

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS NATURALES
PROYECTO REGIONAL DE MANEJO DE CUENCAS

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA
DEL RÍO CHICO, PANAMA

Por: Claudio Gutiérrez H.

CATIE, Turrialba, Octubre 1987



CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| 1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO..... | 1 |
| 2. DESCRIPCION DE LA CUENCA..... | 5 |
| 2.1 Generalidades..... | 5 |
| 2.2 Subcuencas y Red de Drenaje..... | 6 |
| 2.3 Población e Infraestructura..... | 9 |
| 2.4 Uso de la Tierra..... | 12 |
| 2.5 Precipitación..... | 12 |
| 2.6 Caudales..... | 13 |
| 2.7 Geología..... | 15 |
| 2.8 Suelos..... | 15 |
| 2.9 Capacidad de Uso..... | 16 |
| 2.10 Zonas de Vida..... | 18 |
| 3. CARACTER GEOMORFOLOGICO DE LOS RIOS PIEDRA-CHICO..... | 19 |
| 4. MODIFICACIONES AL CURSO DEL RIO PIEDRA..... | 23 |
| 5. PRINCIPALES PROBLEMAS DE LA CUENCA..... | 25 |
| 5.1 Asociados al Uso de la Tierra..... | 25 |
| 5.2 Asociados al Comportamiento de los Ríos Piedra-Chico..... | 25 |
| 6. RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL..... | 28 |
| 7. ESTUDIOS O ACCIONES EJECUTADAS O EN EJECUCION..... | 29 |
| 7.1 Estudio del Ing. Perdomo..... | 29 |
| 7.2 Estudio de Maccaferri..... | 30 |
| 7.3 Estudio de TAMS..... | 30 |
| 7.4 Otras acciones o estudios..... | 31 |
| 8. ALTERNATIVAS DE TRASVASE EXAMINADAS..... | 33 |
| 9. CONCLUSIONES..... | 35 |
| 10. RECOMENDACIONES..... | 38 |
| 10.1 Acciones Inmediatas..... | 38 |
| 10.2 Acciones a mediano plazo..... | 40 |

Página

| | |
|---|----|
| Anexo A: Fotografías..... | 43 |
| Anexo B: Precipitación Anual en 3 Estaciones de la Cuenca..... | 49 |
| Anexo C: Documentos Consultados..... | 52 |

Indice de Mapas

| | Página |
|---|--------|
| Nº1 Mapa de Ubicación Cuenca Río Chico..... | 4 |
| Nº2 Mapa de Subcuencas 1:100 000..... | 54 |
| Nº3 Hoja ALANJE 1:50 000 (Fotocopia)..... | 11 |

Indice de Gráficos

| | |
|----------------------------------|---|
| Nº1 Perfiles Longitudinales..... | 8 |
|----------------------------------|---|

Indice de Fotografías

(tomadas en Junio 1987)

- # 1 Aspecto del Río Piedra al llegar a los 200 m.s.n.m.
- # 2 Confluencia Río Piedra-Río Chico
(Río Piedra: izquierda; Río Chico derecha)
- # 3 Otro aspecto del Río Piedra al llegar
a los 200 m.s.n.m
- # 4 Puente La Guinea
- # 5 Socavación margen izquierda; aguas arriba puente
La Guinea
- # 6 Close-Up de la socavación margen izquierda; aguas
arriba puente La Guinea
- # 7 Obras de protección de márgenes construidas por la
PTP, aguas abajo de puente La Guinea, margen
derecha

- # 8 Obras de protección en ambas márgenes cerca del cruce del oleoducto de PTP
- # 9 Aspecto Río Chico en su curso inferior (punto situado entre cruce del oleoducto y el puente Alanje-Mostrenco)
- #10 Obra de protección del estribo izquierdo del puente La Guinea

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO

En 1986 el Ministerio de Obras Públicas (MOP) de Panamá solicitó al Proyecto Regional de Manejo de Cuencas (PRMC) del CATIE una asesoría sobre "control de torrentes" en la cuenca del Río Chico, Provincia de Chiriquí. En octubre de ese año, CATIE asignó a un miembro del PRMC para realizar un reconocimiento de campo en el que se identificaron los requerimientos de información básica para el estudio, presentándose un informe de esta visita al MOP en enero de 1987.

En junio de 1987 el PRMC dio seguimiento a esta asesoría una vez recibida la información básica solicitada. El PRMC asignó al Ing. Claudio Gutiérrez la ejecución del estudio quien realizó un reconocimiento de campo en la cuenca del Río Chico durante los días del 9 al 12 de junio, en compañía de personal técnico del MOP, procediéndose a analizar la información básica disponible.

Durante esta fase del trabajo se llegó a concluir que la problemática de la cuenca del Río Chico no se limita a una situación de "control de torrentes" que es, talvez, el aspecto más visible por encontrarse en la parte baja de la cuenca, e incidiendo sobre importantes obras de infraestructura. Los problemas de la parte baja no pueden aislarse de lo que ocurre aguas arriba, en la parte alta de la cuenca, por lo que el estudio se orientó a analizar la problemática de la cuenca en su conjunto, -enfoque fundamental del quehacer del PRMC-, cuyos resultados se presentan en este Informe.

La situación de la cuenca del Río Chico ilustra la necesidad de la coordinación entre las acciones a ejecutar en las partes altas y las acciones en las partes bajas ya que medidas aisladas no pueden conducir a un efectivo control de los problemas que afectan a la cuenca. Acciones conservacionistas en las partes altas tales como reforestación y manejo de bosques, prácticas de conservación de suelos, manejo adecuado de pastizales, control de cárcavas, -en resumen, un manejo adecuado del uso de la tierra-,

deben asociarse con las obras de protección de estructuras y de las márgenes del río, en la parte baja. Sin acciones de conservación en las partes altas, las obras de protección en el curso inferior del río serían menos efectivas y más expuestas al riesgo de destrucción o deterioro. Y viceversa, las acciones de conservación en las partes altas, en este momento, son insuficientes por si solas, para controlar los problemas en las márgenes del río. Debe también tomarse en cuenta que existe un proceso geomorfológico natural, -agravado por causas antropogénicas,- que contribuye en gran parte a la problemática de la parte baja de la cuenca.

Con este objetivo general, en el presente Informe se procede, después de una descripción de la cuenca, a analizar las posibles causas del comportamiento del Río Chico, examinando el carácter geomorfológico de los Ríos Piedra y Chico y los antecedentes sobre modificaciones en el curso del Río Piedra. Una vez identificados los principales problemas y la responsabilidad institucional, se presentan los estudios o acciones ejecutadas o en ejecución en la cuenca; y se describen las alternativas de posibles trasvases que fueron examinadas en el terreno. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones. Cabe mencionar que se considera obvia la necesidad de elaborar e implementar un Plan de Manejo para la cuenca del Río Chico.

Es necesario mencionar aquí el apoyo de las instituciones nacionales de Panamá que suministraron información básica, como el MOP, el IRHE, y particularmente, en el Departamento de Aguas y Suelos de INRENARE, a la Ing. Rosario Ramos quien procesó y elaboró la información. También es importante reconocer y agradecer la valiosa colaboración de los funcionarios del MOP, Ing. Aurea Luz Aguilar, de la Oficina Ambiental e Ing. Raúl Espinoza, quienes participaron en todo el recorrido de campo y

suministraron información y sugerencias para la realización de este estudio; y al Ing. Carlos Jurado de la Compañía Petroterminal de Panamá S.A. (PTP). De la misma manera, se reconoce el apoyo recibido del Coordinador Nacional del PRMC en Panamá, Ing. Ivanor Ruiz.

2. DESCRIPCION DE LA CUENCA

2.1 Generalidades

La denominada Cuenca del Río Chico, identificada con el Código 106 en la clasificación nacional de cuencas de Panamá, está situada en la Provincia de Chiriquí, en la vertiente del Océano Pacífico, a 18 kilómetros al oeste de la ciudad de David. Tiene una superficie aproximada de unos 450 kms², cifra que varía ligeramente según las diferentes fuentes de información(**). Coincide con los Distritos Administrativos de Alanje, Boquerón y parte del Distrito de David. (Ver Mapa de Ubicación #1).

La cuenca tiene una forma alargada en el sentido nort-sur con una longitud aproximada de 54 kms y un ancho promedio de 8.5 kms. Se encuentra delimitada en su extremo septentrional por la Cordillera Central y la cima del Volcán Chiriquí, con una elevación de 3474 m.s.n.m.; y en su extremo sur por el Océano Pacífico.

El relieve de la cuenca presenta una gradiente general ascendente en sentido sur-norte, con pendientes máximas en la zona adyacente al Volcán Chiriquí. En la parte baja, (a elevaciones inferiores a los 200 m.s.n.m) predomina una planicie aluvial; entre los 200 y los 1000 m.s.n.m, que denominaremos cuenca media el relieve presenta frecuentes ondulaciones; y por encima de los 1000 m.s.n.m que consideraremos la cuenca alta, predominan las mayores pendientes.

(**) Al medir con planimetro un Mapa 1:100 000 se obtuvo una superficie de 452 km². Las ref. 1 y 6, mencionan una superficie de 482.5 km² y 530 km², respectivamente.

