



**ORSTOM**

L' INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

# RIO MAMORE

HIDROMORFOLOGIA Y CAUDALES  
PUERTO VARADOR

## AUTORES

CN.DEMN Alfonso THAMES C.

Ingeniero Jacques BOURGES

Ingeniero Nestor ABASTO L.

T.N.ESNA Edgar ALBORNOZ

Ingeniero Luis M. CARRASCO

LA PAZ, MARZO DE 1993

# INDICE

## PRESENTACION

### CAPITULO I

#### INTRODUCCION

1.1	Generalidades	1
1.2	Objetivos	1

### CAPITULO II

#### CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA DE TRABAJO

2.1	Características Físicas	3
2.1.1	Localización y Extensión	3
2.1.2	Fisiografía de la Zona	4
2.1.3	Geología de la Zona	4
2.1.4	Cobertura Vegetal y Zonas de Vida	5
2.1.5	Clima	8

### CAPITULO III

#### HIDROGRAFIA

3.1	Hidrografía de la Sub-Cuenca	9
3.1.1	Río Grande ó Guapay	9
3.1.2	Río Ichilo	9
3.1.3	Río Chapare	10
3.1.4	Río Isiboro-Sécure	10
3.2	Levantamientos Hidrográficos	11
3.2.1	Control Horizontal	12
3.2.2	Control Vertical	12
3.2.3	Batimetría	12
3.2.4	Cartografía	12
3.2.5	Características	12
3.3	Características Fisiográficas y Morfométricas	13
3.4	Características Fluviales del Río Mamoré Sector Puerto Varador	14

## **CAPITULO IV**

### **ESTUDIO DE LOS CAUDALES**

4.1	Antecedentes	17
4.2	Módulos Anuales	17
4.2.1	Módulos Basados en el Año Civil	18
4.2.2	Módulos Basados en el Año Hidrológico	20
4.3	Variación Estacional de los Caudales	23
4.4	Caudales Promedios Mensuales de las Aguas Altas y Bajas	24
4.5	Crecidas Máximas y Estiajes	26
4.5.1	Crecidas Máximas	26
4.5.2	Estiaje	29
4.6	Desecación	31
4.7	Caudales Característicos	32

### **RELACION DE ANEXOS**

Anexo "A"	Mapa Topográfico, Cuenca Río Mamoré Hasta Puerto Varador.
Anexo "B"	Mapa Hidrográfico, Cuenca Río Mamoré Hasta Puerto Varador.
Anexo "C"	Carta de Navegación N° 147.
Anexo "D"	Curvas Hipsométricas y Perfiles Longitudinales.
Anexo "E"	Mosaico. Area - Puerto Varador.
Anexo "F"	Aforos y Curva de Calibración.
Anexo "G"	Hidrogramas Anuales. 1980 - 1991.
Anexo "H"	Caudales Máximos y Mínimos. 1980 - 1991.
Anexo "I"	Curvas de Caudales Clasificados. 1981 - 1989.

## P R E S E N T A C I O N

L'INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION (O.R.S.T.O.M.) y el SERVICIO DE HIDROGRAFIA NAVAL DE BOLIVIA (S.H.N.B.), en virtud del Convenio de Cooperación, Asesoramiento y Asistencia Técnica firmado en 1988, y con el afán permanente de brindar información especializada, se encuentran trabajando en forma conjunta en la ejecución de estudios y evaluaciones científicas de los recursos hídricos de la exuberante hylaea amazónica, cuyos resultados a corto y mediano plazo, proporcionarán a la comunidad técnica del País, datos que permitan de alguna manera favorecer la concreción de estudios y planes de desarrollo integral posteriores.

Un fruto de esas excelentes relaciones técnico-científicas, es el presente estudio Hidromorfológico e Hidrológico del Area de Puerto Varador (Río Mamoré) y el tratamiento morfométrico y estadístico respectivo a las peculiaridades regionales.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1. GENERALIDADES.

Bolivia presenta una maravillosa topografía, comprendida entre la majestuosidad de sus nevados, en los que se encuentran algunos de los más altos de la Cordillera de los Andes; los fértiles valles templados; y los inmensos llanos tropicales; constituyéndose en una síntesis geográfica del Continente Sudamericano.

La inmensidad territorial nacional, con significativos contrastes topográficos y climáticos, es surcada por grandes y caudalosos ríos, en su mayoría navegables, que se constituyen en el principal medio de interconexión de poblaciones ubicadas especialmente en el trópico.

En función a las disponibilidades económicas, dichos ríos están siendo objeto de estudios, habiéndose ejecutado algunos trabajos específicos, sin haber conseguido -sin embargo- a la fecha, contar con una evaluación que permita realmente identificar y sistematizar la información integral de todos ellos.

La O.R.S.T.O.M. y el S.H.N.B., en virtud del Convenio anteriormente nombrado, han ejecutado trabajos técnico-científicos, cuyo resultado es el presente **Estudio Hidromorfológico e Hidrológico del Area de Puerto Varador (Río Mamoré)**, que comprende el tratamiento morfométrico y estadístico de las peculiaridades de dicha zona.

Es pretensión de ambas Instituciones que los resultados de estos estudios, permitan determinar con carácter preliminar los períodos de retorno de las máximas y mínimas avenidas, a fin de elaborar pronósticos de las ondas de propagación de las crecidas y los tiempos de duración de las mismas, los que servirán para alertar a las comunidades asentadas a lo largo de las márgenes del curso principal del Río Mamoré, así como establecer la posible tendencia de las variaciones del curso de este río en dicha area.

#### 1.2. OBJETIVOS.

La Sub-Cuenca subtendida por el Río Mamoré desde sus nacientes hasta Puerto Varador, básicamente no ha sido objeto de estudios específicos, por lo que el presente trabajo tiene por principal objetivo, el de lograr un conocimiento profundo del régimen de escurrimiento, además de determinar los cambios hidromorfológicos que en ella se presentan y su distribución espacio-temporal. Para el efecto fué necesario seguir la siguiente metodología:

- Cuantificar y realizar el inventario de los datos Hidrométricos existentes en Puerto Varador.
- Evaluar el récord y el tipo de información recopilada.

- Crear archivos de datos accesibles y que puedan en el futuro, ser empleados para otros proyectos dentro de la Sub-Cuenca.
- Realizar un análisis cuidadoso de la información disponible, con el fin de contar con datos confiables, que permitan llegar a resultados satisfactorios.
- Determinar los caudales a nivel anual, mensual, diario e instantáneo, así como también los máximos y mínimos.
- Aplicar en cada uno de los procesos, programas dentro del campo de la Informática, dirigidos a la obtención rápida, y con mayor precisión, de los resultados.
- Establecimiento de la tendencia en los cambios hidromorfológicos suscitados en el área de Puerto Varador.

## CAPITULO II

### CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA DE TRABAJO

#### 2.1. CARACTERISTICAS FISICAS.

##### 2.1.1. Localización y Extensión.

La Sub-Cuenca del Río Mamoré, considerada para el presente estudio, se encuentra ubicada entre las coordenadas 14°53' y 20°06' de Latitud Sur y 062°39' al 066°54' de Longitud Oeste.

El ámbito geográfico que comprende esta vasta Sub-Cuenca, abarca el Sud-Oeste del Departamento de Santa Cruz, Norte de Potosí, Nor-Este de Chuquisaca, Sud-Este de Oruro y casi la totalidad de los departamentos de Cochabamba y Beni.

La superficie del área de drenaje, determinada en base a la cartografía del Mapa Hidrográfico Esc. 1:1'000.000 hasta Puerto Varador, es del orden de 148.000 Km<sup>2</sup>.

El Río Mamoré, en cuya márgen derecha se encuentra Puerto Varador, constituye el Eje que cruza la región central del País de Sud a Norte, casi paralelamente al meridiano 065°W, abarcando entre Puerto Villarroel y Puerto Varador, aproximadamente 470 Km.

Por bañar sus aguas en su recorrido, territorios departamentales de Cochabamba, Santa Cruz y Beni, este río se constituye en la actualidad, en el principal medio de interconexión entre esos departamentos, ya que en determinados meses del año (Epoca de aguas altas), las vías camineras se encuentran prácticamente intransitables.

Puerto Varador, se encuentra ubicado en las coordenadas 14°52'31".3 de latitud Sur y 064°59'22".3 de longitud Oeste. Es el Puerto intermedio más importante en el tramo Puerto Villarroel-Guayaramerín; distante de la Ciudad de Trinidad en aproximadamente 20 Km., por carretera.

En este puerto, se concentra toda la carga proveniente de Puerto Villarroel y Guayaramerín con destino a la capital beniana, como también, la carga que sale de ella con diferentes destinos. No cuenta con ningún tipo de instalaciones portuarias que permitan operaciones seguras de las naves, teniendo que suplir esta carencia, con la ocupación de estibadores en el manipuleo de carga y descarga y el uso de algunos métodos rudimentarios para dicha tarea. Así mismo, los navegantes tienen que adecuar sus operaciones con respecto a las fluctuaciones de los niveles del Río, de acuerdo a las diferentes épocas del año.

Puerto Varador tiene una población ambulante, ya que prácticamente abandona el lugar en la época de aguas altas, con el fin de buscar resguardo en lugares aledaños más altos, para volver nuevamente a instalarse en dicho Puerto, en la época de estiaje.

Cuando las aguas inundan el Puerto y sus inmediaciones, es imposible su utilización, debiendo los navegantes hacer uso del Corte Toribio hasta Puerto Almacén o prolongar su navegación hasta la confluencia con el Río Ibare (Aguas abajo), para posteriormente arribar éste Río, hasta alcanzar Puerto Loma Suarez o Puerto Almacén, ó, en casos excepcionales, llegar a las inmediaciones de la Circunvalación de la Ciudad. Estos últimos puertos señalados tampoco cuentan con instalaciones portuarias, que permitan operaciones seguras de los navegantes fluviales.

### **2.1.2. Fisiografía de la Zona.**

La Divisoria de la Sub-Cuenca del Río Mamoré está configurada por la línea topográfica de los siguientes accidentes orográficos: de Oeste a Este, siguiendo la sección Oriental de la Cordillera Tres Cruces, Los Frailes (Cordillera de Levichuco), para luego seguir por los cerros Wila Kollu, Saketa, Kellu, Canatiri, Ravelo, Tarabuco, Jatun Cerro, Matancería, Azurduy, y continuar por la planicie de la Provincia Cordillera del Departamento de Santa Cruz, hasta las inmediaciones de los bañados del Abapó e Izozog.

