtrations and growing weed in the channels. Several recommendations to solve this problems are given here.

1. INTRODUCCION

El Distrito de Riego del Proyecto RUT (Roldanillo-La Unión-Toro), se encuentra ubicado al norte del Departamento del Valle en un sector de la vertiente oriental de la Cordillera Occidental Colombiana, sobre la planicie aluvial del Valle del Río Cauca.

El clima está influido por los siguientes factores:

- a) Su situación geográfica comprendida entre las latitudes $4^{\circ}25'$ y $4^{\circ}40'$ al norte del Ecuador aproximadamente, y más o menos 2° de longitud oeste de Bogotá (Fig. 1).
- b) Su altura sobre el nivel del mar, comprendida entre 915 y 980 m.
- c) Su régimen estacional, que como la mayor parte del país presenta dos épocas de sol y dos de lluvia al año.

La formación ecológica corresponde a un bosque seco tropical.

La agricultura está mecanizada en su mayor parte y se dá preferencia a los cultivos de uva en los municipios de La Unión y Toro.

Del manejo y utilización de las cuencas hidrográficas del Proyecto RUT, así como de algunos aspectos geomorfológicos y litológicos dependen en gran parte los problemas que actualmente se afrontan en los canales y en los suelos del Distrito de Riego. Es por eso necesario conocer el panorama geológico y geomorfológico de la totalidad del área comprendida por las mencionadas cuencas hidrográficas.

El Proyecto RUT, emprendido conjuntamente por INCORA y C.V.C., está encaminado al óptimo aprovechamiento agropecuario no solamente del área plana para la cual se diseñó y construyó el Distrito de Riego, puesto que también se incluye el área montañosa de las cuencas hidrográficas de los municipios de Rodanillo, La Unión y Toro, que cubre una superficie aproximada de 28.000 hectáreas, Las aguas drenadas por estas cuencas hidrográficas, fluyen en dirección oeste-este y van a desembocar finalmente al Río Cauca, por consiguiente, el área del Proyecto RUT está limitada al oeste por las cuencas hidrográficas cuyas aguas son tributarias del Océano Pacífico.

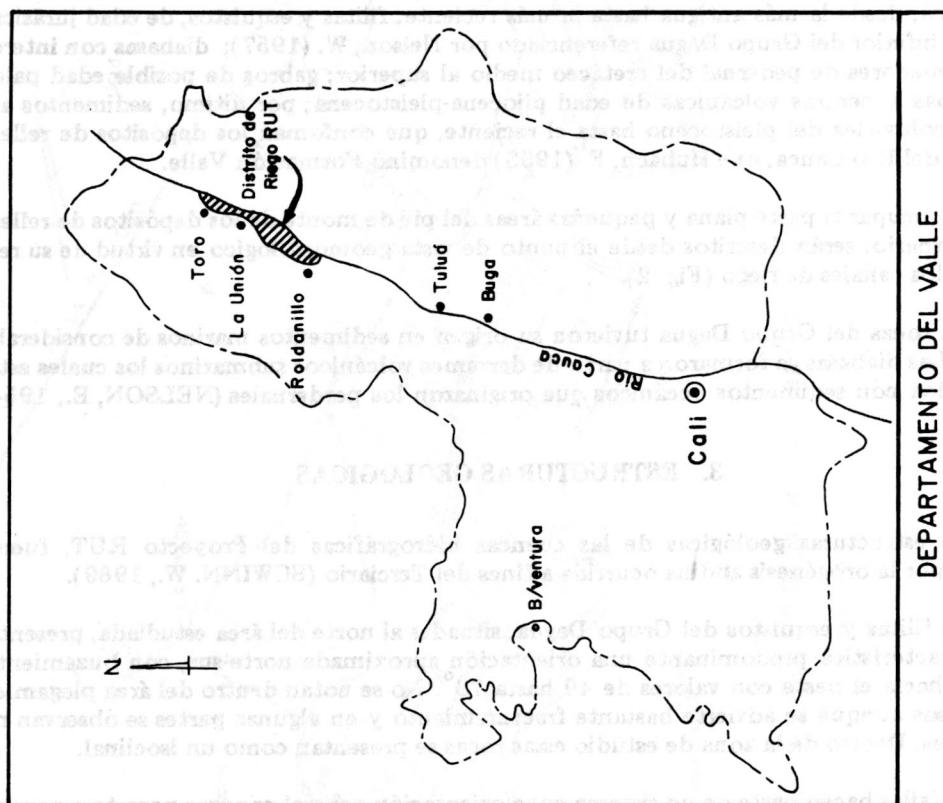
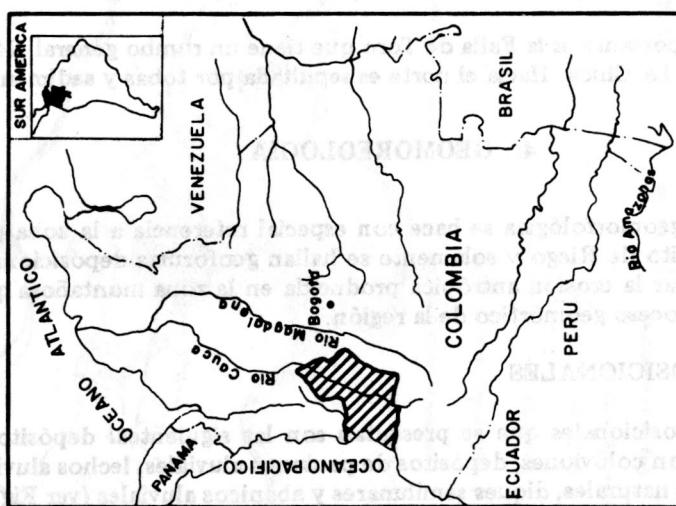