2.2 Subcuencas y red de drenaje

La red de drenaje es relativamente densa en las partes alta y media de la cuenca con relación a la parte baja. Se caracteriza por un curso principal, el Río Piedra, que tiene como principales tributarios: el Río Macho de Monte (área subcuenca 92 km²) que descarga a la elevación aproximada de 475 m.s.n.m, y el Río Chirigagua (área subcuenca: 108 km²) que se une al curso principal a unos 12 kms de su desembocadura. El Río Chico es un pequeño tributario con un área de drenaje de 22 km² y recorrido de 19 kms que descarga al curso principal a la elevación aproximada de 180 m.s.n.m. (Ver Mapa N^o2 Subcuencas).

El Río Piedra inicia su curso a la elevación 2100 m.s.n.m y tiene un recorrido de 72 kms aproximadamente hasta llegar al mar; al recibir al Río Macho de Monte, con número de orden 4^(*), adquiere el número de orden 5. A partir de su confluencia con el Río Chico, (de número de orden 2) el curso principal se denomina "Río Chico" y bajo este nombre continúa su recorrido hasta el Océano Pacífico. En consecuencia, el curso inferior del Río Piedra, y la cuenca, se denominan "Río Chico", aunque en la realidad el Río Chico no es más que un pequeño tributario del Río Piedra. Esto puede comprobarse fácilmente al examinar el mapa de la red de drenaje elaborado por la Oficina Ambiental del MOP (Ref. 2). Obviamente que una corriente de mayor número de orden (el Río Piedra, con número de orden 5) no puede ser un tributario de una corriente de menor orden (el Río Chico con número de orden 2). Las posibles razones de esta confusión se mencionan en el punto 4 de este Informe. (Ver fotografía N^o2 en el Anexo A).

^(*) Clasificación de Strahler, para número de corrientes.

En la información preparada por el Departamento de Aguas y Suelos de INRENARE para el PRMC (Ref. 1) se presenta al Río Piedra como un "afluente" del Río Chico y se indica que el área de la "subcuenca del Río Piedra" es de 200.7 km². Sin embargo, en el punto de confluencia la subcuenca del Río Chico es de solamente 22 km². La Estación limnigráfica en el puente La Guinea, unos 450 mts agua abajo de la confluencia, tiene un área de drenaje de 226 km² que prácticamente comprende ambas subcuencas (Río Piedra: 201 km² y Río Chico: 22 km²).

El Río Chirigagua, número de orden 3, inicia su curso a una elevación de 2600 m.s.n.m y desemboca en el río principal a una elevación aproximada de 15 m.s.n.m. Tiene un recorrido de unos 55 kms, un área de drenaje de 108 km² y en gran parte su curso va paralelo al río principal.

El gráfico N91 presenta el perfil longitudinal del Río Piedra y de sus tributarios Chirigagua y Chico, elaborado en base a los datos de INRENARE (Referencia 1). La escala del gráfico no permite ubicar el punto de confluencia de los ríos Piedra y Chico ya que las dos líneas son coincidentes en un buen trecho.

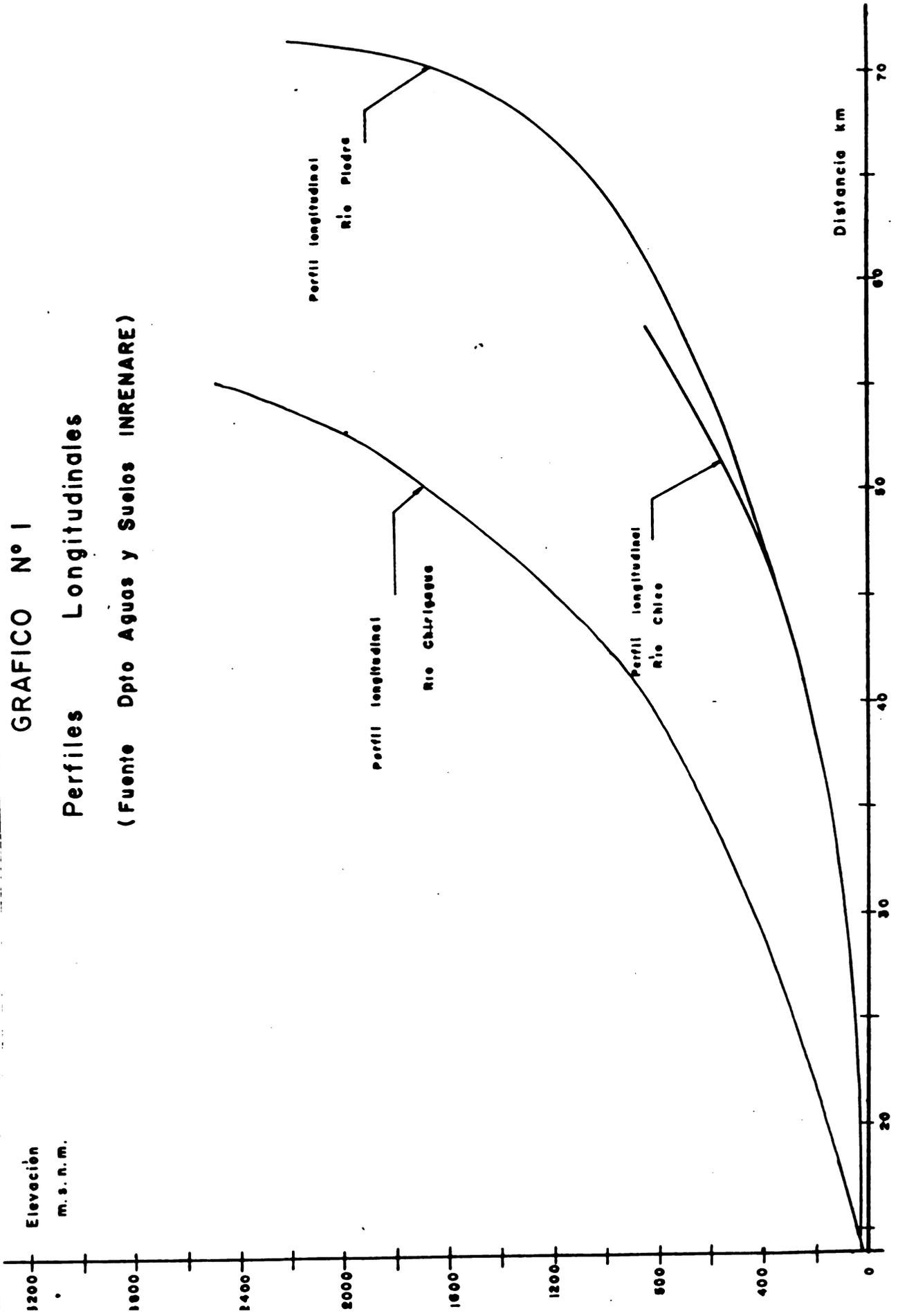
Es necesario identificar claramente las diferentes subcuencas de la Cuenca 106, especialmente por la confusión de nombre en el curso principal, para comprender su influencia e importancia relativa sobre los problemas de la cuenca que se describen más adelante.

Resumiendo: a) la cuenca 106 denominada "Río Chico", con una superficie de 450 km², tiene como corriente principal el Río Piedra con un recorrido de 72 kms aproximadamente; b) sus principales tributarios son: el Río Chirigagua, con un área de drenaje de 108 km² y un recorrido de 55 kms; y el Río Macho de Monte, con un área de drenaje de 92 km² y un recorrido de 27 kms; c) el Río Chico es un pequeño tributario

GRAFICO N° 1

Perfiles Longitudinales

(Fuente Dpto Aguas y Suelos INRENARE)



del Río Piedra, con un área de drenaje de 22 km² y un recorrido de 19 kms; d) a partir de su confluencia con el Río Chico, el Río Piedra, hacia aguas abajo, se denomina "Río Chico", y con este nombre aparece en la Hoja Topográfica 1:50.000 Alanje.

En este Informe, y para evitar confusiones, se usará la misma nomenclatura que aparece en las Hojas Topográficas 1:50 000 del país, aunque se hará referencia a las subcuencas antes mencionadas.

2.3 Población e Infraestructura

Los principales centros poblados en la parte baja de la cuenca son Alanje Cabecera (1258 habitantes); La Pita (310 habitantes); El Tejar (298 habitantes); La Victoria o Chacarero (638 habitantes) y Pedregalito (137 habitantes). Estas comunidades disponen de energía eléctrica, acueducto y cierta infraestructura social. Otros centros poblados -de este mismo orden- son Mostrenco, Querévalo, Guarumal, Orillas del Río y Tijera, conformados por agrupaciones de unas 20-30 viviendas (Referencia 3).

En la parte media de la cuenca el principal centro poblado es Boquerón con una población de 1400 habitantes. Otras agrupaciones de viviendas son Bágala, Bocalatún, Macano Abajo, Guayabal, Macano Arriba, y otras. En la parte alta, una agrupación de viviendas se denomina Cordillera.