La diferencia de relieve está determinada por las siguientes cotas: Altitud 5383 m.s.n.m., correspondiente al punto más alto (Morococal) y el Puerto de Varador con 154 m.s.n.m. (Ver Anexo "A").

### **2.1.3. Geología de la Zona.**

De acuerdo a la clasificación realizada por Federico Ahfeld, la Sub-Cuenca del Río Mamoré comprende 4 regiones morfoestructurales que son: Andina, Sub-Andina, Pié de Montaña y Llanura Beniana.

Todas las nacientes de esta Sub-Cuenca comienzan en las estructuras de la Cordillera Real u Oriental.

#### **a. Regiones Andina y Sub-Andina.**

Las principales rocas de estas regiones son del tipo: Areniscas, Lutitas, Pizarras, Cuarzitas, Calizas y Conglomerados.

Debido a la gran pendiente en la cabecera de estos ríos, existe alta erosión de las rocas antes citadas, produciéndose su deposición en la parte baja de la Sub-Cuenca. Estas regiones, que constituyen la cabecera de los ejes fluviales Ichilo-Mamoré y Grande, están caracterizadas por pertenecer a las edades Paleozoica o Primaria, Mesozoica o Secundaria, Cenozoica o Terciaria y Cuaternaria o Reciente.



**b. Regiones Pié de Montaña y LLanura Beniana.**

La característica fundamental de éstas regiones, es la transición del Régimen Torrencial al Laminar, con presencia de conos aplanados de deyección, de donde se infiere que en estos espacios geográficos con respecto a las regiones anteriores, se observa la presencia de mayor cantidad de material en suspensión, es decir, que la turbidez de las aguas es mayor.

Estas regiones pertenecen a las edades geológicas Cenozoica o Terciaria (Pié de Montaña) y Cauternaria o Reciente (LLanura Beniana). En esta última Región, los suelos de tipo aluvial producto de la erosión y deposición de las rocas antes mencionadas.

En general, se puede afirmar que la conformación de los suelos de la llanura beniana presentan mantos de loess, limos, arcillas y arenas en su generalidad.

La poca altura sobre el Nivel del Mar, la escasa pendiente (0.004%) y la fuerte precipitación pluvial (1700 a 1900 mm de promedio anual), hacen que los ríos que surcan por este sector, corran formando grandes meandros con cauces divagantes.

Es también propio de la región, la presencia de lagunas rectangulares, cuadradas y elípticas, de fondo plano y paredes verticales de poca altura, con tamaños que varían de 0.3 a 18 Km. de largo. Probablemente deben sus formas a diaclasas y fracturas de basamento.

Estas características geológicas propias de la región, hacen surgir las siguientes dificultades a la navegación:

- Traslado de sedimentos de los tipos grava y arena, propio de las montañas, hacia los llanos.
- Formación de bancos de arena en la desembocadura de los afluentes, en las proximidades de las islas y en las secciones transversales muy anchas y de playas extensas.
- Contínuos cambios de curso del canal, principalmente en forma de cortes y variación progresiva de los meandros; situación muy particular de las inmediaciones de Puerto Varador.

**2.1.4. Cobertura Vegetal y Zonas de Vida.**

La Flora y Fauna de la Sub-Cuenca del Río Mamoré, no son muy conocidas por la falta de estudios exhaustivos, principalmente en las regiones del Chaco y la Amazonía en particular.

**a. Flora.**

Esta Sub-Cuenca, además de ser muy extensa, posee una gran diferencia de altitudes, algunos ríos nacen en las montañas nevadas, a mas de 5000 m. y confluyen en el Río Mamoré (Pto Varador) a 154 m. Estas características, hacen que el número de regiones ecológicas sea muy variado, lo cual proporciona una gran variedad de especies vegetales y animales.

En la Sub-Cuenca, se encuentran 3 formaciones muy importantes: la más pequeña en extensión es la que corresponde a la Formación Chaqueña, ubicada en el Sur de la Sub-Cuenca, otra es la que corresponde a la Faja de Valles Montañosos, situada entre la zona andina y las llanuras orientales, con la presencia de valles húmedos (Chapare y Yungas) y valles secos; y por último está la zona de la LLanura Beniana que ocupa casi todo el departamento del Beni.

La primera Zona, que corresponde a la FORMACION CHAQUEÑA, es la más seca de las formaciones de la Sub-Cuenca y por lo tanto con escasa flora. Por su importancia económica es interesante mencionar el Quebracho Colorado y el Quebracho Blanco.

La segunda Zona, corresponde a los VALLES MONTAÑOSOS, que presenta valles húmedos y secos. Esta región de bosque sub-tropical muestra especies vegetales, como árboles de la zona alta de los Valles representados por la Keñua y el Aliso; en los Yungas propiamente dichos, se tienen árboles como el Nogal, el Pino de Monte y el Laurel, nombre común para varias especies de los géneros Nectandra y Ocotea, es también importante mencionar el árbol del Quino, del cual se obtiene la Quinina. Especies de interés económico son la Chirimoya y fundamentalmente la Coca, el Pacay y el Paquió.

En las zonas mas bajas de éstos valles húmedos, situada al pié de monte de la Cordillera Oriental, se tienen especies de árboles maderables como la Mara, el Ochoó y el Cedro; otros árboles interesantes son el Palo Santo y el Ambaibo. Las especies como el Cacao y la Yuca, se cultivan por su importancia alimenticia. Los valles interandinos secos, presentan una menor cantidad de especies y no son tan importantes como los Yungas y el Chapare, ya que se encuentran en regiones restringidas del Departamento de Cochabamba; entre los árboles más importantes de la Región están el Molle, el Algarrobo y otras especies de los géneros Fagara, Acacia y Cariaca. También están presentes diversas especies de cactáceos de algunos géneros como Opuntia y Cereus.

La tercera formación vegetal se encuentra en las LLANURAS DEL BENI, principalmente compuesta por bosque tropical húmedo, con regiones de sabana, donde siguiendo el curso de los ríos se tienen bosques de Galería y, en los lugares no suceptibles de inundación, bosques de Isla. Los árboles de ésta Región son más grandes que los de los valles interandinos y algunos son maderables, de ellos mencionaremos

el Roble, el Mapajo, el Ochoó, la Mara y el Bibosi. Algunas frutas de la Región, están representadas por el Achachairú y el Bf.

**b. Fauna.**

La Fauna de la Sub-Cuenca, es la más diversa de nuestro territorio, debido al número de regiones que están representadas. Los mamíferos, entre los cuales destacan muchas especies, que serán expuestos por órdenes: entre los marsupiales es importante mencionar a la Comadreja, el Calicorto Gris y varias especies de Marmosas; entre los quirópteros existen varios géneros ampliamente distribuidos, de ellos citaremos al Vampyrops, Artibeus, Desmodus, etc.. Los Primates están representados por varias especies comunmente llamados Monos, contándose entre ellos al Mono Cuatro Ojos o Mirikina, el Capuchino, el Mono Araña o Marimono y el Mono Aullador o Manechi, etc.. Los desdentados comprende un grupo importante, de los cuales se cuenta con especies como el Oso Bandera y el Perezoso; entre los armadillos se tiene el Pejichi, el Tatú y el Pejí. De los carnívoros existen pocas especies en la Sub-Cuenca, algunos de los cuales son: el Tejón, el Oso Melero, el Ucumari, el Jaguar (el mayor felino del nuevo mundo), el Ocelote y el Puma. El único cetáceo de nuestras aguas que se encuentra en el Río Mamoré, es el Bufeo, que siendo mamífero tiene hábitos absolutamente acuáticos.

Las aves de la Sub-Cuenca del Río Mamoré, tienen una gran importancia ya que se cuenta con un considerable número de especies, muchas de éstas relacionadas con el ambiente acuático. Entre ellas tenemos: El Piyo o Ñandú, las Perdices, Pato Cuervo, el Pato Víbora. Entre las garzas podemos citar a la Garza Blanca, el Huaca Bobo, la Garcita Bueyera; al margen de ellas se cuenta con una amplia gama de Patos, caracterizados en función a su hábitat. El Cóndor tropical, carroñero de gran envergadura, aunque menor a la del Cóndor de los Andes. Entre los rapaces se distinguen el Aguila Tropical o Harpía, los Halcones, la Pava de Monte, etc.

Los reptiles de la Sub-Cuenca son numerosos, entre los cuales figuran los Lagartos, la Sicurf, la Boyé, la Yeyú, existen además numerosas Culebras, la Azirú, la Culebra Verde, etc. ; entre los reptiles venenosos se cuenta con la temida Pucarara, la Yoperjobobo, la Víbora Loro, etc.

Entre los peces de valor económico se cuenta con el Surubf, Pacú, Tambaquf, el Dorado, el Simicuyo; resulta interesante además mencionar la Raya del género Potamotrygon, la Anguila Eléctrica y varias especies de Pirañas, que habitan en la parte baja de la Sub-Cuenca.

**2.1.5. Clima.**

La Sub-Cuenca del Río Mamoré en su generalidad está sujeta a la influencia de dos grandes masas de aire provenientes del cinturón ecuatorial y

del antártico, que constituyen los reguladores del Clima en función de las latitudes.

Por la extensión y la configuración topográfica de la Sub-Cuenca del Río Mamoré, su climatología es muy diversa, ya que cuenta con climas fríos, templados y cálidos.

**a. Zona de Influencia del Río Grande.**

La característica principal de ésta Zona, constituye las bajas temperaturas, sin sustanciales cambios térmicos.

En las partes altas de la Cordillera Oriental, la precipitación media anual tiene un orden de magnitud de 500 a 700 mm./año, con temperaturas medias del orden de 10°C. a 20°C. La humedad relativa de la Zona es del 40% aproximadamente.

Por la información señalada, se puede definir a la Zona de influencia del Río Grande como FRIA Y SEMISECA.

**b. Zona de Influencia del Río Chapare.**

Esta Zona, se caracteriza por representar el promedio de temperaturas de la Sub-Cuenca, la variación de temperaturas entre el mes más caliente y el más frío, raras veces supera los 10°C.