FIG. 1: Localización general.



2. ESTRATIGRAFIA

Las rocas que aparecen en el área del Proyecto RUT presentan la siguiente sucesión estratigráfica, desde la más antigua hasta la más reciente: filitas y esquistos, de edad jurásica a cretácica inferior del Grupo Dagua referenciado por Nelson, W. (1957); diabasas con intercalaciones menores de pedernal del cretáceo medio al superior; gabros de posible edad paleocena; tobas y cenizas volcánicas de edad pliocena-pleistocena; por último, sedimentos aluviales y coluviales del pleistoceno hasta el reciente, que confoman los depósitos de relleno del Valle del Río Cauca, que Hubach, E. (1955) denominó Formación Valle.

Por ocupar la parte plana y pequeñas áreas del pié de monte de los depósitos de relleno del cuaternario, serán descritos desde el punto de vista geomorfológico en virtud de su relación con los canales de riego (Fig. 2).

Las rocas del Grupo Dagua tuvieron su origen en sedimentos marinos de considerable espesor. Las diabasas se formaron a partir de derrames volcánicos submarinos los cuales están intercalados con sedimentos oceánicos que originaron los perdernales (NELSON, E., 1954).

3. ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

Las estructuras geológicas de las cuencas hidrográficas del Proyecto RUT, fueron causadas por la orogénesis andina ocurrida a fines del Terciario (SCWINN, W., 1969).

Las filitas y esquistos del Grupo Dagua, situadas al norte del área estudiada, presentan como característica predominante una orientación aproximada norte-sur, con buzamientos dirigidos hacia el oeste con valores de 40 hasta 70°. No se notan dentro del área plegamientos intensos aunque se advierte bastante fracturamiento y en algunas partes se observan micropliegues. Dentro de la zona de estudio estas rocas se presentan como un isoclinal.

Las fallas hacen parte de un sistema cuya orientación general es norte-noreste o noreste. A este sistema están asociadas algunas fallas secundarias.

En general, las estructuras de las cuencas del Proyecto RUT, siguen la directriz andina, o sea, con rumbo nor-noreste (MUÑOZ, V., 1973).

La falla más importante es la Falla de Toro que tiene un rumbo general N45°E. Rige el curso de la Quebrada La Chica. Hacia el norte es sepultada por tobas y sedimentos aluviales.

4. GEOMORFOLOGIA

La descripción geomorfológica se hace con especial referencia a la zona plana, donde está asentado el Distrito de Riego y solamente se hallan geoformas deposicionales. Sin embargo, hay que destacar la erosión antrópica producida en la zona montañosa que se constituye en el principal proceso geomórfico de la región.