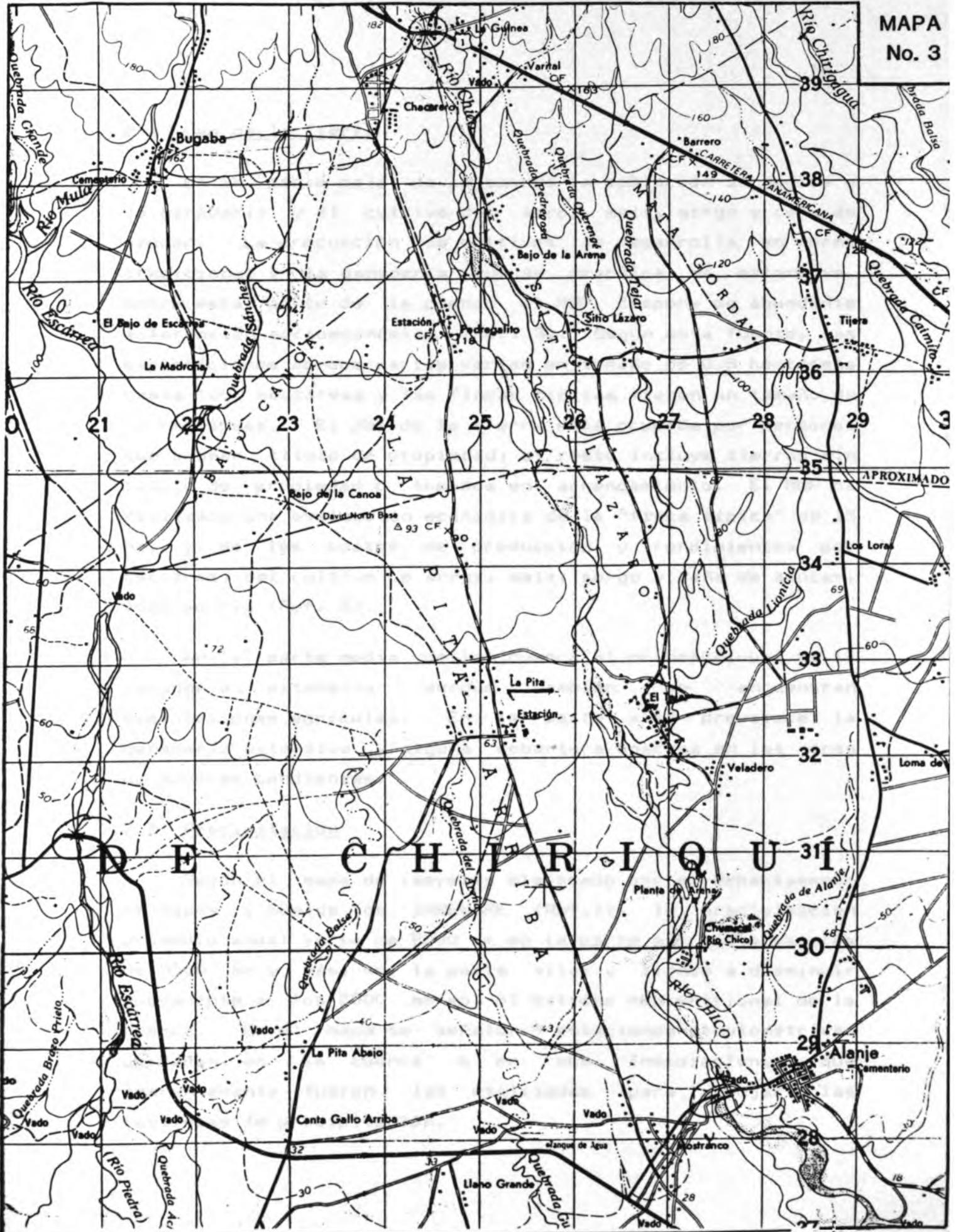
De las poblaciones mencionadas, las que tienen configuración de centros urbanos son Alanje Cabecera y Boquerón que se pueden considerar como las más importantes de la cuenca. En total se reporta que en la cuenca viven 9525 personas, mayores de 10 años (Ref. 1). La Oficina Ambiental del MOP ha elaborado un mapa de lugares poblados de la cuenca (Ref. 2).

En la parte baja se encuentran localizadas importantes industrias. La Compañía Chiricana de Leche S.A. (VITALAC), un importante factor de estímulo para la ganadería en la región, está situada cerca de Chacarero. El "Ingenio de Alanje", cerca de El Tejar, en la margen izquierda del río principal, ha promovido el cultivo de la caña de azúcar en la zona. Otras industrias grandes son la "Vinícola Licorera S.A.", Aserradero Tomy; Torrefactora Alto Boquete S.A.; Granos de Chiriquí S.A.; y Procesadora San Isidro S.A.

La carretera interamericana atravieza la parte baja de la cuenca en dirección aproximada este-oeste con puentes tipo armadura metálica sobre el Río Chico (denominado "La Guinea"), construido en 1960; y sobre el Río Chirigagua, construido en 1938. Más hacia el sur se encuentra una carretera asfaltada que conduce de Divala a David con puente de estructura metálica sobre el río Chico, la que se conecta con Mostrenco y Alanje, donde existe otro puente sobre el Río Chico. Además, hay caminos de grava fácilmente transitables en la parte baja de la cuenca, en ambas márgenes del Río Chico y una carretera que conduce de Alanje a Boquerón. En general, la red de carreteras y caminos da buena accesibilidad a la parte baja de la cuenca (Ver Mapa N°3, fotocopia). En la parte media existe un camino de Boquerón hacia el norte, hasta el caserío de Bocalatún. Para el acceso a la parte alta de la cuenca es necesario tomar la carretera asfaltada de La Concepción a Cerro Punta (fuera de los límites de la cuenca) y luego desviarse en los pequeños caminos que llevan a las fincas de la zona.

El oleoducto trans-istmico de la compañía "Petroterminal de Panamá S.A." (PTP), instalado en 1983, atravieza la cuenca en dirección aproximada suroeste-noreste y cruza el lecho del Río Chico unos 2 kms al sur del puente La Guinea.

Sobre el Río Macho de Monte, en la parte alta de la cuenca se encuentra una minicentral hidroeléctrica de 750 KW.



2.4 Uso de la Tierra

En la parte baja de la cuenca la población se dedica a la ganadería y al cultivo del arroz, maíz, sorgo y caña de azúcar. La producción de cultivos se desarrolla en forma tradicional y la ganadería que se practica es extensiva. Sobre esta parte de la cuenca el MOP dispone de abundante información socioeconómica (Ref. 3). Según esta fuente, las explotaciones agropecuarias varían en tamaño de 0.5 hectáreas hasta 100 hectáreas y las fincas típicas tienen un tamaño de 15 hectáreas. El 35% de la tierra está ocupada por personas que poseen título de propiedad; el resto incluye tierras sin título de propiedad o tomadas en arrendamiento. El MOP ha realizado una evaluación económica de la "finca típica" de 15 Ha, y de los costos de producción y rendimientos por hectárea, del cultivo de arroz, maíz, sorgo y caña de azúcar, y ganadería (Ref. 3).

En la parte media de la cuenca el principal uso es la ganadería extensiva aunque también se encuentran explotaciones agrícolas. En la parte alta prevalece la ganadería extensiva y alguna cobertura boscosa en las zonas de mayores pendientes.

2.5 Precipitación

Según el mapa de isoyetas elaborado por el Departamento de Aguas y Suelos de INRENARE (Ref.1), la precipitación promedio anual varía de 2500 mm en la parte sur hasta valores de 5500 mm y más, en la parte alta; y tiende a disminuir nuevamente a los 2500 mm en el extremo septentrional de la cuenca. En el mapa se señalan 9 estaciones pluviométricas ubicadas en la cuenca o en sus inmediaciones que aparentemente fueron las utilizadas para dibujar las isolíneas de precipitación.

De los registros del Departamento de Hidrometeorología del IRHE se obtuvieron los siguientes valores de precipitación en las estaciones con mayor período de registro. La Estación Alanje II (106-2) a 32 m.s.n.m tiene una precipitación anual de 2427 mm (promedio de 25 años); la Estación Macano Arriba (106-4) a 520 m.s.n.m, una precipitación anual de 5783 mm (promedio de 13 años); y la Estación Santa Rita (106-3) a 820 m.s.n.m una precipitación anual de 6292 mm (promedio de 15 años). (Ver valores anuales en el Anexo B). Se reporta que la Provincia de Chiriquí tiene un período seco durante los primeros meses del año (enero - marzo) durante los cuales la precipitación es insignificante (Ref. 1).

2.6 Caudales

Se dispone de datos de caudales en tres estaciones hidrométricas con diferentes períodos de registro, aunque todas ellas con datos faltantes. La información se encuentra en el documento "Edición de Anuarios de Caudales Diarios de las Estaciones del IRHE" fecha enero 1986 (Ref. 4).

La Estación Chico Macho de Monte (106-1-1), tiene datos en el Anuario, con algunas interrupciones, desde 1967. Está ubicada en la parte media - alta de la cuenca, a una altura de 890 m.s.n.m, sobre el Río Macho de Monte, con un área de drenaje de 48.1 km². Tomando únicamente los años con registros completos, el caudal medio anual, de un período de 14 años, es de 4.15m³/seg, equivalente a un caudal anual específico de 86.28 lts/seg/km².

La Estación Chico-Concepción (106-1-2) está ubicada sobre el Río Chico en el puente La Guinea a una elevación de 180 m.s.n.m. con un área de drenaje de 226 km². Tiene registros desde 1964 (en la Ref. 4) aunque son frecuentes las interrupciones, algunas de ellas de períodos de más de un año (7 meses de 1975; 1969 a 1970; de 1976 a 1978). Tomando

únicamente los años con registros completos, el caudal medio anual, de un período de 8 años, es de 30.48 m³/seg, equivalentes a un caudal anual específico de 134.87 lts/seg/km².

El Informe de TAMS (Ref. 5) cita que los datos de caudales en la Estación Chico-Concepción anteriores a 1975, estaban sobreestimados y que la curva de caudales se corrigió en esa fecha. Según el Estudio del Ing. Perdomo (Ref. 6) el 26/set./65 ocurrió un gasto máximo instantáneo de 1550 m³/seg y el 20/oct./65 uno de 1080 m³/seg. De acuerdo al estudio de TAMS estos caudales están sobreestimados y reporta un gasto máximo instantáneo en octubre 84 de 1500 m³/seg al que asigna un período de recurrencia de 44 años. TAMS determinó que un caudal instantáneo de 1800 m³/seg en el Río Chico tiene un período de recurrencia de 100 años.