El promedio mayor de temperaturas corresponde al mes de marzo con 35.4°C. en la Estación de Chipiriri (Chapare), las mínimas temperaturas promedio corresponden al mes de Junio con 13.3°C.

La precipitación límite corresponde a 1400 y 6000 mm por año. La humedad relativa de la región es aproximadamente del 70%. Esta Zona presenta un clima TROPICAL HUMEDO.

**c. Zona de la Llanura Beniense.**

A diferencia de las otras Zonas, esta se caracteriza por sus elevadas temperaturas y alto índice de humedad relativa, comprende las llanuras de Santa Cruz y del Beni. Se caracteriza por su clima húmedo propio de la sabana tropical, con inviernos secos. Las precipitaciones medias anuales están en el rango de 1700 a 1900 mm por año y temperaturas medias anuales del orden de 22°C. a 26°C.

En conclusión se puede definir esta Región como CALIDA y HUMEDA.

## CAPITULO III

### HIDROGRAFIA

#### 3.1. HIDROGRAFIA DE LA SUB-CUENCA.

La Sub-Cuenca del Río Mamoré desde su nacimiento recibe la afluencia de numerosos ríos, los mismos que en orden de importancia serán referidos individualmente. Estos ríos son: Grande o Guapay, Ichilo, Chapare y el Río Sécore (Ver Anexo "B").

##### 3.1.1. Río Grande o Guapay

El Río Grande o Guapay, tiene su cabecera en las estribaciones de la Cordillera de Cochabamba, desde donde escurre con el nombre de Río Jatum Mayu, el mismo que bordeando las poblaciones de Punata y Tolata llega a la Ciudad de Cochabamba, donde toma el nombre de Río Rocha; fluyendo en dirección Sur, llega a unirse con el Río Arque (proximidades de la Población de Capinota), tomando a partir de éste punto el nombre de Río Caine, cuyo desplazamiento sigue la dirección Sud-Este, hasta confluir con el Río San Pedro, para luego recibir el denominativo de Río Grande; el mismo que se desplaza en dirección Este, recibiendo por la margen derecha la afluencia de los ríos: Ulupicani, Toco Khala, Chico, Presto, Pasopaya, Rodeo, Potrero, Maguey, El Salto, Tablas, Tomina, Yunguillas, Haciendita, Cochabambillo, Azero, Frías, Honda, Ñancahuazú; por la margen izquierda los ríos: Novillero, Naranjitayoj, Lagar, Callao, Bandorcito, Oso Aguadas, Cañahuecal, Mizque, Higuera, Santa Elena, Piray Pani, Pesca, Masicurí y Rositas. Una vez en la llanura (proximidades de los bañados de Abapó Izozog), el Río Grande además recibe el denominativo de Guapay y escurre en dirección Norte, para luego (proximidades de Latitud 17° y Longitud 063°), infiltrarse y escurrir por percolación hasta nuevamente aflorar en las coordenadas Latitud 16°02'5" y Longitud 064°00'0", recibiendo posteriormente las aguas del Río Piray y desembocar en el Río Mamorecillo en el Km. 270 aproximadamente, formando el Río Mamoré.

El Río Grande o Guapay (aguas abajo de Puerto Villarroel), mientras escurre por la llanura, al margen de los escasos ríos intermitentes y arroyos que desembocan en él, cuenta solamente con el aporte importante de las aguas del Río Piray, el mismo que a su vez tiene como afluente al Río Yapacaní.

##### 3.1.2. Río Ichilo.

El Río Ichilo, nace en las estribaciones de la Serranía Racete, con el nombre de Río Alto Ichilo, el mismo que, al recibir las aguas del Río Moyja, toma el denominativo de Río Ichilo propiamente, para luego escurrir en dirección Norte, recibiendo como afluentes por la margen derecha a los ríos: Moile, Vfbora, Choré o Ibabo y el Arroyo Landívar (el cual se hace mención en razón de la magnitud de su caudal). Por la margen izquierda aportan sus aguas los ríos: San Mateo, Leña, Bulo Bulo, Izozog, el importante aporte del Isarsama y en especial del Río Sajta (en cuyas proximidades de afluencia se encuentra Puerto Villarroel), luego

afluyen el Ivirgarsama, el Chimoré y por último el Rfo Useuta; siguiendo su curso hasta confluir con el Rfo Chapare, con el que forman el Rfo Mamorecillo.

Un afluente importante del Rfo Ichilo, que por la magnitud de su caudal será objeto de estudio, es el Rfo Sajta, cuyas nacientes están en las estribaciones de la Serranía Racete y Cochabamba, surgiendo con el nombre de San Miguel, que al confluir con el Rfo Tranca forma el Rfo San Mateo, el mismo que en su trayectoria hacia el norte recibe las aguas de los ríos: Chontal y Playa Ancha; a partir de la confluencia de los ríos San Mateo y Cristal, recibe el denominativo de Rfo Sajta, el mismo que por su margen derecha recibe ríos con caudales poco significativos y por la margen izquierda cuenta con los aportes de los ríos: Curiri, Alizar, Sajtita y Cristal Mayu. El Rfo Sajta al desembocar en el Rfo Ichilo aproximadamente a 7.5 Km. al Sur de Puerto Villarroel, entrega un importante caudal, prácticamente similar al que escurre por el Rfo Ichilo.

El Rfo Chimoré, tiene su cabecera en la sección Oriental de la Cordillera de Cochabamba, y surge con el nombre de Rfo Blon, el mismo que luego de escurrir por un pequeño tramo y recibir el aporte de pequeños arroyos, toma el denominativo de Rfo Chimoré, éste, recibe aportes por la margen derecha de los ríos Osos e Icersama; por la margen izquierda, de los ríos: Yuracaré, Asna Mayu, Portón e Icharco, para luego afluir hacia el Rfo Ichilo y desembocar aproximadamente a 18 km. aguas abajo de Puerto Villarroel.

### **3.1.3. Rfo Chapare.**

El Rfo Chapare tiene su cabecera en las estribaciones de la Cordillera de Cochabamba, a partir de algunas lagunas de deshielo, que al unir sus vertientes forman el Rfo Palca Mayu, el mismo que en su trayecto recibe los aportes de los ríos Sivingani, Chaqui Mayu, Chulumani y Maravillas, para luego confluir con el Rfo Corani y tomar el denominativo de Rfo Juntas de Corani, el mismo que en su trayecto hacia el Sur-Este, recibe las aguas del Rfo Espfritu Santo y Minas Mayu. El Rfo Juntas de Corani atraviesa las inmediaciones de la Población de Villa Tunari, para luego confluir con el Rfo San Mateo, a partir de cuya unión pasa a denominarse Rfo Chapare, el mismo que por su margen derecha recibe las aguas del Rfo Coni, y por la margen izquierda el aporte de algunos arroyos; desembocando en el Rfo Ichilo en el Km. 235 aproximadamente aguas abajo de Puerto Villarroel, a partir de cuya confluencia pasa a recibir propiamente el nombre de Rfo Mamorecillo. El Rfo Chapare tiene gran importancia, por ser uno de los afluentes más significativos del Eje Ichilo-Mamoré.

### **3.1.4. Rfo Isiboro - Sécure.**

El Rfo Sécure tiene su cabecera en las inmediaciones de las Serranías de Marimono y Mosetenes, y surge con el nombre de Cascarillas que al unirse con el Rfo Natusama, forman el Rfo Sécure, el mismo que tiene como afluentes importantes por la margen derecha a los ríos: Iriplumo e Isiboro; por la margen izquierda, arroyos que por su escasa importancia no serán señalados; afluyendo al Rfo Mamoré en las proximidades del Km. 417, aguas abajo de Puerto Villarroel.

El Río Isiboro, es el mayor afluente del Río Sécure, nace en las postrimerías de la Serranía Mosetenes con el mismo nombre, recibiendo a lo largo de su curso el aporte de los siguientes ríos: por la margen derecha se cuenta con el Isinota, Chicha-Jatuta, Eteremasama y Chipiri (el más importante), y por la margen izquierda al Sasama, Ichoa e Ipensama.

El Río Chipiriri, nace en las inmediaciones de la población de Villa Tunari, con el nombre de Río Colorado, recibiendo a lo largo de su curso, el aporte de algunos arroyos, para luego fluir hacia el Río Isiboro.

Indudablemente, si se toma en cuenta la longitud de los afluentes que forman el Río Mamoré, su cabecera sería la misma que la del Río Grande o Guapay; sin embargo en razón de la magnitud del caudal y efectuada la consideración de la navegabilidad, lo es el Río Ichilo, con el cual constituyen el Eje fluvial Ichilo-Mamoré; efectuada esta consideración, la cabecera del Río Ichilo, lo es también del Río Mamoré y en su curso orientado hacia el Norte, sigue en forma paralela al meridiano 65° W., surcando el País de Sur a Norte.

Se denomina Río Ichilo, desde la confluencia de los ríos Alto Ichilo y Moyja, hasta confluir con el Río Chapare, desde donde recibe el denominativo de Río Mamorecillo hasta recibir los aportes del Río Grande o Guapay, a partir de cuya unión surge el Río Mamoré, el mismo que atraviesa prácticamente todo el Departamento del Beni, para formar posteriormente el Río Madera, luego de recibir las aguas del Río Beni.

El área de drenaje de la Sub-cuenca Hidrográfica del Río Mamoré, hasta Puerto Varador, incluyendo sus tributarios o afluentes es del orden de 148.000 Km<sup>2</sup>.

El drenaje es de tipo dentrítico a subdentrítico en las cabeceras y paralelo en las partes bajas.

### **3.2. LEVANTAMIENTOS HIDROGRAFICOS.**

A partir de 1978, El S.H.N., inicialmente en coordinación con la Misión del reino de Bélgica y luego, como único ente responsable del área, ejecutó trabajos relativos a los levantamientos hidrográficos en el Eje Ichilo-Mamore, los mismos que también contemplaron trabajos complementarios de carácter Hidrométrico.

Como resultado de dichos trabajos, se cuenta con la cartografía fluvial de 521 Km. (Ver Anexo "C"), desde Puerto México (Km. 64 aguas abajo de Puerto Villarroel), hasta la Estancia Buenos Aires (Km. 585, aguas abajo de Puerto Villarroel). Al margen de esta información cartográfica, se cuenta con hojas de Bordo del tramo Puerto Villarroel y el Km. 44 (Aguas abajo de Puerto Villarroel).