4.1. FORMAS DEPOSICIONALES

Las formas deposicionales que se presentan son las siguientes: depósitos coluviales, aluviones mezclados con coluviones, depósitos de pantanos aluviales, lechos aluviales abandonados, diques fluviales naturales, diques semilunares y abanicos aluviales (ver Fig. 3).

Estas formas deposicionales han sido originadas en su mayoría por los cauces consecuentes proveniente de la Cordillera Occidental y que van a desembocar en el Río Cauca. Este río es la mayor corriente de tipo consecuente de la región y atraviesa el área de sur a norte (GOMEZ, H., 1970).

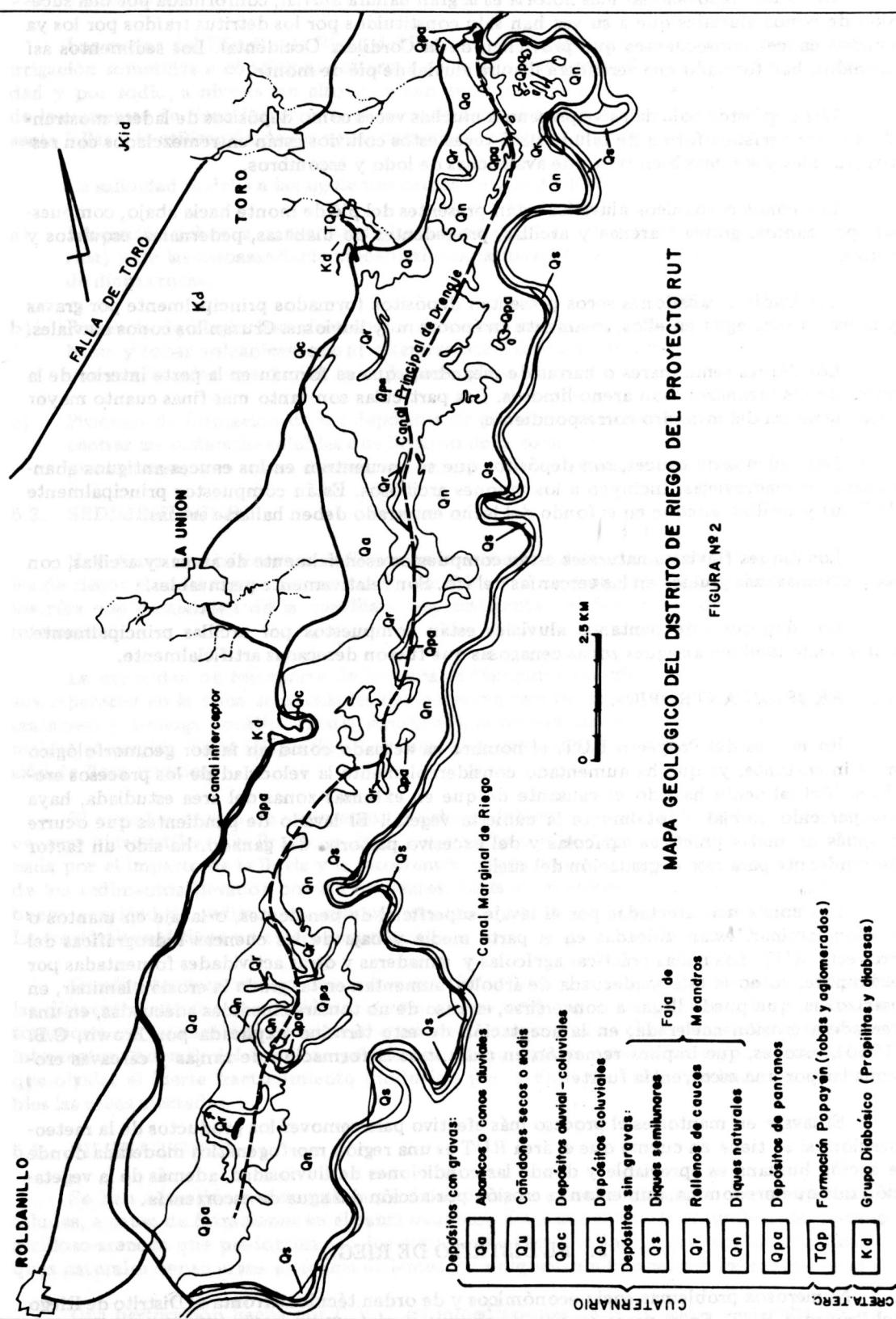


FIGURA N° 2

FIG. 2: mapa geológico del Distrito de riego del Proyecto Rut.