La Estación Chico-Chirigagua I (106-2-1) está ubicada sobre el Río Chirigagua a la elevación 95 m.s.n.m y tiene un área de drenaje de 61.3 km². Tiene registros desde 1976 aunque durante el período 77-78 no se dispone de datos. El promedio anual de cuatro años de registros completos es de 4.65 m³/seg que equivalen a un caudal anual específico de 75.86 lts/seg/Km².

La información mensual disponible en el IRHE en cada estación hidrométrica es la siguiente: caudal medio mensual; caudal específico; volumen total; lámina equivalente; caudal máximo en 24 horas; y caudal mínimo.

2.7 Geología

El Depto de Aguas y Suelos de INRENARE (Ref. 1) ha presentado un mapa de la geología de la cuenca a escala 1:100 000. La formación que ocupa prácticamente toda la parte alta y media de la cuenca, (a excepción de una parte del curso del Río Piedra) es la denominada QPS Pleistoceno

que consiste de cenizas, tobas, aglomerados, y lavas basálticas - andesíticas.

En la parte baja predomina una formación reciente conformada de materiales aluvionales y sedimentos no consolidados. Esta formación se extiende a lo largo del curso del Río Piedra hacia la parte media y continúa a lo largo de su tributario Macho de Monte, a unos 8 kms aguas arriba del punto de confluencia; y sobre el curso del Río Chuspa, a unos 3 kms aguas arriba del punto de confluencia, hasta la elevación de 800 m.s.n.m. aproximadamente.

La formación aluvial reciente se extiende también a lo largo del curso Chirigagua hasta una elevación aproximada de 130 m.s.n.m, unos 2 kms al norte de la carretera interamericana.

2.8 Suelos

Se dispone de mapas de suelos escala 1:50 000 elaborados por CATAPAN en 1969 los que brindan gran información sobre los suelos de la cuenca. La información de los mapas está almacenada en un Banco de Datos Edafológicos que permite disponer automáticamente del área de cada parámetro edafológico (Ref. 7).

Existe información sobre las siguientes variables edafológicas: clases de drenaje; categorías de textura; profundidad del suelo vegetal; material de origen del suelo; pendiente superficial; erosión; pedregosidad; capacidad de uso de la tierra; unidades de mapeo; epípedo y endópedo. La información disponible no cubre, en algunas variables, la totalidad de la cuenca por lo que se incluye el término "no determinado" cuando la suma de los porcentajes parciales no llega al 100%.

En cuanto a clases de drenaje, el 30.7% se consideran suelos de drenaje imperfecto; 28.8% moderadamente bien drenados; 12.8% suelos bien drenados y 1.2% suelos de drenaje pobre.

Prevalecen las texturas arenosa-francosas en el 72.7% del área de la cuenca. De éstas, 35.1% corresponde a textura francosa-fina; 22.4% a textura francosa-gruesa; y 15.2% a textura arenosa.

En cuanto a profundidad del suelo vegetal, el 36.2% corresponde a suelos muy profundos; el 37.5% a suelos profundos y el 3.3% a suelos moderadamente profundos, para un total del 77% del área de la cuenca. La pedregosidad se considera severa en el 35.6% del área de la cuenca; muy severa en el 7.8%; y un 35% se clasifica como "sin piedra a moderada".

En cuanto a la pendiente superficial el 33.5% del área corresponde a pendientes menores del 3%; el 16.1% del área corresponde al rango del 3 al 8% de pendientes; el 10.8% del área al rango del 8 al 20% de pendiente; el 7.4% del área al rango del 20 al 45 de pendiente; el 10.2% del área al rango del 45 al 75% de pendiente; y el 0.1% del área a pendientes mayores del 75%. No existe información sobre el 21.9% de la cuenca.

2.9 Capacidad de Uso

El Depto de Aguas y Suelos de INRENARE ha elaborado un mapa de Capacidad de Uso de la Tierra, escala 1:50 000 que identifica 8 clases de capacidad de uso (Ref. 1).

Las clases identificadas, sus limitaciones de uso, el área que ocupan en la cuenca y el % del área^(*) que corresponde se presentan a continuación:

| <u>Clase</u> | <u>Limitaciones de Uso</u> | <u>Area (Km²)</u> | <u>% de la cuenca</u> |
|--------------|---|------------------------------|-----------------------|
| I | Arable. Pocas limitaciones que restringen su uso | 0 | 0 |
| II | Arable. Algunas limitaciones en la selección de las plantas o requiere conservación | 92.29 | 16% |
| III | Arable. Severas limitaciones en la selección de las plantas o requiere manejo | 92.56 | 16% |
| IV | Arable. Muy severas limitaciones en la selección de las plantas o requiere manejo | 83.60 | 14.5% |
| V | No arable. Poco riesgo de erosión; pero con otras limitaciones | 35.58 | 6.2% |
| VI | No arable. Con limitaciones severas; con cualidades para pastos, bosques | 81.69 | 14.1% |
| VII | No arable. Con limitaciones muy severas; con cualidades para pastos, bosques | 114.34 | 19.8% |
| VIII | No arable. Con limitaciones que excluyen su uso para la producción de plantas | 77.35 | 13.4% |

De acuerdo a esta clasificación, el 53.5% de la cuenca corresponde a la categoría No Arable (clases de Uso de V a VIII).

^(*) Fuente: Inventario de Suelos de INRENARE. Cuenca 106. Banco de Datos Edafológicos extraídos de los Mapas de CATAPAN.

En términos generales las clases de uso IV, V, VI, VII y VIII ocupan la mayor parte de la cuenca media y alta mientras que las clases II y III prevalecen en la cuenca baja. La clase VIII se localiza únicamente en la parte más alta de la cuenca y a lo largo de los cauces de los ríos en la cuenca media y alta.

Cabe mencionar que la suma de las áreas parciales de las clases de capacidad de uso (577.4 km²) excede el área total de la cuenca. La diferencia se explica en que las celdas del Banco de Datos de INRENARE (2'latitud x 2'30" longitud) no coinciden necesariamente con los límites de la cuenca. Lo mismo se aplica a la información edafológica mencionada en el punto 2.8.

2.10 Zonas de Vida

Se dispone de un mapa de zonas de vida elaborado por el Departamento de Aguas y Suelos de INRENARE a escala 1:100 000 que muestra 7 (siete) zonas de vida en la cuenca (Ref. 1).

El Bosque Húmedo Tropical (bh-T) se presenta en la parte baja y cubre una superficie de 134 km² equivalentes al 30% de la cuenca. Hacia el norte, el Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-P) con un área de 56 km² (12%) ocupa parte de la cuenca media. Más hacia el norte se presenta el Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T) con un área de 180 km² que comprende la mayor parte de la cuenca (el 40%). En la cuenca alta se presenta el Bosque Pluvial Premontano (bp-P) con un área de 59 km² (13% de la cuenca).

Las partes más altas de la cuenca corresponden a tres zonas de vida que cubren áreas relativamente pequeñas. Estas son: Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB) (18 km²; 4%); y el Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB) y el Bosque Pluvial Montano (bp-M) que juntos ocupan 5 km², equivalente al 1% de la cuenca.

3. CARACTER GEOMORFOLOGICO DE LOS RIOS PIEDRA Y CHICO

Desde su confluencia con el Río Macho de Monte a los 475 m.s.n.m y hacia aguas abajo, el Río Piedras comienza a presentar características de corriente anastomosada o de cauce "trenzado" como se les conoce más comunmente, el cual, en un principio, está confinado en un canal de poca anchura con márgenes de cierta cohesión y con fuerte pendiente.

Al llegar a la parte baja de la cuenca, aproximadamente a la elevación de 250 m.s.n.m el carácter de corriente anastomosada se acentúa (Ver fotografía N°1 y N°3 en el Anexo A). A partir del cruce de la carretera interamericana, (ya bajo la denominación de Río Chico) el cauce se hace más ancho y poco profundo, con material grueso en el fondo y con los bancos cada vez más erosionables. Desde el puente La Guinea y hasta el puente Alanje-Mostrenco, unos 14 kms aguas abajo, al transcurrir en la planicie aluvial, el Río Chico disipa su energía en un cauce fuertemente trenzado (Ver Mapa N°3). El cauce principal consiste de una serie de canales individuales separados por barras o islotes de material grueso, de forma y tamaño rápidamente cambiantes que varían constantemente. El cauce es inestable y en algunas partes tiene un ancho de 720 mts (aguas abajo del cruce del oleoducto) con islotes de unos 360 mts de largo, algunos con vegetación permanente. El cauce está sujeto a cambios rápidos e impredecibles sin ajustarse a un determinado patrón, en los que se suceden el abandono de un segmento de canal y la creación de otro, en otro trecho, y la formación y destrucción de barras o islotes, todo ello en forma errática, asociado a la socavación de los bancos laterales.