Estos trabajos fueron ejecuatados de acuerdo a las normas establecidas por el BURO HIDROGRAFICO INTERNACIONAL (B.H.I.), cuya metodología se describe someramente a continuación.

### **3.2.1. Control Horizontal.**

Para el Control Horizontal correspondiente, se ejecutaron poligonales electrónicas de Tercer Orden Geodésico, a partir de puntos de coordenadas conocidas, proporcionadas por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M.), dicha poligonal en todo los casos fué orientada mediante Azimut Geográfico.

Las observaciones angulares se realizaron con teodolitos WILD T-2, habiéndose efectuado 6 reiteraciones; aplicándose a cada serie el correspondiente criterio de Chauvenet.

En algunos casos y para facilitar los trabajos de sondaje se procedió a la determinación de Puntos de Apoyo al Sondaje, los mismos que fueron radiados de la red principal.

### **3.2.2. Control Vertical.**

A fin de dar altitud a los vértices de la Poligonal Electrónica, se procedió a la nivelación trigonométrica, paralelamente a los trabajos de Control Horizontal.

### **3.2.3. Batimetría.**

La metodología empleada en el Sondaje fué la de establecer líneas perpendiculares a la ribera y otras de verificación paralelas a dicha ribera.

La Embarcación sondadora fué posicionada mediante el método de intersección adelante, es decir a través del corte de ángulos, a partir de dos estaciones de coordenadas conocidas.

Los valores de sondaje obtenidos recibieron un tratamiento posterior, al ser corregidos por Nivel de Reducción, Inmersión del Transductor y la Corrección por Calibración del Instrumento.

### **3.2.4. Cartografía.**

Los 521 Km. que fueron objeto del Levantamiento hidrográfico, se plasmaron de acuerdo a las normas establecidas para la elaboración de Cartas Náuticas; habiéndose ejecutado su impresión en coordinación con el I.G.M. y con material proporcionado por LA AGENCIA INTERAMERICANA DE GEODESIA Y CARTOGRAFIA (I.A.G.S.); dichas cartas fueron oportunamente distribuidas a los navegantes fluviales y establecido cursillos sobre la aplicación técnica de las mismas.

### **3.2.5. Características.**

En base a los levantamientos hidrográficos ejecutados, fué posible establecer las siguientes características:

La profundidad máxima del Río Ichilo es de 18.6 m, en el Km. 100 aguas abajo de Puerto Villarroel, observadas en el nivel de aguas mínimas. Su ancho



máximo es de 420 m., en el Km. 75; correspondiendo el ancho mínimo a 150 m., en el Km. 137. Asimismo, se efectuaron mediciones por tramos, obteniendo un ancho promedio de 284 m.

El Río Mamoré registra su máxima profundidad con un valor de 19.0 m. en el Km. 456, a partir de Puerto Villarroel (Tramo Boca Chapare-Estancia Buenos Aires). El ancho máximo, es de 1500 m. en Guayaramerín en el Km. 1317.

### **3.3. CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS Y MORFOMETRICAS**

Las características fisiográficas y morfométricas de la Sub-Cuenca del Río Mamoré, son sumamente complejas y no obedecen simplemente a un concepto geométrico, sino a un cierto conjunto de interacciones de factores climáticos, litológicos y biológicos dependiendo fundamentalmente de las formas bajo las cuales se presenta el agua.

En consecuencia la morfología de la Sub-Cuenca del Río mamoré resulta complicada debido a la diversidad de zonas fisiográficas desde los Andes Orientales pasando por los Valles y Yungas Subtropicales para luego rematar en los Llanos Benianos, cuyo estudio del régimen del escurrimiento es el objetivo del presente trabajo.

En éste sentido, se ha procedido en primer término con la determinación de las magnitudes fisiográficas e índices morfométricos más importantes de la Sub-Cuenca del Río Mamoré hasta Puerto Varador y por ende el de los principales afluentes detallados en el Cuadro 3.3.A.

En el Anexo "D", se muestran los gráficos de cuencas Hipsométricas y perfiles longitudinales, de los afluentes más importantes.

Estos resultados obtenidos con carácter preliminar permitirán interpretar y comprender el comportamiento del régimen hidrológico en cada una de las sub-cuencas mencionadas. Naturalmente, éste comportamiento es atribuible a las formas de las sub-cuencas y sus alturas relativas, las cuales innegablemente influyen decisivamente sobre los principales factores que tienen que ver con el ciclo hidrológico, como la distribución de la precipitación a nivel temporal y espacial, escorrentía, infiltración y formación de aluviones y sedimentos.

## CUADRO No. 3.3.A.

MAGNITUDES FISIOGRAFICAS E INDICES MORFOMETRICOS  
SUB-CUENCA - RIO MAMORE

PARAMETROS	UNIDAD	SUB-CUENCA MAMORE HASTA PTO. VARADOR	SUB-CUENCA CHIMORE-ICHILO	SUB-CUENCA CHIMORE	SUB-CUENCA CHAPARE	SUB-CUENCA ISIBORO-SECURE
Longitud Río Principal L	Km.	1310	526	160	340	320
Parámetro de la Sub-Cuenca P	Km.	1985	608	315	628	645
Area de Drenaje A	Km <sup>2</sup>	148.000	15.760	2.500	7.880	16.250
Longitud Total de Ríos L <sub>r</sub>	Km.	24.414	3993	552	1658	2552
Indice de Capacidad I <sub>c</sub>	A Dimen	1.44	1.36	1.76	1.98	1.42
Factor de Forma F <sub>f</sub>	A Dimen	0.086	0.057	0.098	0.068	0.159
Pendiente Media del Río Princ.	%	0.37	0.73	0.68	1.20	1.2
Frecuencia o Densidad de Ríos	N°Ríos/km <sup>2</sup>	0.025	0.039	0.054	0.056	0.015
Densidad de Drenaje	Km/Km <sup>2</sup>	0.165	0.253	0.221	0.210	0.157
Ext. Med. de Escurrim. Superfic.	Km <sup>2</sup> /Km	1.52	0.986	1.132	0.188	1.592
Indice de Torrencialidad	N°Ríos/Km <sup>2</sup>	0.014	0.021	0.029	0.019	0.008
Indice de Pendiente	A Dimen.	0.063	0.0738	0.1181	0.3728	0.0849
Orden de Ríos	A Dimen.	7°	5°	4°	5°	5°

## 3.4. CARACTERISTICAS FLUVIALES DEL RIO MAMORE SECTOR PUERTO VARADOR.

En base a las fotografías aéreas a Escala aproximada 1:40 000, correspondiente al período 1975-1987 (Ver Anexo "E"), del área fluvial aguas arriba y abajo de Puerto Varador, se clasifica al Río Mamoré como un curso fluvial de tipo meándrico.

Tomando en cuenta la descripción internacional, los ríos meándricos presentan por lo general en su orientación inflexiones más o menos regulares y sinuosidades pronunciadas tal como se puede observar en el mosaico área Puerto Varador (Anexo "E").

En efecto, tomando la transparencia de 1975 como referencia, para establecer comparaciones sobre la dinámica del río; en primer término se puede observar en ésta la existencia de meandros aguas abajo de Puerto Varador, constituida por altas barrancas y profundas hoyas en el lecho; mientras que en las márgenes opuestas la pendiente del banco que se forma es muy suave.

Por otra parte se puede distinguir, que entre puntos de máxima inflexión de las curvas se presentan trechos del cauce principal relativamente rectos.

En las curvas próximas a Puerto Ganadero el flujo incidente produce una ligera elevación del nivel de las aguas contra las barrancas altas, coexistiendo una componente de la velocidad aguas abajo del río y otra lateral más débil dirigida hacia la barranca; es de ésta manera que las velocidades y las turbulencias máximas se encuentran durante las crecidas cerca de las altas barrancas, mientras disminuye en las riberas opuestas.

Durante las crecidas extraordinarias, aumenta la pendiente hidráulica y las corrientes de agua tienden a buscar el camino más corto tratando de enderezar el canal; a consecuencia de éste fenómeno, los materiales socavados de las barrancas son suspendidos y transportados de los meandros para depositarlos en el banco lateral correspondiente a la primera vuelta aguas abajo de Puerto Varador.

Este proceso dinámico obliga la migración de los meandros aguas abajo (ver mosaico) así como la sorprendente erosión de las correspondientes a la barranca alta de Puerto Varador.

Continuando con el análisis de la dinámica del Río Mamoré en base a la superposición de las transparencias correspondientes a diferentes períodos detallados, éste presenta interesantes cambios morfológicos en el sector de Puerto Varador.

En efecto, después de cuatro años (1979), el curso principal del Río Mamoré tanto aguas arriba y aguas abajo de Puerto Varador, experimentó cambios significativos; particularmente en lo que concierne a los radios de curvatura de los meandros que son en definitiva los causantes de una erosión y socavación acelerada en la barranca alta de Puerto Varador. Para corroborar este cambio aguas abajo de puerto Varador el Río Mamoré rectificó su curso a consecuencia del cual se generó un corte del meandro en la zona más conocida como "Laguna del Diablo".

Posteriormente el año 1985, el curso principal del Río Mamoré experimenta profundos cambios morfológicos particularmente en lo que corresponde a la formación de los menadros notándose que los radios de curvatura se expanden con dirección Oeste; provocando fuertes erosiones y socavamientos que han generado nuevos cambios de dirección con rumbo Este y finalmente tomar una dirección Nor Oeste.

A consecuencia de estos cambios el curso principal del Río Mamoré se ha desplazado 300 mt. aproximadamente hacia el Este.

Observando la transparencia superpuesta, se puede afirmar que a consecuencia de este notable cambio de la morfología, el sector de Laguna del Diablo quedó cortado definitivamente (Bucle) por efecto de una nueva rectificación del curso principal.

Para concluir este análisis preliminar de los cambios morfométricos, podemos señalar que durante la Gestión de 1987 se experimentaron ligeras alteraciones a lo largo del curso principal, con respecto al período anterior (1985). Sin embargo, se debe destacar que la zona de Puerto Varador sufre un notable incremento de las áreas erosionadas y socavadas, quedando nuevamente en peligro las instalaciones portuarias, viviendas y el camino de acceso, debido al desplazamiento hacia el Este de aproximadamente 600 m., acercándose peligrosamente al primer meandro de Corte Toribio; por lo cual, de proseguir esta tendencia, el Río Mamoré ingresaría hacia el Río Ibare con los consiguientes riesgos para Trinidad y otras poblaciones ribereñas.