La forma deposicional más notoria es la gran llanura aluvial, conformada por una sucesión de conos aluviales que a su vez han sido constituidos por los detritus traídos por los ya citados cauces consecuentes que provienen de la Cordillera Occidental. Los sedimentos así reunidos, han formado una verdadera llanura aluvial de pié de monte.

Los depósitos coluviales se presentan muchas veces como depósitos de ladera mostrando su característica forma de talud, otras veces estos coluvios están entremezclados con restos aluviales y son más bien restos de avalanchas de lodo y escombros.

Los conos o abanicos aluviales están presentes del pié de monte hacia abajo, compuestos por cantos, gravas, arenas y arcillas, procedentes de diabasas, pedernales, esquistos y filitas.

Los Uadis o cañadones secos presentan depósitos formados principalmente por gravas y arenas. Corre agua en ellos, solamente en épocas muy lluviosas. Cruzan los conos aluviales.

Los diques semilunares o barras de meandros, que se forman en la parte interior de la curva de los meandros, son arenoso-limosos. Las partículas son tanto más finas cuanto mayor es la curvatura del meandro correspondiente.

Los rellenos de cauces, son depósitos que se encuentran en los cauces antiguos abandonados o madreviejas. Incluyen a los tapones arcillosos. Están compuestos principalmente de limos y arcillas, aunque en el fondo del lecho enterrado deben hallarse arenas.

Los diques fluviales naturales están compuestos esencialmente de arenas y arcillas, con las partículas más gruesas en las cercanías del río. Son relativamente permeables.

Los depósitos de pantanos aluviales están compuestos por arcillas principalmente. Comprende también antiguas zonas cenagosas que fueron desecadas artificialmente.

4.2. EROSION ANTROPICA

En el área del Proyecto RUT, el hombre ha actuado como un factor geomorfológico muy importante, ya que ha aumentado considerablemente la velocidad de los procesos erosivos. Virtualmente ha sido el causante de que en extensas zonas del área estudiada, haya desaparecido parcial o totalmente la cubierta vegetal. El lavado de pendientes que ocurre después de malas prácticas agrícolas y del excesivo pastoreo del ganado, ha sido un factor determinante para esta degradación del suelo.

Las zonas más afectadas por el lavaje superficial de pendientes, o lavaje en mantos o erosión laminar, están ubicadas en la parte media y baja de las cuencas hidrográficas del Proyecto RUT. Las malas prácticas agrícolas y ganaderas y otras actividades fomentadas por el hombre, como la tala inadecuada de árboles, aumentan en tal grado la erosión laminar, en esas zonas, que puede llegar a convertirse, en caso de no tomarse medidas adecuadas, en una verdadera erosión acelerada, en la aceptación de este término explicada por Brown, C.B. (1950), esto es, que implica remoción en masa, tras la formación de zanjas y cárcavas erosionadas por una escorrentía fuerte.

El lavaje en mantos es el proceso más efectivo para remover los productos de la meteorización, si se tiene en cuenta que el área RUT es una región morfogenética moderada donde la acción humana es apreciable y donde las condiciones de lluviosidad, además de la vegetación rala que predomina, aumentan la erosión por acción del agua de escorrentía.

5. EL DISTRITO DE RIEGO

Numerosos problemas socio-económicos y de orden técnico afronta el Distrito de Riego del Proyecto RUT. En el presente estudio se analizan aquellos, en los que el aspecto geológico y geomorfológico interviene directo o indirectamente.

5.1. SALINIDAD

Los suelos del Distrito de Riego del Proyecto RUT, siguen la pauta de muchas áreas de irrigación sometidas a condiciones alternas de sequía e invierno. Están afectados por salinidad y por sodio, a niveles tan altos que han generado una situación alarmante. El mal uso de los sistemas de riego incrementa el contenido de sales de sodio. El sistema de drenaje presenta fallas y la utilización de sus aguas para riego, complica aún más el problema.