En este intrincado proceso de formación y abandono de canales y de formación y destrucción de barras y pequeños islotes, asociado a la socavación de las márgenes, el río ha formado en algunas partes curvas pronunciadas en las que ocurren profundización del cauce y erosión lateral en la parte exterior de la curva y formación de depósitos de grava y arena en la parte

interior. Sin embargo este proceso es también de carácter temporal y en crecidas posteriores el río ha ocupado otro canal y dejado el proceso de erosión interrumpido en esa orilla para iniciarlo en la otra orilla del río, o en otro sitio. Estas situaciones se pueden apreciar en la fotografía aérea #00080 (noviembre 83, escala 1:18000), donde el cambio de canal originó un islote ahora cubierto de vegetación; y en la #00078, en el antiguo cruce del Ferrocarril Nacional de Chiriquí, donde la socavación en la curva exterior ha aumentado el ancho del cauce a 360 mts, en comparación a los 210 mts que tenía en 1966 (Ref. 6).

Los ríos trezados existen en diferentes regiones del mundo y, geomorfológicamente, son ríos jóvenes, en proceso de formar un cauce estable que puede requerir centenares de años. Ocurren frecuentemente cuando las gradientes son pronunciadas, el suministro de sedimentos es alto (agradación) y las fluctuaciones de descarga son grandes. Se encuentran en los abanicos fluviales y planicies de piedemonte (Ref. 15). El río va adquiriendo su perfil de equilibrio depositando parte de su carga hasta que la anchura, la profundidad, la pendiente y la velocidad se modifican de tal modo, que en promedio, el transporte de caudal y carga dados, casi iguala a la deposición y la erosión. En el perfil longitudinal siempre resulta un ligero predominio de la erosión (Ref. 8).

La deposición de materiales en un río trezado mitiga generalmente el cambio brusco de pendiente pero como el material provoca obstrucciones el río se divide en una red interconectada de brazos, con bancos e islotes de material grueso intercalados, que continuamente se separan y se juntan. Las deflecciones de la corriente, debido a la formación de barras e islotes estimula la erosión en las márgenes (Ref. 15). En la corriente anastomosada todo el cauce del río es típicamente ancho y somero y no es posible tener observaciones formales sobre la geometría del canal. El fondo y las márgenes externas están formadas de sedimentos no compactados en general constituidos del todo o en parte por los propios depósitos fluviales. Con las aguas altas, y en especial

durante las crecidas, se abren nuevos canales y las islas o islotes en general casi sumergidos migran aguas abajo. Todo el conjunto de bancos, islotes y canales internos pueden llegar a tener una anchura global que cumpla con los requisitos de casi todas las crecidas a excepción de las crecidas mayores. Probablemente la anchura global se mantendrá casi estable mientras no se produzca una inundación realmente extraordinaria. Cuando esto ocurra, lo más probable es que se produzca una reorganización total del conjunto pre-existente y una desviación del río hacia un cauce totalmente nuevo (Refs. 8, 11, 14).

El comportamiento del Río Piedra-Chico en la cuenca baja se ajusta a las características de corriente anastomosada o de cauce trenzado previamente descritas. El grado de cohesión de los materiales de las márgenes del río disminuye en dirección aguas abajo. Aguas arriba del puente La Guinea las márgenes, aunque erosionables, presentan cierta cohesión (Ver Fotografía N^o5). En las cercanías del puente Alanje-Mostrenco las márgenes son arenosas con poca o ninguna cohesión. En general, el material del lecho del río se va clasificando y depositando en forma natural; cerca de la confluencia del Río Piedra con el Macho de Monte los cantos son del orden de 1 mt³; el tamaño es del orden de los 30 cms en las cercanías de puente La Guinea; y en Alanje, es arena típica (Ver Fotografía N^o9).

Aguas abajo del puente Alanje-Mostrenco, en un trecho en 4.5 kilómetros, el río Chico tiene caracter meandrizante, formando lazos u ondulaciones más o menos regulares. El río presenta cambios frecuentes de cauce como se puede apreciar al comparar las fotografías aéreas de 1965 y 1976, lo cual sin embargo no ha representado un serio problema para la infraestructura adyacente.

En general, y bajo similares condiciones de descarga, los ríos meandrizantes tienen menor pendiente que los ríos trenzados. Debido a las menores gradientes y menores fluctuaciones de descarga, los ríos meandrizantes usualmente llevan sedimentos más finos en suspensión. El flujo helicoidal causa erosión en las

curvas exteriores y deposición en las curvas interiores, por lo que un río que meandrea, en contraste con un río anastomosado, mantiene por lo general una anchura casi constante debido a que la erosión y el ensanchamiento del cauce a un lado, se equilibran con la deposición y adelgazamiento al otro lado. Estas características del Río Chico, al pasar de río trezado a río meandrante, son notorias a simple vista. Aguas abajo del puente Alanje-Mostrenco el ancho del cauce es casi constante; la turbidez del agua, por el sedimento fino en suspensión, aumenta considerablemente.

A partir de unos 1500 mts aguas arriba de la confluencia del Río Chirigagua, y hasta su desembocadura en el Océano Pacífico unos 12 kms aguas abajo, el Río Chico alcanza finalmente un cauce estable, con flujo tranquilo, curso bien definido y márgenes firmes cubiertas de vegetación permanente.

Es interesante hacer notar que el Río Chirigagua, que tiene un perfil longitudinal de mayor gradiente que el curso principal Piedra-Chico, no tiene comportamiento de río anastomosado en la planicie aluvial. Entre otros factores, esto podría atribuirse a que en sus partes media y alta el río no corre en materiales aluviales, además de las diferencias de caudal y área de drenaje.

4. MODIFICACIONES AL CURSO DEL RIO PIEDRA

Estudios anteriores (Ref. 6), informes de personas de la zona, y deducciones en el recorrido de campo, parecen confirmar que hace más de 50 años, en fecha que no fue posible determinar, el Río Piedra y el Río Chico tenían cursos separados. Se menciona que el Río Piedra se desvió hacia el cauce del Río Chico en un punto situado aguas arriba del puente La Guinea.

De acuerdo a estas informaciones e indicios, el Río Piedra descargaba en el pasado hacia la cuenca del Río Escárrea (Cuenca 104), al oeste de la cuenca 106. Esto implicaría que en el sitio del puente La Guinea el área de drenaje se incrementó de unos 25 km² a 226 kms² (es decir 9 (nueve) veces), lo que causó un aumento considerable en el caudal del Río Chico, aguas abajo del puente La Guinea. De ser ciertos estos antecedentes, se explicaría así el fuerte comportamiento anastomosado del Río Chico en el tramo mencionado, que no se presenta con tanta intensidad en otros ríos de la región. El Río Chico estaría así en el proceso de ajustar y acomodar su cauce a un nuevo caudal considerablemente mayor y tratando de formar un cauce estable.

El antiguo recorrido del Río Piedra hacia la cuenca del Escárrea tendría que haber estado localizado al oeste de Chacarero y continuar por la Quebrada Sánchez hacia el Escárrea (Ver Mapa N°3). Sin embargo, ni en las fotografías aéreas de 1983, ni en el recorrido de campo se encontraron vestigios de un cauce abandonado de suficiente magnitud como para acomodar un caudal igual al del Río Piedra.

A lo largo de la antigua línea del Ferrocarril Nacional de Chiriquí, en el tramo Chacarero-Concepción, se encuentran varios cauces abandonados, con los estribos de puentes, que confirman que una parte significativa del río Piedra drenaba hacia la cuenca 104. Vecinos de la zona informaron que "hace unos 50 años" (sin precisar fecha) corrían por esos puentes los "brazos del Río Piedra", y que el cauce y el caudal de la Quebrada Sánchez eran

considerablemente mayor que en la actualidad. También es indicativo que los vecinos de la zona aún llaman a la Quebrada Sánchez "brazo del Río Piedra" y que en la Hoja Topográfica 1:50 000 ALANJE, a la parte baja del Río Escárrea se le agrega "Río Piedra" entre paréntesis (Ver Mapa N°3).

Estos datos confirman que efectivamente existió en el pasado un flujo importante del Río Piedra hacia la cuenca del río Escárrea, aunque es improbable que todo el caudal del Río Piedra hubiese drenado hacia el Escárrea. Posiblemente se trataba de descargas ocasionales que pasaban en varios "brazos" sin concentrarse en un cauce principal. En todo caso, es indudable que hubo un incremento significativo en el caudal del Río Chico cuando se cerraron artificialmente los antiguos "brazos" del Río Piedra y se derivaron hacia el Chico, aguas arriba del puente La Guinea.

Cabe mencionar que actualmente tres pequeñas quebradas cruzan la carretera Concepción-Puente La Guinea y drenan hacia la cuenca del Río Escárrea.

5. PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA CUENCA

Los principales problemas en la cuenca están interrelacionados. Se resumirán en dos categorías.

5.1 Asociados al Uso Actual de la Tierra

En la parte media de la cuenca las actividades agropecuarias han eliminado la mayor parte de la cobertura boscosa, a excepción de las áreas situadas a lo largo de las corrientes. En la parte alta, la ganadería extensiva continúa desplazando la vegetación natural, la que prácticamente está quedando limitada a las zonas de mayor pendiente y a las zonas abruptas en los cauces de los ríos. Este uso de la tierra prevalece en zonas de vida de Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T) y Bosque Pluvial Premontano (bp-P). Debido a los altos niveles de precipitación en las partes media y alta de la cuenca y a las pendientes del terreno, la eliminación del bosque provoca un incremento en la escorrentía superficial, en la erosión y en el transporte de sedimentos, cuyos efectos inciden en las fuertes fluctuaciones de descarga que presenta el río y en el proceso de agradación.

5.2 Asociados al comportamiento de los Ríos Piedra-Chico

El comportamiento de los ríos Piedra-Chico, descrito en el punto 3, provoca una pérdida continua de suelo agrícola por la socavación de las márgenes del río en un tramo crítico de 14 kms entre el puente La Guinea y el puente Alanje-Mostrenco.