Cabe destacar que en la gestión de 1992, se presentó la crecida extraordinaria más importante que la experimentada en 1947, según confirmaron las autoridades de Trinidad. Esta onda de crecida provocó grandes desastres económicos y nuevos cambios morfológicos tanto aguas arriba y abajo de Puerto Varador.

En efecto la última prospección realizada por el experto de la ORSTOM, confirma la formación de un nuevo canal aguas arriba de Puerto Varador, cuyo curso afluye en la zona de Laguna del Diablo y próxima a Puerto Ganadero, originando graves dificultades y mayores costos de transbordo a las moviidades que transitan la carretera Trinidad - San Ignacio de Moxos.

En el cuadro 3.4.A., se puede observar claramente las variaciones de los parámetros morfométricos del sector estudiado para los diferentes períodos anteriormente detallados.

**Cuadro 3.4.A: MORFOMETRIA DEL SECTOR AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO RIO MAMORE - PUERTO VARADOR.**

AÑO	LONGITUD LINEA MEDIA Ls(km)	LONGITUD DE MAXIMAS VELOCIDADES Lk(km)	COEFIC.DE DESARROLLO F = Ls/Lk	LONGITUD DE $\delta = 64Qb^{0.5}$ (m)	AMPLITUD DE LA ONDA A = 2.7 b <sup>1.1</sup> (m)	RADIO DE CURVATURA r = 2.3b <sup>1.0</sup> (m)	ANCHO DEL RIO b = 6Qb <sup>0.5</sup> (m)
1975	13.6	23	0.59	5.900 * 5.600 **	2.807 * 2.200 **	1.272 * 1.300 **	553 * 450 **
1979	13.6	21	0.65	4.530 **	2.000 **	1.340 **	530 **
1985	13.6	25	0.54	5.100 **	3.400 **	1.265 **	485 **
1987	13.6	28	0.49	4.700 **	4.040 **	2.057 **	471 **

NOTA.- \* Calculado

\*\* Datos medidos en base a la planimetría

Qb = 8500 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, Caudal de crecida antes de revasar la márgen

## CAPITULO IV

### ESTUDIO DE LOS CAUDALES

#### 4.1. ANTECEDENTES

La Estación de Puerto Varador, cuenta a la fecha, con un registro de lecturas de escala de Agosto/1980 a Noviembre/1991, distribuidos en dos períodos; lecturas tomadas en Puerto Ganadero (1980-1985) y lecturas tomadas en Puerto Varador (1986-1991) a 4 Km. aguas arriba de la primera.

En dicho período se efectuaron, a través de campañas de medición de la misión ORSTOM, 14 aforos que fueron tratados convenientemente con el fin de obtener las curvas que permitan calibrar la estación (Ver Anexo "F"), para de ésta manera obtener los caudales.

Es conveniente remarcar que los caudales obtenidos, con el fin de contar con una muestra homogénea, se hallan ya reducidos al sitio de medida en Puerto Varador.

#### 4.2. MODULOS ANUALES

Al exámen de la serie de los módulos que figuran en el Cuadro 4.2.A. y representada por los histogramas de las Figuras 1(año Civil) y 4(año Hidrológico), se constata que en ambos casos se tiene un decrecimiento progresivo a partir de 1982 (81/82) hasta 1991 (90/91) con 1988 (87/88) como un año de escurrimiento extraordinario para dicho comportamiento.

**Cuadro 4.2.A: Caudales promedios anuales en m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (1980 - 1991)**

#### AÑO CIVIL

81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
3090	4010	3540	3590	3320	2930	2460	3280	2300	2330	1940

#### AÑO HIDROLOGICO

80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91
2830	3950	3910	3350	3590	2880	2440	3460	2370	2060	2000

**4.2.1. Módulos Basados en el Año Civil**

En el curso del período existente, el módulo varía de 1940 a 4010  $m^3s^{-1}$ , con un promedio que se establece en 2981  $m^3s^{-1}$  lo que representa un aporte promedio anual de  $94.10^9 m^3$ . Los parámetros estadísticos de la muestra son:

Media	:	2980 $m^3s^{-1}$
Desviación standard	:	618 $m^3s^{-1}$
Coefficiente de variación	:	0.207
Cuartil inferior	:	2330 $m^3s^{-1}$
Cuartil superior	:	3540 $m^3s^{-1}$

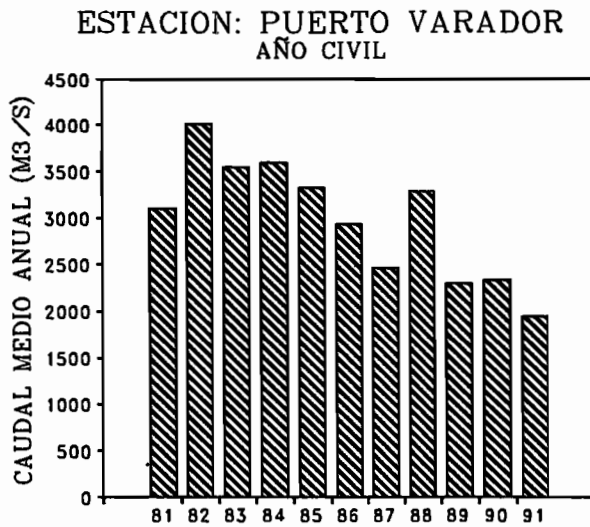


FIG. 1

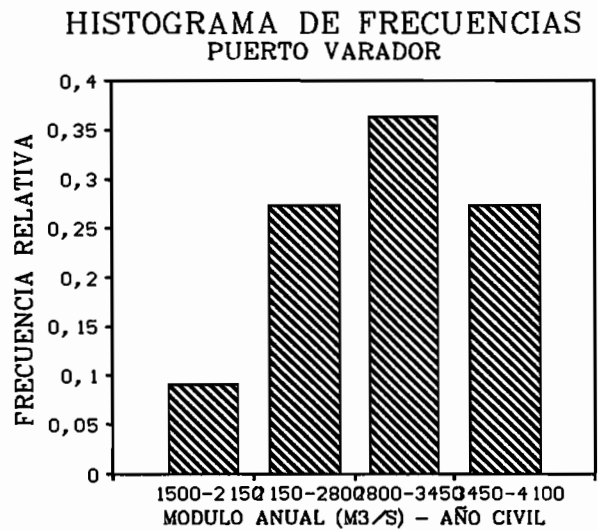


FIG. 2

El histograma de las frecuencias (Fig. 2) no muestra una simetría relativa que permita determinar a priori la adecuación de un tipo de Ley de Ajuste, mostrando una cierta tendencia hacia la derecha.

Al no tener la plena seguridad del tipo de Ley adecuada, se procedió a realizar el ajuste de los datos para tres Leyes; Normal, Log-Normal y Goodrich.

En virtud de contar con una muestra pequeña (11 datos), se recurre a la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la elección de la Ley de mejor Ajuste. La prueba señalada, se basa en tomar un  $d_{m\acute{a}x}$  (diferencia máxima en módulo) entre la frecuencia empírica y la frecuencia calculada para un nivel de significancia ( $\alpha$ ) dado y lo compara con el  $d_{m\acute{a}x}$  (de tablas). En nuestro caso se tiene para  $\alpha = 5\%$ ,  $d_{m\acute{a}x} = 0.394$ , en base a lo anteriormente citado, se obtuvieron los siguientes resultados:

	Normal $d_{m\acute{a}x}$	Log-Norm $d_{m\acute{a}x}$	Goodrich $d_{m\acute{a}x}$	$d_{m\acute{a}x}$ Tablas	Ley Escogida
AÑO CIVIL	0.1225	0.1152	0.1111	0.394	GOODRICH

Como lo muestra el cuadro anterior, la Ley de mejor Ajuste resulta ser la de GOODRICH cuya representación gráfica se halla en la Figura 3.

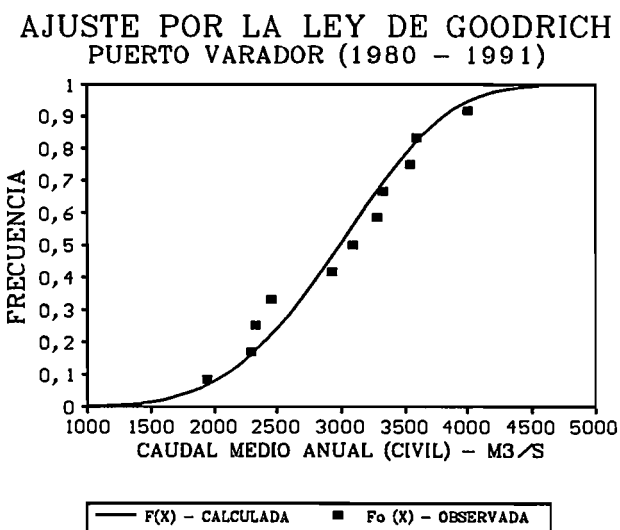


FIG. 3

A partir de la Ley escogida, se puede determinar los valores de los módulos Decenal Seco y Húmedo:

$$Q_{\text{seco}} = 2100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

$$Q_{\text{húmedo}} = 3800 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

Lo que nos permite calcular el coeficiente de irregularidad, K3, definido por la relación de los módulos decenales seco y húmedo, teniéndose:

$$K3 = 1.82$$

El coeficiente K3 obtenido, en comparación a otras cuencas, tiene un valor parecido a los conjuntos de ríos de llanura ( $K3 = 1.7-2.0$ ) y mucho más débil que el Río Grande ( $K3 = 3.5$ ).

Aunque, análogo al coeficiente de variación (Cv) citado anteriormente, a menudo se prefiere esta representación más concreta de la irregularidad interanual.

De estos primeros resultados, obtenemos los caudales específicos correspondientes a los módulos decenales:

- Módulo específico promedio :  $20.1 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$
- Módulos específicos de frecuencia decenal
 

en año seco	:	$14.2 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$
en año húmedo	:	$25.7 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$

El caudal específico decenal húmedo del Río Mamoré en Puerto Varador, es similar y cercano al del total del Mamoré cuyo valor corresponde a  $30 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$  (BOURGES,1992).