La salinidad se debe a las siguientes causas de tipo geológico :

- a) Liberación del agua congénita de las rocas arcillosas de la Formación Dagua (facie marina) y de las diabasas (facie hipoabidal submarina) al ocurrir la meteorización y erosión de dichas rocas.
- b) Presencia de Plagioclasa (feldespato sódico-cálcico) como mineral principal, en las diabasas y tobas volcánicas, que al alterarse por hidrólisis produce sales de sodio y calcio, que son llevadas en solución hasta la parte plana.
- c) Procesos de formación de los depósitos de pantanos aluviales, que contribuyen a concentrar las sustancias solubles que llegaron de la zona montañosa. En el mapa geológico puede verse, que estos depósitos ocupan grandes extensiones de la llanura aluvial.

5.2. SEDIMENTACION

Hay dos causas básicas que influyen en la excesiva sedimentación que afecta a los canales de riego: el crecimiento de vegetación acuática y el acarreo exagerado de sedimentos de los ríos que descienden de la cordillera, especialmente del Río Toro, que afecta al canal interceptor.

La capacidad de transporte de los canales disminuye cuando están invadidos por malezas. Aparecen en la zona estudiada las siguientes malezas flotantes: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y lechuga acuática (*Pistia stratiotes*); la maleza emergente Tifas (*Typha Sp*) y la maleza sumergida Najas (*Najas Sp*). Los canales de drenaje son los más afectados por la invasión de flora acuática.

El excesivo acopio de sedimentos se debe a los factores que gobiernan la erosión en las cuencas hidrográficas del Proyecto RUT. La erosión laminar intensa de la superficie ocasionada por el impacto de la lluvia y la escorrentía, contribuye en mayor grado a la procedencia de los sedimentos llevados por las corrientes. La erosión regresiva también produce alguna buena cantidad de sedimentos, cuando está acompañada por una escorrentía concentrada. La erosión lateral tiene un efecto secundario.

Desafortunadamente no hay datos estadísticos sobre la producción de sedimentos en las diferentes cuencas hidrográficas, pero a grosso modo, la cuenca del Río Toro es la que transporta mayor cantidad de material erosionado, que perjudica el funcionamiento del canal interceptor. Además del lavaje de pendientes intenso que se aprecia en esta cuenca, no hay que olvidar el fuerte fracturamiento producido por la Falla de Toro, que hace más deleznable las rocas afectadas.

5.3. FILTRACIONES

Se han advertido considerables pérdidas de agua e inestabilidad de materiales en los taludes, a causa de filtraciones en el canal marginal. Estas se deben a la naturaleza del terreno arcilloso-arenoso que predomina en los diques naturales y en los diques semilunares. Los diques naturales tienen arena en forma de lentes y los diques semilunares son más arenosos aún.

Una perforación hecha por C.V.C. en inmediaciones de la estación de bomba No. 3, señaló la siguiente sucesión estratigráfica (C.V.C., 1971).

Limo arcilloso con intercalaciones delgadas de arena fina en forma lenticular.	4.90	metros
Arcilla de mediana consistencia de plasticidad media-alta.	4.00	"
Arcilla orgánica blanda, alta plasticidad.	0.50	"
Arena media a fina.	2.00	"
Limo de baja plasticidad, bien consolidado.	2.50	"
Limo arenoso o arcilla arenosa.	3.00	"
Arena ligeramente arcillosa.	3.50	"

Otras perforaciones señalaron una estratigrafía similar, aunque con variaciones en los espesores. El contenido de arena en los diques naturales y en los diques semilunares aumenta su permeabilidad, o sea facilita la infiltración.

El agrietamiento posterior a la construcción de canal marginal ha sido el principal causante de las considerables fugas de agua. Se originó por no haberse puesto a funcionar oportunamente el canal. Así, disminuyó la humedad en los taludes, lo cual favoreció la formación de grietas e impidió el taponamiento natural con los limos y las arcillas traídos por la corriente. Si en el canal marginal se hubiere puesto a correr el agua oportunamente, quizás el problema presentado por las grietas y filtraciones, no hubiera sido tan grande, pues las arcillas transportadas por el agua habrían sellado las hendiduras. Estas se agrandaron, obviamente, con el ressecamiento natural del terreno que predomina en los diques naturales y semilunares por donde se construyó el citado canal marginal.