Además, se pueden señalar los siguientes problemas en sitios específicos:

- a) Socavación de la margen derecha del Río Piedra, en la parte exterior de la curva ubicada a unos 350 mts al oeste de su punto de confluencia con el Río Chico. Al continuar este proceso se puede afectar la carretera interamericana, distante unos 180 mts.
- b) Socavación de la margen izquierda, aguas abajo de la confluencia de los Ríos Piedra-Chico, que puede llegar a cortar el acceso al estribo izquierdo del puente La Guinea. Aunque en este tramo las márgenes no son materiales fácilmente erosionables, este proceso está avanzando hacia aguas abajo. (De la referencia 6, se deduce que la socavación en este tramo no ha avanzado mucho en los últimos 20 años) (Ver Fotografías N°4, 5 y 6).
- c) Ocurrencia de altas velocidades durante las crecidas, del orden de los 5.5 a 6.9 mts/seg, bajo el puente La Guinea. En el cruce del puente, el río queda confinado a una anchura de 46.4 mts y en la crecida de octubre 84 se reportó una velocidad de 6.9 mts/seg (Ref. 5). Aún si se considera que una crecida de 1800 mts³/seg ocupe toda la sección del puente, de altura 7 mts aproximadamente, se tendrían velocidades del orden de los 5.5 mts/seg. En experimentos, Altunin encontró que una velocidad de 3.50 a 3.85 mts/seg puede arrastrar materiales de 20 a 35 cms (Ref. 6). Puede existir riesgo de socavación del lecho durante las crecidas.
- d) Riesgos en el cruce del oleoducto de PTP, 2 kms aguas abajo del puente La Guinea (PTP ha construido obras de protección y tiene proyectado construir otras. (Ver punto 7).
- e) Riesgos en el estribo derecho del puente Alanje-Mostrenco.

Por el mismo carácter del río y de la planicie aluvial adyacente al tramo crítico, en crecidas extraordinarias se podrían afectar los poblados de Chacarero, Pedregalito, El Tejar y Alanje (Ver Mapa #3). No obstante, no existen datos históricos concretos de serias inundaciones en la parte baja de la cuenca. Las crecidas periódicas en el Río Chico causan socavación de márgenes y riesgos para la infraestructura existente (Ref. 1).

6. RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL

Las instituciones nacionales más involucradas con la problemática de la cuenca del Río Chico son el Instituto de Recursos Naturales Renovables (INRENARE); el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y la compañía particular "Petroterminal de Panamá S.A. (PTP).

INRENARE tiene el mandato de velar por el buen manejo y conservación de los recursos naturales del país y por tanto cae dentro de su competencia atender la problemática del uso de la tierra que se presenta en las partes media y alta de la cuenca. Por otra parte, y desde el punto de vista de conservación del recurso suelo, también es de su interés el problema de la socavación de las márgenes del "tramo crítico" en la parte baja de la cuenca.

El MOP debe velar por su infraestructura amenazada por el comportamiento del Río Piedra-Chico, específicamente la carretera interamericana, el puente La Guinea y el puente Alanje-Mostrenco. Dentro de la organización del MOP la dependencia más directamente involucrada es la Oficina Ambiental que trabaja en las áreas de servidumbre y demás áreas de influencia de los caminos, carreteras, cruces de ríos, etc. para proteger las inversiones del MOP y mantener la calidad ambiental. En áreas grandes esta Oficina trabaja en coordinación con INRENARE y otras instituciones.

El oleoducto trans-istmico de la compañía Petroterminal de Panamá S.A. (PTP) atravieza la cuenca. El interés de PTP en la cuenca se limita a la protección de sus instalaciones y, particularmente, a la seguridad del oleoducto en el cruce del Río Chico. Ha realizado un estudio sobre estos aspectos y construido importantes obras de protección (Véase punto 7).

El IRHE no tiene ningún proyecto hidroeléctrico identificado en la cuenca; sus planes actuales se limitan a ampliar y mejorar la minicentral hidroeléctrica existente en el Río Macho de Monte.

7. ESTUDIOS O ACCIONES EJECUTADAS O EN EJECUCION

Los estudios y acciones realizados hasta la fecha han estado dirigidos al diseño de obras de ingeniería "in situ" para proteger los puentes La Guinea y Alanje-Mostrenco y el cruce del oleoducto. No se ha efectuado un análisis de la problemática a nivel de cuenca ni de los factores antropogénicos que pueden haber agravado el proceso geomorfológico natural en los Ríos Piedra-Chico.

7.1 Estudio del Ing. Perdomo

Un estudio sobre el comportamiento del Río Chico en la parte baja de la cuenca fue realizado por el Ing. Domingo E. Perdomo en 1966 (Ref. 6) para diseñar obras de protección en el puente Alanje-Mostrenco, el puente La Guinea y el puente del antiguo Ferrocarril Nacional de Chiriquí. Las obras diseñadas y propuestas en este estudio no se construyeron, sin conocerse los motivos; aunque, aparentemente, sí fue implementada la recomendación de ampliar el puente Alanje-Mostrenco con una cercha adicional en la margen derecha. No fue posible sin embargo determinar la fecha de ampliación de este puente.

El estudio hidrológico, en base a los datos disponibles en la época, determinó crecidas instantáneas en el Río Chico de 2631 m³/seg para una frecuencia de 1 en 100 años; y de 3500 m³/seg para una frecuencia de 1 en 1000 años, valores que ahora se consideran sobreestimados (Ref. 5).

El estudio contiene valiosa información que ilustra el comportamiento errático del Río Chico. Por ejemplo, para proteger el cruce del antiguo Ferrocarril de Chiriquí el autor propone la construcción de espigones en una curva del río aguas arriba y determina que el ancho del cauce en el sitio del puente, en ese tiempo 210 mts, es adecuado para absorber crecidas del orden de 3500 m³/seg (f = 1:1000). Sin embargo, según las fotografías aéreas de noviembre 83, el ancho del cauce en ese mismo sitio es ahora de unos 360 mts.

En relación al puente La Guinea el estudio recomendó permanecer "a la expectativa" para ver cómo evolucionaba la socavación de la margen izquierda del río, aguas arriba, antes de decidir sobre una eventual ampliación del puente. A diferencia de lo que ha ocurrido en la parte baja del río, donde las márgenes son cada vez más erosionables, la socavación de este tramo no ha avanzado mucho en los últimos 20 años (Ver fotografías N°4 y N°5).

7.2 Estudio de Maccaferri

En julio de 1984 la firma: "OFFICINE MACCAFERRI S.P.A." de Italia (Ref. 9) presentó una propuesta sobre obras de protección para los puentes La Guinea y Alanje-Mostrenco y para un tramo del Río Piedra aguas arriba del puente La Guinea. Las obras propuestas están detalladas en 4 planos, de fecha julio 84; pero se desconocen los criterios y caudales de diseño y el costo de las mismas. Estas obras tampoco fueron construidas.

7.3 Estudio de Tippetts-Abbett-McCarthy-Stratton (TAMS)

A finales de 1984 la PTP encargó a la firma TIPPETTS-ABBETT-McCARTHY-STRATTON (TAMS) de Nueva York un estudio sobre obras de protección para el cruce del oleoducto en el Río Chico a raíz de la crecida ocurrida en octubre 84 que dejó expuesta la tubería en la margen derecha. El estudio se comenzó a implementar en noviembre 85 y las obras quedaron concluidas en noviembre 86 a un costo aproximado de US\$800.000 (Ing. C. Jurado, comunicación personal).

El estudio hidrológico determinó una crecida de diseño para las obras de protección de 1800 m³/seg con un período de recurrencia de 100 años. Las obras consisten de diques o bordos de material suelto clasificado obtenido en el sitio, taludes 1 a 4; altura de 3 mts; enterrados a un poco más de 1.00 mt bajo el nivel del terreno. Tienden a confinar el río en un amplio cauce a partir del puente La Guinea.

Los diques protegen la margen derecha del río aguas abajo del puente La Guinea en una longitud de 2 kms, donde además se niveló el lecho (Ver Fotografía N°7). Protegen las dos márgenes en el cruce del oleoducto donde, para eliminar los islotes y los depósitos de material, se realizó una nivelación del lecho del río en un tramo de 600 mts hacia aguas arriba del cruce y 150 mts hacia aguas abajo (Ver Fotografía N°8). El oleoducto cruza el río a unos 2.00 m a 2.50 mts bajo el lecho protegido con diferentes tipos de material además de un recubrimiento de concreto. En total se construyeron 2600 mts de diques, de los cuales 2000 mts en la margen derecha y 600 mts en la margen izquierda, en el tramo comprendido entre el puente La Guinea y el cruce del oleoducto.

Las obras soportaron la estación lluviosa de 1986 y lo que va de 1987. Constituyen actualmente un verdadero modelo escala 1 a 1 que permite evaluar el comportamiento del río en un tramo de confinamiento artificial. De su funcionamiento en los próximos años se podrán obtener valiosas experiencias para el diseño de otras obras de protección de márgenes aguas abajo. Cabe mencionar que a la fecha PTP ha construido pequeños espigones en la margen derecha que no aparecen en las fotografías y que proyecta construir nuevas obras de protección el próximo año (Ing. C. Jurado, comunicación personal).