Si, a pesar del tamaño de la muestra, consideramos que el promedio y la varianza son variables aleatorias, se puede estimar, con un intervalo de confianza del 95%, el promedio y la desviación-standard en:

$$2600 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq \bar{Q} \leq 3370 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

$$360 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq \sigma \leq 880 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

De la misma manera para los valores característicos decenales, y con el mismo intervalo de confianza, se tendrá:

$$1560 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq \bar{Q}_{\text{seco}} \leq 2640 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

para los años secos. Y para los años lluviosos:

$$3270 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq \bar{Q}_{\text{húmedo}} \leq 4360 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

El módulo más bajo observado,  $1940 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en 1991, corresponde a un período de retorno promedio de 15 años y el módulo más alto,  $4010 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en 1981, a un período de retorno promedio de 19 años.

#### 4.2.2. Módulos Basados en el Año Hidrológico

Con el fin de comprender mejor el ciclo hidrológico anual en su conjunto y representar mejor el parámetro físico que es el módulo, se calculó los caudales promedios anuales del año hidrológico, es decir de Octubre a Septiembre (Cuadro 4.2.A.).

El histograma de las frecuencias (Fig. 5) presenta una figura ligeramente simétrica, más próxima de una distribución Normal, pero el histograma de la figura 4, de los módulos de 1980/81 a 1990/91 parece "más estable" que el de los módulos del año civil, aunque se muestra el mismo decrecimiento de 81/82 a 90/91.



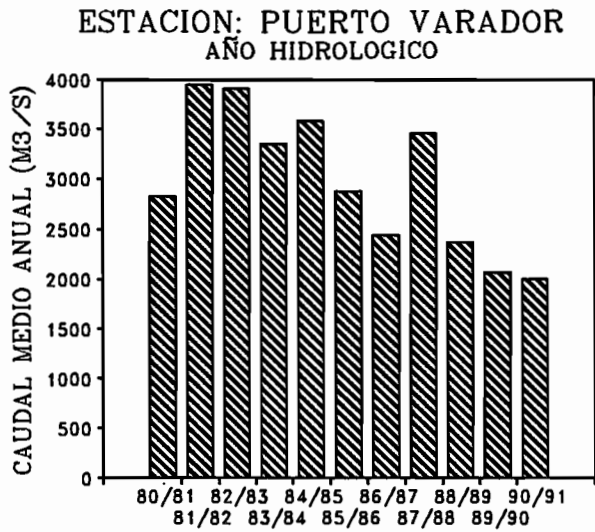


FIG. 4

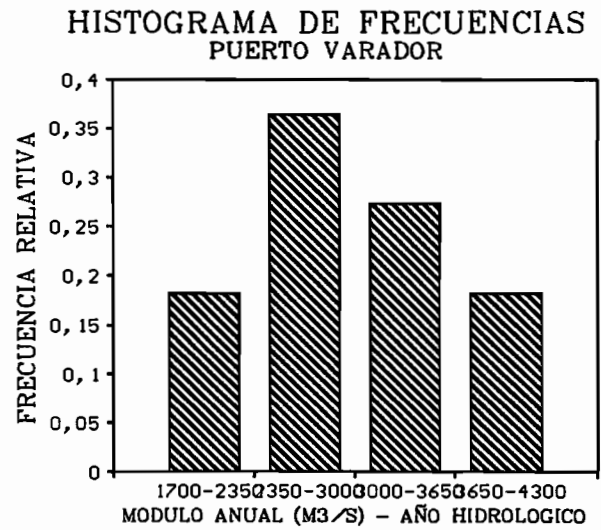


FIG. 5

Se procedió a realizar el ajuste de los datos para tres Leyes; Normal, Log-Normal y Goodrich, obteniéndose los siguientes resultados:

	Normal $d_{m\acute{a}x}$	Log-Norm $d_{m\acute{a}x}$	Goodrich $d_{m\acute{a}x}$	$d_{m\acute{a}x}$ Tablas	Ley Escogida
AÑO HIDROLOGICO	0.1233	0.1459	0.1225	0.394	GOODRICH

Como lo muestra el cuadro anterior, la Ley de mejor ajuste resulta ser la de GOODRICH, cuya representación gráfica se halla en la figura 6.

AJUSTE POR LA LEY DE GOODRICH  
PUERTO VARADOR (1980 - 1991)

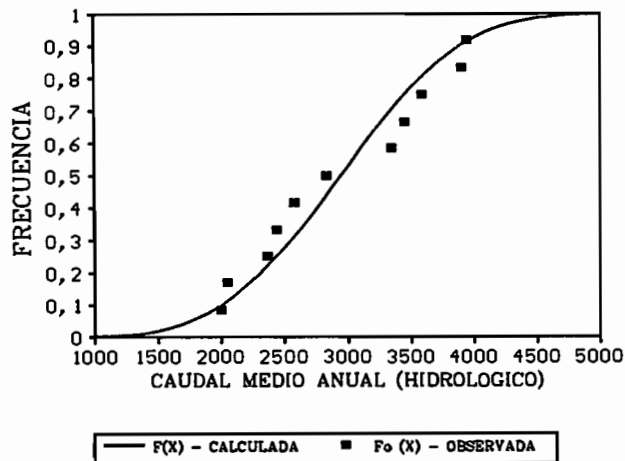


FIG. 6

El período de estudio (Septiembre/80 - Agosto/91), difiere muy poco del caso de año civil (Enero/81 - Diciembre/91), permaneciendo el promedio casi sin cambio:  $2960 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Los parámetros estadísticos son poco diferentes de aquellos obtenidos anteriormente, pero denotan una dispersión ligeramente mayor:

Media	:	$2960 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$
Desviación-standard	:	$687 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$
Coefficiente de variación	:	0.232

A partir de la Ley escogida, se puede determinar los valores del módulo hidrológico decenal seco y húmedo en Puerto Varador:

$$\bar{Q}_{\text{seco}} = 2010 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

$$\bar{Q}_{\text{húmedo}} = 3890 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

Lo que nos permite calcular el coeficiente de irregularidad, K3, definido por la relación de los módulos decenales seco y húmedo:

$$K3 = 1.93$$

ligeramente mayor al obtenido para el caso de año civil.

De estos resultados, se puede obtener los valores del caudal específico correspondiente a los módulos:

- Módulo específico promedio	:	$20.0 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$
- Módulos específicos de frecuencia decenal		
en año seco	:	$13.6 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$
en año húmedo	:	$26.3 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$

Se puede estimar, con un intervalo de confianza de 95%, el promedio y la desviación-standard en:

$$2530 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq \bar{Q} \leq 3380 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

$$400 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq \sigma \leq 974 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

De la misma manera para los valores característicos decenales, y con el mismo intervalo de confianza, se tendrá:

$$1410 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq Q_{\text{seco}} \leq 2610 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

para los años secos. Y para los años lluviosos:

$$3290 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq Q_{\text{húmedo}} \leq 4490 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$$

El módulo más bajo observado,  $2000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en 1981/1982, corresponde a un período de retorno promedio de 11 años y el módulo más alto,  $3950 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  en 1990/1991 a un período de retorno promedio de 12 años.

Los valores de los módulos decenales y cincuentenales deducidos de este ajuste son próximos a los obtenidos a partir el módulo del año civil, de acuerdo al siguiente detalle:

	DECENAL		CINCUCENTAL	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
Ley GOODRICH	2010	3889	1531	4428
Coef. K3	1.93			

El aporte anual correspondiente a estos caudales extremos puede variar así de  $48$  a  $140.10^9 \text{ m}^3$ .

Los módulos específicos correspondientes a estos años tienen como valor:

- Cada 10 años :
  - año seco :  $13.6 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$
  - año húmedo:  $26.3 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$
- Cada 50 años :
  - año seco :  $10.3 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$
  - año húmedo:  $30.0 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$

Al exámen de estos ajustes se observa que la elección del módulo "Hidrológico", además del hecho que representa un dato más "Natural" y que no está referido al 1 de Enero (año civil), se satisface mejor a las leyes utilizadas que el módulo civil.

#### 4.3. VARIACION ESTACIONAL DE LOS CAUDALES

La modulación de los caudales en el curso del año cambia poco de un año a otro. Los hidrogramas anuales presentan sensiblemente el mismo perfil, los mínimos situándose entre el 15 de Agosto y el 15 de Septiembre y los máximos entre el 15 de Febrero y el 15 de Marzo. En el Anexo "G", se muestra el detalle de los hidrogramas anuales a nivel año civil.

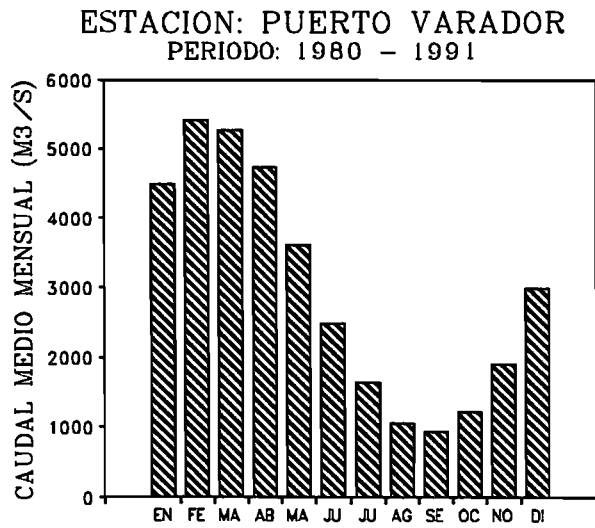


FIG. 7

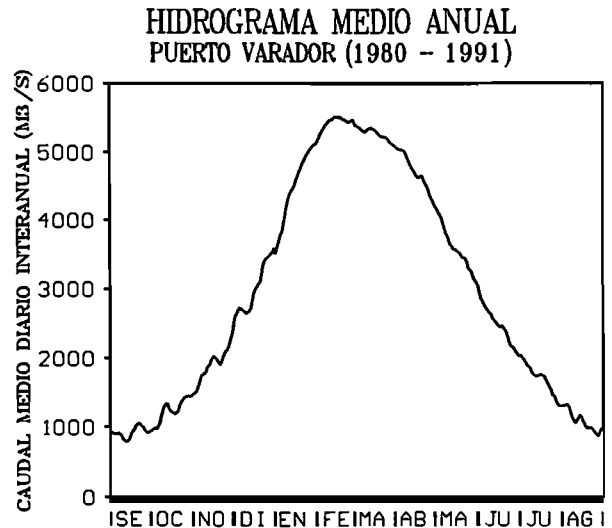


FIG. 8

El Histograma de caudales medios mensuales reporta una forma muy redondeada y regular (Fig. 7), como se podía esperar teniendo en cuenta el tamaño de la cuenca. Pone en evidencia una estación de aguas altas de alrededor de 4 a 5 meses, culminando en Febrero. Las aguas más altas intervienen un mes después del máximo pluviométrico mensual observado en Enero, como referencia se presenta (Fig. 8) un Hidrograma promedio que también identifica el comportamiento descrito anteriormente.