Es evidente que muchos problemas se hubiesen evitado o se podrían solucionar más fácilmente, si el diseño de los canales de riego no hubiera sido tan defectuoso. La falta de un estudio geológico oportuno, previo el diseño, ha ocasionado muchas pérdidas de orden económico. La exploración subterránea con métodos geofísicos como los que se emplean en investigaciones geohidrológicas, son aconsejables para los estudios técnicos de canales de irrigación. Por ejemplo el método Wenner de resistividad eléctrica superficial.

En resumen, las causas de los problemas que aquejan el canal marginal son:

- a) Características litológicas y estratigráficas de las geoformas por donde fue construido.
- b) La demora en haberse dado al servicio, una vez terminada su construcción.
- c) La falta de un estudio geológico que hubiere permitido un mejor diseño. Así, se habrían tenido en cuenta las condiciones geológicas para localizar los canales de una manera más adecuada, y se hubiera orientado su construcción, previniendo los posibles problemas.

5.4. RECOMENDACIONES

1. Mejorar el actual sistema de drenaje.- Aunque resulta costoso, se puede proyectar un sistema auxiliar con tubería de avenamiento subterráneo. Hay que tener en cuenta la naturaleza arcillosa de los depósitos de pantanos. Además es indispensable conocer en detalle las fluctuaciones del nivel freático. La sección de aguas subterráneas del Departamento de Hidrología de la C.V.C., podría asesorar en el diseño, pues ya se tiene un buen conocimiento del flujo subterráneo en la región.

2. **Regulación de las corrientes en la cuenca hidrográfica del Río Toro.**- Este río ocasiona los más graves problemas de sedimentación en el canal interceptor, por su enorme carga y su falta de capacidad de arrastre en la parte baja, cuando disminuye su pendiente.

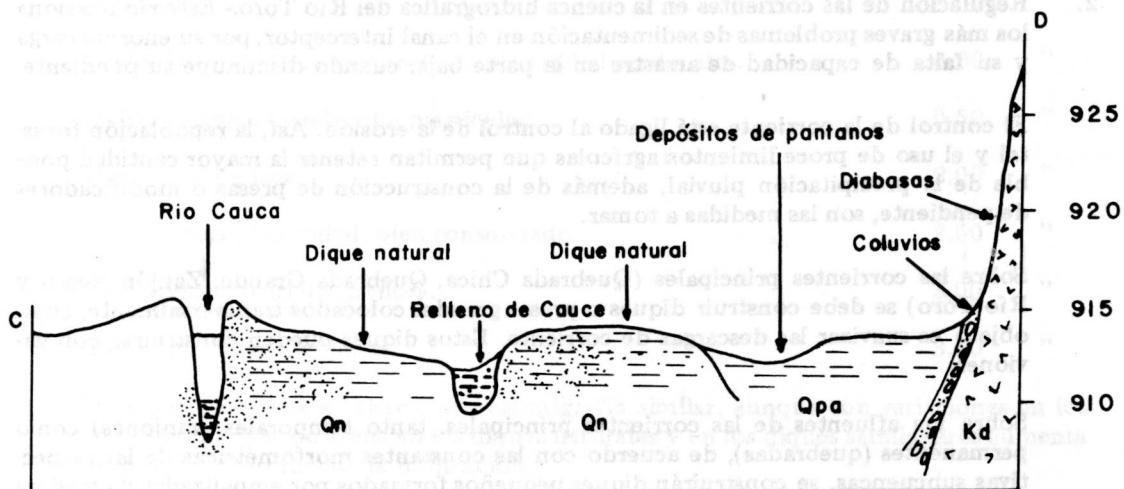
El control de la corriente está ligado al control de la erosión. Así, la repoblación forestal y el uso de procedimientos agrícolas que permitan retener la mayor cantidad posible de la precipitación pluvial, además de la construcción de presas o modificadores de pendiente, son las medidas a tomar.

Sobre las corrientes principales (Quebrada Chica, Quebrada Grande, Zanjón Negro y Río Toro) se debe construir diques o presas grandes colocados transversalmente, cuyo objeto es suavizar las descargas de corriente. Estos diques pueden construirse con gabiones.