7.4 Otras Acciones o Estudios

Aunque no existe un registro de otras acciones efectuadas en la cuenca, se ha informado que el MOP ha construido periódicamente pequeños diques de protección en el Río Piedra aguas arriba del puente La Guinea. El estribo izquierdo del puente La Guinea se protegió hace "unos dos años" con una estructura tipo "gaviones". Sin embargo esta obra no funcionó bien en la práctica y en la actualidad está quedando prácticamente inservible (Ver Fotografía N°10).

En el Informe del Ing. Perdomo se menciona que en fecha anterior a 1966 la Motor Columbus realizó un "exhaustivo estudio" de factibilidad sobre el aprovechamiento del Río Chico para riego. No fue posible localizar este estudio.

8. ALTERNATIVAS DE TRASVASE EXAMINADAS

El comportamiento del Río Chico en el "tramo crítico" está relacionado, junto a otros factores, con el caudal del río, el cual a su vez fue incrementado, en fecha no precisada, por la derivación de los "brazos" del Río Piedra (punto 4 de este Informe).

Con este antecedente se examinaron en el terreno posibles alternativas tendientes a reducir el caudal del Río Chico, mediante un eventual trasvase del Río Piedra hacia la cuenca del Escárrea, para tratar de restituir las condiciones que existían antes de la derivación. Previo análisis de la información cartográfica, se examinaron las siguientes alternativas (Ver Mapas Nº2 y Nº3):

- a) Trasvase del Río Piedra hacia el Río Mula, tributario del Escárrea, aprovechando que ambos están separados unos 350 mts a la elevación 260 m.s.n.m, 2 kms al norte de La Concepción. En el reconocimiento de campo se determinó que esta alternativa presenta muchos inconvenientes: a) el Río Mula cruza un centro urbano importante (La Concepción) lo que exigiría obras de protección adicionales; b) el cauce del Río Mula es relativamente pequeño y su ajuste a un caudal mayor crearía problemas aguas abajo; c) obras importantes de infraestructura aguas abajo (2 puentes en La Concepción; 1 puente sobre la carretera interamericana; 1 puente sobre el Río Escárrea; y el cruce del oleoducto) necesitarían reforzamiento adicional; y d) en el sitio de mayor cercanía entre los ríos, el Río Piedra es divagante en un amplio cauce, por lo que cualquier estructura de derivación sería costosa. En conclusión, aunque el sitio es el más favorable, topográficamente, para evacuar agua de la cuenca del Río Piedra, los inconvenientes mencionados obligan a descartar esta alternativa.

b) Trásvase de parte del caudal del Río Piedra hacia el Escárrea, vía la Quebrada Sánchez, reconstituyendo prácticamente los antiguos "brazos" del Piedra. Esta alternativa implicaría: a) la construcción de nuevos puentes en la carretera interamericana; b) reforzamiento adicional en el cruce del oleoducto y en el puente sobre el Escárrea y; c) ajuste y acomodo de cauces, vía Quebrada Sánchez, al nuevo caudal. Por los inconvenientes mencionados, el trásvase hacia el Río Escárrea no se considera una solución factible. Además, puesto que el Escárrea recorre una planicie aluvial, se podrían "trasladar" a este río los problemas actuales de las márgenes del Río Chico.

9. CONCLUSIONES

- a) La cuenca del Río Chico presenta problemas relacionados con el uso de la tierra en las partes media y alta, resultado de la eliminación de la cobertura boscosa y la introducción de actividades agropecuarias en zonas de alta precipitación que usualmente requieren de atención específica en cuanto al uso de la tierra. Continúa el desarrollo de las actividades ganaderas en la parte más alta de la cuenca a expensas del bosque. Como consecuencia se ha afectado el proceso de escorrentía superficial resultando fuertes fluctuaciones de descarga en la parte baja de la cuenca y arrastre de sedimentos, cuyo efecto es más notorio en el curso inferior del Río Chico.
- b) Los principales problemas en la parte baja de la cuenca son causados por el comportamiento de corriente anastomosada del Río Chico, que se considera crítico en un tramo de 14 kms aproximadamente. El proceso de agradación ha originado un cauce ancho y poco profundo en el que la corriente se subdivide en varios canales que cambian continuamente de sitio dando origen a un cauce trenzado, inestable, que erosiona las márgenes del río de una manera continua e impredecible. Este es un proceso geomorfológico natural en una corriente en la que existen más materiales sólidos que los que puede transportar, y un mecanismo de disipación en energía de un río de montaña cuando llega a una planicie aluvial.
- c) Este proceso natural se presenta en el Río Piedra desde la elevación 475 m.s.n.m hacia aguas abajo. Sin embargo fue agravado en el parte baja de la cuenca por la derivación de una parte del caudal del Río Piedra hacia el cauce del Río Chico, en un sitio aguas arriba del puente La Guinea, lo que incrementó significativamente su caudal en la parte baja. No pueden descartarse también

en este proceso, los efectos de la disminución de la cobertura boscosa en la parte alta de la cuenca.

- d) La situación es ilustrativa en el sentido de que al pretender aliviar posibles problemas en la cuenca del Río Escárrea con la derivación del Río Piedra, resultaron nuevos problemas en la cuenca del Río Chico. Lo que aparentemente se logró fue pasar los problemas de una cuenca a otra. No se considera factible restituir, mediante trasvase, las condiciones que existían antes de la derivación.
- e) El comportamiento del Río Chico en la parte baja provoca la pérdida de valioso suelo agrícola por la socavación de las márgenes y amenaza importantes obras de infraestructura, especialmente el puente La Guinea, la carretera interamericana, y el oleoducto trans-istmico. No existen datos históricos concretos de serias inundaciones en la parte baja.
- f) Los estudios realizados hasta la fecha han estado dirigidos principalmente al diseño de obras de ingeniería "in situ" para la protección de dos sitios específicos (puentes La Guinea y Alanje-Mostrenco), y de un tramo de 2 kms del Río Chico, para proteger el cruce del oleoducto. No se ha realizado un estudio integral de la problemática a nivel de cuenca. Cabe mencionar que existe abundante información biofísica y socioeconómica sobre la misma.
- g) Las obras de protección y reforzamiento de márgenes construidas en 1986 por Petroterminal de Panamá S.A. (PTP) permiten evaluar el funcionamiento de este tipo de obras para confinar un cauce trenzado a un canal definido. En este sentido las obras de PTP constituyen un modelo escala 1:1 que brindará experiencias para el diseño y construcción de futuras obras de protección de

márgenes en el Río Chico. Esto permite también tener una idea aproximada del monto de las inversiones involucrados en un proyecto de protección de márgenes puesto que se invirtieron aproximadamente US\$800 000 en la protección de 2600 mts lineales de márgenes y en los trabajos de nivelación del lecho.

10. RECOMENDACIONES

10.1 Acciones inmediatas

10.1.1 Relacionadas con el uso de la tierra

La información biofísica existente, particularmente el mapa de Capacidad de Uso, el mapa de Zonas de Vida y el Banco de Datos Edafológicos, puede ser utilizada por INRENARE para regular el uso de la tierra en las partes media y alta de la cuenca. En este sentido se recomienda que en una primera instancia, el área correspondiente a la clase VIII delimitada en el mapa de Capacidad de Uso, sea considerada como Zona Protectora de la cuenca, conservando y manejando el bosque existente para propósitos de regulación hidrológica. La clase VIII ocupa una superficie de 77.3 km² (13.4% de la cuenca) y comprende en su mayor parte áreas situadas en las zonas más elevadas de la cuenca donde se presentan las zonas de vida Bosque Pluvial Premontano y Bosque Muy Húmedo Tropical.

Continuando en orden de prioridad se recomienda atender el área correspondiente a la clase VII, en la parte alta, que está bajo las zonas de vida Bosque Pluvial Premontano, Bosque Muy Húmedo Tropical y Bosque Muy Húmedo Montano Bajo:

- a) promoviendo la introducción de obras y prácticas de conservación de suelos y aguas en toda área con actividad agropecuaria;
- b) promoviendo un adecuado manejo de pastizales, procurando mantener una buena cobertura de pastos, y evitar el sobrepastoreo;

- c) preservando toda la cobertura boscosa que aún existe; y
- d) desestimulando cualquier futuro desarrollo agropecuario en nuevas áreas y la construcción de caminos.

10.1.2 Relacionadas con el comportamiento del Río Chico

10.1.2.1 Puente La Guinea

La obra de infraestructura más importante amenazada por el comportamiento del Río Chico es el puente La Guinea tanto por la socavación de la margen izquierda, aguas arriba, como por las velocidades que ocurren bajo el puente durante las crecidas.

Se recomiendan al MOP dos acciones inmediatas interrelacionadas:

- a) Una investigación de las condiciones de los estribos mediante perforaciones "in situ", para conocer profundidad y condiciones de la fundación y del material existente en el lecho, a fin de determinar si existe peligro de socavación del lecho del río que pueda provocar asentamiento de los estribos durante crecidas. De esta investigación se tendrán los elementos de juicio para conocer si es necesaria una eventual ampliación del puente; u otra alternativa.
- b) Si las condiciones de cimentación de los estribos son satisfactorias se deben diseñar y construir obras de protección de la margen izquierda del río, aguas abajo de la confluencia de los ríos Chico-Piedra, para controlar la socavación. En este sentido las obras propuestas por Maccaferri S.p.A pueden ser consideradas como una

alternativa, previo conocimiento y análisis de los criterios de diseño utilizados y su costo; y compararse con otras posibles alternativas. El diseño de estas obras específicas de ingeniería podría asignarse a firmas nacionales con experiencia en geotecnia.