Al examen, este hidrograma (Fig. 8) revela una disimetría contraria a la observada habitualmente y que se traduce por una subida de las aguas escalonada en seis meses mientras que el período de decrecida propiamente dicho, dura cinco meses y acusa una pendiente casi similar que la de crecida.

Cuadro 4.3.A.: Caudales promedios mensuales en m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (1980 - 1991)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4480	5480	5270	4730	3610	2480	1640	1050	930	1220	1900	2980

La relación 5.9 entre los caudales promedios mensuales de los meses extremos (Sep/Feb), denota una variación importante de estos caudales en el curso del año promedio.

#### 4.4. CAUDALES PROMEDIOS MENSUALES DE LAS AGUAS ALTAS Y BAJAS

Si se considera los caudales promedios mensuales de los meses de aguas altas y de estiaje, se constata que en el caso de las aguas altas, es decir FEBRERO y MARZO, las características (Ver cuadro 4.4.A.) dejan prever un buen ajuste de una Ley simétrica, mientras que en el caso de los meses de estiaje, AGOSTO y SEPTIEMBRE, ellas tenderían más hacia una ley disimétrica, aunque para una mejor determinación del ajuste se vió por conveniente emplear las 3 Leyes anteriormente citadas.

**Cuadro 4.4.A: Características de los caudales mensuales notorios en (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>). Período 1980 - 1991.**

	FEB	MAR	AGO	SEP
Media	5418	5274	1087	930
Desviación-Standard	1405	1364	410	318
Coefficiente de Variación	0.26	0.26	0.38	0.34
Coefficiente de Sesgo	1.84	1.65	1.86	1.59
Mínimo	2650	2810	665	492
Máximo	6990	7050	1860	1530

Como lo dejaba suponer el estudio estadístico y como lo confirman las Figs. 9-10, el ajuste de la ley Normal, está bastante adaptada a los caudales correspondientes a los meses de aguas altas.

**AJUSTE POR LA LEY NORMAL-FEBRERO**  
**PUERTO VARADOR (1981 - 1991)**

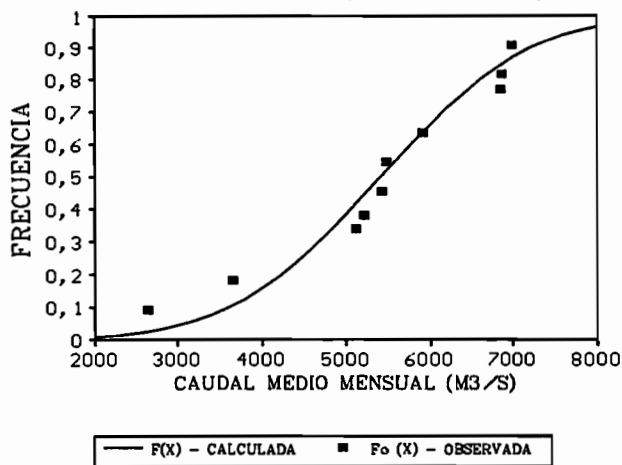


FIG. 9

**AJUSTE POR LA LEY NORMAL-MARZO**  
**PUERTO VARADOR (1981 - 1991)**

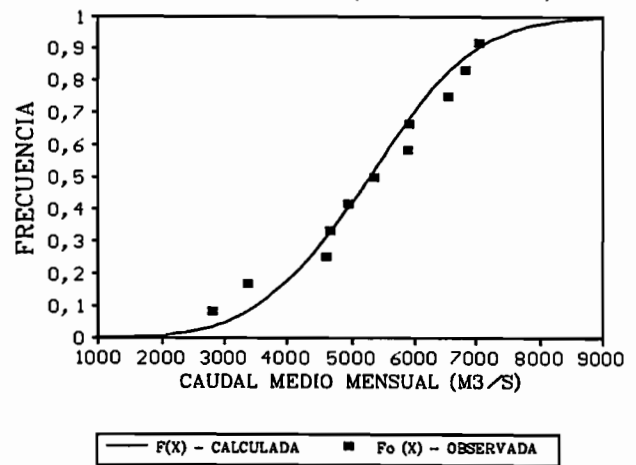


FIG. 10

Por el contrario la ley Normal no se ajusta adecuadamente a los caudales correspondientes a los meses de estiaje (fuerte concavidad en particular para los caudales más bajos), para los cuales la ley Log-Normal se revela más adaptada (Fig. 11-12).

AJUSTE POR LA LEY L-NORMAL-AGOSTO  
 PUERTO VARADOR (1981 - 1991)

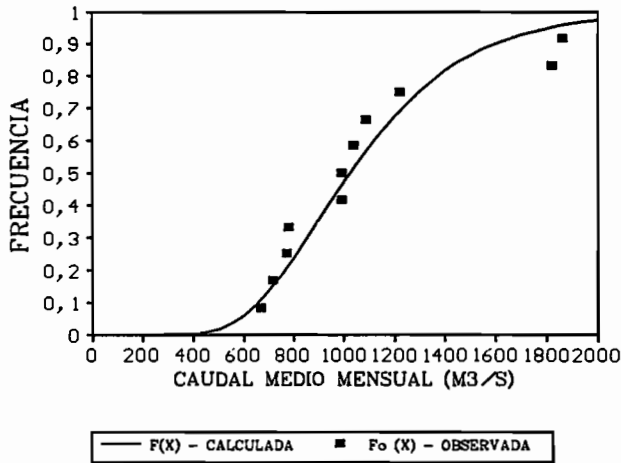


FIG. 11

AJUSTE POR LA LEY L-NORMAL-SEPTIEMBRE  
 PUERTO VARADOR (1981 - 1991)

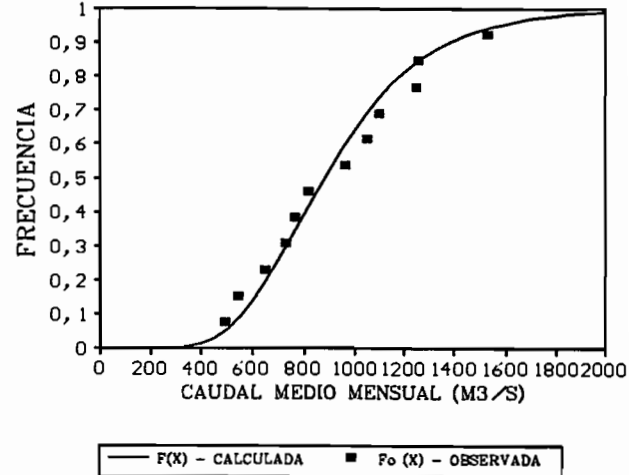


FIG.12

Se puede deducir las características siguientes: para los años lluviosos:

	Febrero	Marzo
Caudal prom. mensual decenal húmedo	7220 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	7020 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>

y para los años secos:

	Agosto	Septiembre
Caudal promedio mensual decenal seco	660 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	600 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>

4.5. CRECIDAS MAXIMAS Y ESTIAJES

4.5.1. Crecidas Máximas

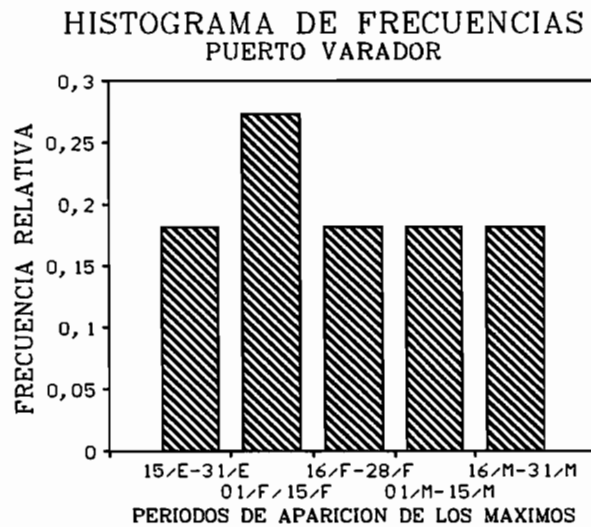
Con objeto de determinar la importancia y la frecuencia de las crecidas en ésta región, donde las inundaciones causan graves daños, nos interesarán los Caudales Máximos Diarios Anuales. Dada la lentitud de la variación de los caudales en el tiempo, este valor difiere poco del caudal máximo instantáneo. Los valores correspondientes a los máximos y mínimos caudales observados, están reunidos en el Anexo "H".

**Cuadro 4.5.1.A : Período de aparición del caudal máximo**

Período	Frecuencia observada
15/01 al 31/01	2
01/02 al 15/02	3
16/02 al 28/02	2
01/03 al 15/03	2
16/03 al 31/03	2

El cuadro 4.5.1.A. representa para la muestra analizada, las frecuencias de paso del valor máximo de la crecida anual; de lo que se deduce que, en el curso del período existente, 5 sobre 12 veces el máximo de la crecida alcanzó Puerto Varador durante el mes de Febrero.

En la Figura 13, se observa la frecuencia de aparición del caudal máximo por quincena, siendo la primera quincena del mes de Febrero, la de mayor probabilidad de aparición del máximo.