Sobre los afluentes de las corrientes principales, tanto temporales (zanjones) como permanentes (quebradas), de acuerdo con las constantes morfométricas de las respectivas subcuenca, se construirán diques pequeños formados por empalizadas de madera y piedra.

Al sureste de la población de Toro, en una área extensamente distribuida se pueden construir diques más grandes que formen una cuenca de captura y sedimentación. El proyecto definitivo de regulación de las corrientes, debe hacerse acorde con los cálculos hidromorfométricos, indispensables para reducir los costos de la construcción. Se necesita calcular la densidad de drenaje y el relieve local, para obtener el grado de escabrosidad (ruggedness number) y establecer las unidades morfométricas, que permitan ubicar y construir las obras recomendadas adecuadamente.

3. **Iniciar de inmediato la repoblación forestal.**- Será suficiente en todas las cuencas, a excepción de la cuenca del Río Toro cuya regulación se recomienda, para disminuir considerablemente el actual acopio de derrubios que afecta al canal interceptor. La repoblación forestal tiene por objetivo principal disminuir la erosión por escorrentía y el lavaje superficial de pendientes.
4. **Elaborar un plan de manejo donde se contemple el uso adecuado de los suelos.**- Esto implica modificar el uso actual de la tierra en aquellas áreas degradadas por el sobre-pastoreo del ganado y por los cultivos limpios.
5. **Incrementar y mejorar las labores de limpieza de malezas.**- Erradicar las malezas de los canales es en extremo difícil y los métodos empleados hasta ahora han resultado ineficaces. Es conveniente ayudar con métodos mecánicos, por ejemplo con cortadoras gigantes, buscando la manera de acelerar la velocidad del agua dentro de los canales.
6. **Hacer un estudio ecológico, para tratar de adaptar especies animales, si las hubiere, que se alimenten de las malezas existentes.**
7. **Revistir algunos tramos del canal marginal,** así: donde las pérdidas de agua son críticas, es necesario un revestimiento de hormigón; donde las fugas son leves se recomienda un revestimiento con bentonita o con arcillas montmorilloníticas que den buen sellado.
8. **Proteger los taludes inestables del lado mojado de los canales,** con especies rastreras en combinación con productos químicos, curasol, por ejemplo.
9. **Hacer el estudio geeléctrico con el método de resistividad,** para localizar las capas altamente permeables y determinar la tabla de agua o nivel freático, con el fin de diseñar las obras necesarias para mejorar el sistema de drenaje.



CORTE GEOLOGICO C-D

ESCALAS V: 1:400
H: 1:25.000

FIGURA N°3

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BROWN, C.B., 1950.- "Effects of soil conservation", applied sedimentation. John Wiley & Sons, Inc. New York, pp 380-406.
- C.V.C., 1971.- Proyecto Rodanillo - La Unión - Toro. Canal marginal. Estación de bombas No. 3. Estudio del sub-suelo. Informe No. 7172. Cali.
- GOMEZ, H., 1970.- Geología del Valle Alto del Río Cauca, zonas I y II C.V.C., Inf. No. 1566. Servicio Geológico Nacional.
- HUBACH, E., 1955.- Resumen de la geología de La Hoya del Alto Cauca, Departamento de Caldas, Valle y Cauca. Inf. No. 1122. Servicio Geológico Nacional, Bogotá.
- MUÑOZ, M.V., 1973.- Geología y Geomorfología de las cuencas hidrográficas del Proyecto Rodanillo - La Unión - Toro. C.V.C., Cali.
- NELSON, H.W., 1954.- Contribución al conocimiento de la Cordillera Occidental. Sección carretera Cali - Buenaventura, Inf. No. 1051. Instituto Geológico Nacional, Bogotá.
- , 1957.- Contribution to the geology of the central and western cordillera of Colombia, in the sector between Ibagué and Cali. Leidse geologische mededelingen, deel 22, Leiden, Netherlands.
- SCHWINN, W.M., 1969.- Guidebook to the geology of the Cali area, Valle del Cauca, Colombia. Colombian Society of petroleum geologists and geophysicists. Bogotá.