Además, se pueden coordinar las acciones anteriores con el diseño de obras de protección para la margen derecha del Río Piedra, en la parte exterior de la curva ubicada a unos 350 mts al oeste de su confluencia con el Río Chico, para controlar la socavación lateral (Ver punto 5.2.a).

Por el momento, se recomienda que el MOP mantenga una inspección sistemática del puente La Guinea durante e inmediatamente después de cada crecida, con personal calificado.

10.1.2.2 Puente Alanje-Mostrenco

La construcción de una cercha en la margen derecha, que aparentemente no existía en 1966, ha aliviado considerablemente la situación de esta estructura. No obstante, en vista de la inestabilidad del cauce hacia aguas arriba y la poca cohesión del material arenoso de las márgenes, se recomienda realizar inspecciones en esta obra durante e inmediatamente después de las crecidas y estar "a la expectativa" sobre el comportamiento del Río Chico aguas arriba del puente.

10.2 Acciones a mediano plazo

10.2.1 Relacionadas con el Uso de la Tierra

En base a la información existente sobre precipitación, profundidad del suelo, pendiente superficial, y otros factores biofísicos, se recomienda que INRENARE realice un estudio detallado sobre la capacidad de uso de la

tierra que permita establecer una zonificación del uso de la tierra en la cuenca, indicando la atención requerida para cada uso a fin de mantener el uso sostenido. Se deberán también incluir los factores socioeconómicos para asegurar su efectiva implementación. Las partes alta y media de la cuenca deberán recibir prioridad y especialmente, la cuenca del Río Piedra. Estas acciones deberán conducir a la formulación e implementación de un Plan de Manejo de la Cuenca.

10.2.2 Relacionadas con el comportamiento del Río Chico

Es necesario efectuar obras de protección en las márgenes del Río Chico en el tramo comprendido entre el cruce del oleoducto y el puente Alanje-Mostrenco a fin de evitar la continua socavación de las márgenes, la pérdida de suelo agrícola y eventuales riesgos a la población e industrias adyacentes.

Aunque en este extenso tramo existen sitios o secciones de mayor socavación y anchura que otros (Ref. 10) es necesario mantener el enfoque del tramo en su conjunto para propósitos de planificación de las obras, y evitar la construcción de obras aisladas que por el mismo comportamiento del río pueden quedar posteriormente inutilizadas.

Los trabajos en otras partes del mundo para controlar ríos de este tipo han estado dirigidos básicamente a "ayudar" al río a encontrar un cauce estable mediante el recubrimiento de las márgenes con material rocoso que resista el arrastre de la corriente. Para evitar el continuo ensanchamiento y la socavación se recomienda diseñar y construir obras para estabilizar las márgenes del amplio cauce alterado. Esto puede lograrse con el recubrimiento de las márgenes con material grueso (rocas) de manera que el río quede gradualmente confinado en la franja

alterada por las divagaciones del río. En estos trabajos de encauzamiento y estabilización de márgenes se procurará mantener el mismo ancho y la pendiente del lecho y se considerará como el ancho natural de la corriente la parte afectada por las divagaciones. En las curvas se ayudará al encauzamiento con deflectores o espigones en el lado exterior de la curva.

En algunas secciones, el estudio de las características del material grueso depositado en el lecho del cauce y que da origen a las barras e islotes que luego propician el cauce trenzado, puede permitir detectar los sitios en la parte alta del río que están aportando ese material. La identificación de esos tramos en las partes altas, permitiría tomar acciones para disminuir o evitar el transporte de ese material mediante el reforzamiento de las márgenes y el lecho con material más grueso, o si el caso lo requiere, mediante revestimiento artificial.

Los criterios de diseño para la protección y estabilización de las márgenes del Río Chico en la cuenca baja, pueden afinarse en base a las experiencias que se obtengan del comportamiento en los próximos años de las obras construidas recientemente por PTP. El diseño y la factibilidad económica de las acciones recomendadas requieren de un estudio específico detallado que se considera fuera del alcance del presente Informe.

ANEXO A
FOTOGRAFIAS



#1 Aspecto del Río Piedra al llegar a los 200 m.s.n.m.



#2 Confluencia Río Piedra - Río Chico
(Río Piedra: izquierda; Río Chico derecha)



#3 Otro aspecto del Río Piedra al llegar a los 200 m.s.n.m



#4 Puente La Guinea



#5 Socavación margen izquierda; aguas arriba puente La Guinea



#6 Close-up de la socavación margen izquierda; aguas arriba puente La Guinea



#7 Obras de protección de márgenes construidas por la PTP, aguas abajo de puente La Guinea, margen derecha



#8 Obras de protección en ambas márgenes cerca del cruce del oleoducto de PTP



#9 Aspecto Río Chico en su curso inferior (punto situado entre cruce del oleoducto y el puente Alanje-Mostrenco)



#10 Obra de protección del estribo izquierdo del puente La Guinea

ANEXO BPRECIPITACION ANUAL EN 3 ESTACIONES DE LA CUENCA (**)Promedios de Precipitación AnualEstación Santa Rita (106-3)

| <u>Año</u> | <u>Precipitación Anual (mm)</u> |
|------------|---------------------------------|
| 70 | 7117.1 |
| 71 | 5915.7 |
| 72 | 6322.4 |
| 73 | 11464.0 |
| 74 | 7869.2 |
| 75 | 7569.8 |
| 76 | 5881.9 |
| 77 | 7303.6 |
| 78 | 8237.4 |
| 79 | 5426.5 |
| 80 | 4927.4 |
| 81 | 4882.1 |
| 82 | 4743.1 |
| 83 | 2604.0 |
| 84 | 4119.3 |

Promedio 15 años: 6292.2 mm

(*) Fuente: IRHE, Departamento de Hidrometeorología (Ref. 4)

Estación Alanje II (106-2)

| <u>Año</u> | <u>Precipitación Anual (mm)</u> |
|------------|---------------------------------|
| 1960 | 2562.1 |
| 61 | 2356.0 |
| 62 | 2511.4 |
| 63 | 2470.7 |
| 64 | 2558.4 |
| 65 | 1880. |
| 66 | 2491.3 |
| 67 | 2459.0 |
| 68 | 2088.4 |
| 69 | 2706.3 |
| 70 | 2807.1 |
| 71 | 2957.2 |
| 72 | 2516.4 |
| 73 | 2911.9 |
| 74 | 2863.6 |
| 75 | 2138.0 |
| 76 | 1654.8 |
| 77 | 2327.9 |
| 78 | 2247.8 |
| 79 | 2345.9 |
| 80 | 2170.0 |
| 81 | 2134.6 |
| 82 | 2105.2 |
| 83 | 2308.8 |
| 84 | 3113.3 |

Promedio de 25 años: 2427.4 mm

Estación Macano Arriba (106-4)

| <u>Año</u> | <u>Precipitación Anual (mm)</u> |
|------------|---------------------------------|
| 72 | 5207.0 |
| 73 | 6401.0 |
| 74 | 9990.6 |
| 75 | 8559.8 |
| 76 | 3463.9 |
| 77 | 4991.2 |
| 78 | 4644.6 |
| 79 | 6544.2 |
| 80 | 4541.9 |
| 81 | 6241.7 |
| 82 | 4280.9 |
| 83 | 4213.1 |
| 84 | 6099.3 |

Promedio de 13 años: 5783 mm

ANEXO CBIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. INRENARE. Departamento de Aguas y Suelos. Estudio de la Cuenca del Río Chico #106 por Ing. Rosario Ramos. Mayo 1987.
2. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. OFICINA AMBIENTAL. Cuenca #106. Río Chico. Anexo de Mapas.
3. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. Informe de la Evaluación Social y Económica. Cuenca del Río Chico. Mayo, 1987.
4. IRHE. Edición de Anuarios de Caudales Diarios de las Estaciones del IRHE. Enero 1986.
5. TIPPETTS-ABBETT-McCARTHY-STRATTON (TAMS). Río Chico Pipeline Crossing. Chiriquí, Panamá. Study of Required Protection Works. Northville Industries Corporation, Melville, New York, August 1985.
6. ING. DOMINGO A. PERDOMO E. Informe sobre el Estudio del Río Chico, Provincia de Chiriquí. Panamá, abril de 1966.
7. MIDA. DIRECCION NACIONAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Departamento de Aguas y Suelos. Departamento de Agrometeorología. Proyecto FAO-MIDA. DESARROLLO DE LA PRODUCCION BAJO RIEGO. 30 abril 1985.
8. HOLMES, ARTHUR; HOLMES DORIS L. Geología Física. Ediciones Omega. Barcelona. 1980.
9. OFFICINE MACCAFERRI S.p.A. Bologna, Italia. Panamá- Planos #1325, 1325A; 1328, y 1328A. Julio 1984.
10. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. DIRECCION NACIONAL DE INSPECCIONES. Levantamiento Topográfico. Cuenca del Río Chico. Mayo 1987 (2 Tomos y planos).
11. DUNNE THOMAS; LEOPOLD LUNA B. Water in Environmental Planning. W.H. Freeman and Company. San Francisco 1978.
12. LINSLEY, KOHLER, PAULUS. Hidrología para Ingenieros. McGraw-Hill de México S.A. 1977.
13. HOLDRIDGE LESLIE R. Ecología basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica, 1982.

14. STRAHLER, ARTHUR N. Geografía Física. Ediciones Omega S.A. Barcelona 1986.
15. ITC. Photo-interpretation in Hydrology, A Geomorphological Approach; Delft, The Netherlands. 1970.