**FIG. 13**

El estudio estadístico de estos caudales y de los parámetros reunidos en el cuadro 4.5.1.B., se nota que es baja la dispersión, para dichos datos al Ajuste Estadístico, se obtuvieron los siguientes resultados:

	Normal $d_{m\acute{a}x}$	Log-Norm $d_{m\acute{a}x}$	Goodrich $d_{m\acute{a}x}$	Gumbel $d_{m\acute{a}x}$	$d_{m\acute{a}x}$ Tablas	Ley Escogida
MAXIMOS	0.1348	0.1461	0.1523	0.1387	0.394	NORMAL

**Cuadro 4.5.1.B: Estadísticos de los Caudales máximos y mínimos anuales ( $m^3s^{-1}$ ) observados: período 1980/1991.**

Características	Caudal máximo: $Q_x$ (11 años)	Caudal mínimo : $Q_{n_{20}}$ (11 años)
Media	5960	696
Desviación standar	1340	214
Coef. variación	0.22	0.31
Mínimo	3540	366
Máximo	7410	1096

Una vez elegida la Ley Normal (Fig. 14), podemos deducir los caudales máximos para una recurrencia dada; el caudal de frecuencia decenal, con un intervalo de confianza de 95 %, será estimado en :

$$6420 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq Q_{x_{\text{húmedo}}} \leq 8940 \text{ m}^3\text{s}^{-1}.$$

y el caudal máximo de período de retorno promedio de 1 año sobre 50 aproximadamente, con el mismo intervalo de confianza, se situará :

$$7460 \text{ m}^3\text{s}^{-1} \leq Q_{x_{\text{húmedo}}} \leq 9980 \text{ m}^3\text{s}^{-1}.$$

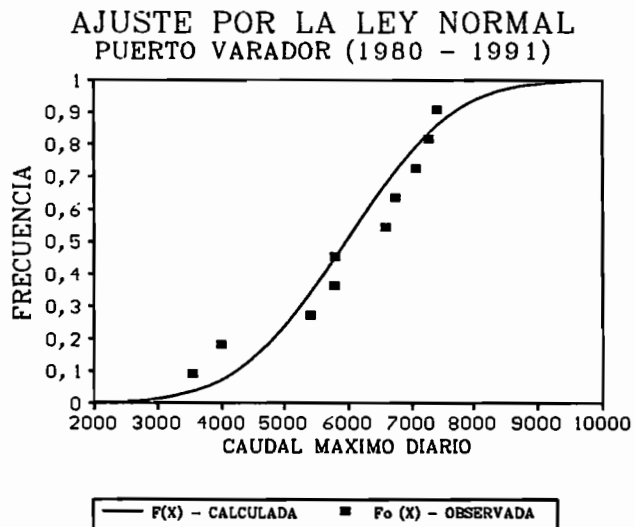


FIG. 14



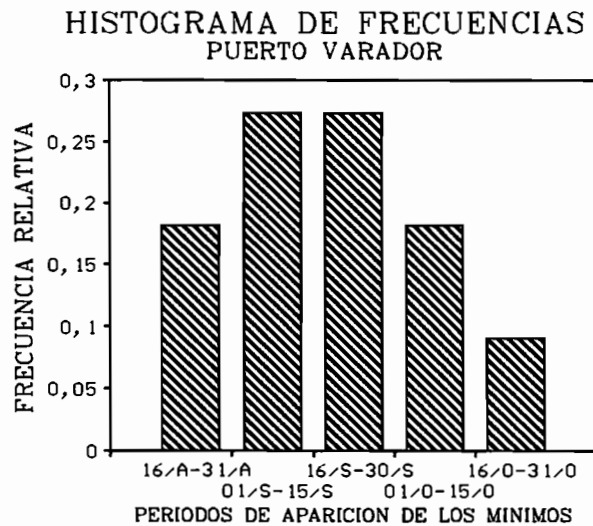
**4.5.2. Estiaje.**

En el caso de los caudales de estiaje, con el fin de representar mejor el período de aguas bajas y también de minimizar los errores o las interpretaciones del observador, se escogerá como parámetro el promedio de los caudales diarios de los 20 días contínuos más bajos del año.

El estudio de estos caudales, aunque a título diferente de aquellos de los máximos, interesa también a los ribereños y a los organismos de navegación en esta región donde el río es el mayor medio de comunicación (sobre todo en época de crecida).

Los valores de los estiajes absolutos anuales y de  $Q_{n20}$  durante el período existente, están reunidos en el Anexo "H".

La Fig. 15, da una representación aproximada de la frecuencia en las cuales han sido observados estos mínimos durante el período de registros. Se constata que: los mínimos se hallan entre el 15 de Agosto al 15 de Octubre, lo que confirma que el mes de Septiembre es el de menores caudales considerándose al mes de Octubre como inicio del año hidrológico.



**FIG. 15**

El estudio estadístico de estos caudales proporciona las características ya mencionadas en el cuadro 4.5.1.B. La dispersión de los valores es menos grande que en el caso de los caudales mensuales de aguas bajas y al Ajuste Estadístico sobre 4 Leyes, se obtuvo los siguientes resultados.

	Normal $d_{m\acute{a}x}$	Log-Norm $d_{m\acute{a}x}$	Goodrich $d_{m\acute{a}x}$	Gumbel $d_{m\acute{a}x}$	$d_{m\acute{a}x}$ Tablas	Ley Escogida
<b>MINIMOS</b>	0.1679	0.1250	0.1387	0.1463	0.394	L-NORMAL

AJUSTE POR LA LEY LOG-NORMAL  
 PUERTO VARADOR (1981 - 1991)

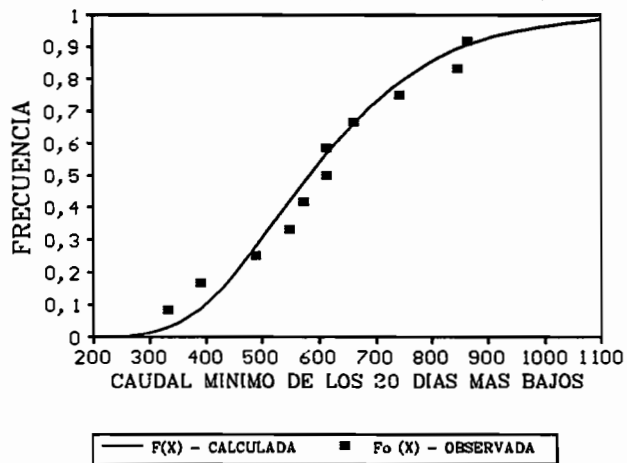


FIG. 16

El ajuste de una ley Log-Normal (Fig. 16) a partir de caudales corregidos, parece ser el más adecuado y permite calcular los valores de los caudales promedios mínimos sobre 20 días, para dos recurrencias escogidas:

- cada 10 años :  $Q_{n_{20}} = 445 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$
- cada 50 años :  $Q_{n_{20}} = 348 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

variando los caudales específicos de  $3.01$  a  $2.35 \text{ ls}^{-1}\text{Km}^{-2}$ .

Resulta también interesante, con los valores de caudal obtenidos, determinar sobre la base de la curva de calibración (Anexo "F"), las profundidades de la sección de aforos y la velocidad media.

- cada 10 años :  $H_{n_{20}} = 121 \text{ cm.}$
- cada 50 años :  $H_{n_{20}} = 45 \text{ cm.}$
- cada 10 años :  $v_{n_{20}} = 0.80 \text{ ms}^{-1}$
- cada 50 años :  $v_{n_{20}} = 0.45 \text{ ms}^{-1}$

Excepto tres años donde la diferencia entre el estiaje absoluto anual y  $Q_{n_{20}}$  esta entre 15-25 %, la relación  $Q_n/Q_{n_{20}}$  oscila alrededor de 0,90.

El estiaje absoluto más severo registrado en el curso del período existente, alcanzó  $331 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  el 26 de Septiembre de 1984 y corresponde a un  $Q_{n_{20}}$  de  $366 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ .

**4.6. DESECACION.**

Hemos visto que, después del máximo alcanzado en Febrero-Marzo, el caudal decrece regularmente hasta Septiembre, alimentado a partir de Junio-Julio por el vaciado de las napas y de las zonas inundables, y por los aportes de los últimos meses que continúan llegando de la parte de aguas arriba de la cuenca, pudiendo agregarse a éste flujo la influencia de algunas lluvias esporádicas sobre la cuenca inferior.

Desde Septiembre comienzan a incorporarse a esta decrecida, las crecidas "Locales" como consecuencia de las primeras precipitaciones que afectan la parte baja de la cuenca y que se traducen en el hidrograma por una sucesión de ondulaciones.

Aunque no se pueda hablar de desecación pura, ya que no se trata únicamente de vaciado de acuíferos, puede ser interesante estudiar el agotamiento real.

Si adoptamos la fórmula exponencial del caudal, generalmente reconocida:

$$Q = Q_0 * e^{-\alpha(t-t_0)}$$

Constatamos que el coeficiente determinado a partir de los hidrogramas, varía sensiblemente de un año a otro. Conviene precisar que este coeficiente es calculado a partir de una desecación "ideal" obtenida eliminando las crecidas parasitarias que interfieren en la decrecida.

El coeficiente  $\alpha$ , fue obtenido con referencia al año promedio (Figura 8), tomando la pendiente de la curva trazada de Caudal (escala logarítmica) vs. tiempo (escala real), teniendo una variación de  $650 - 3500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  y obteniéndose un valor promedio de :

$$\alpha = 0.015$$

Con el dato anterior, y aplicando la fórmula correspondiente, obtenemos una curva tipo de desecación ideal (Figura 17).

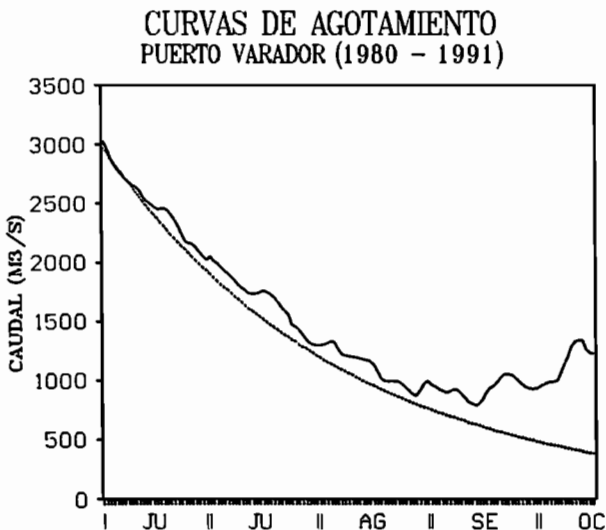


FIG. 17

En el mismo gráfico hemos representado, en trazado más fuerte, la curva promedio de decrecida obtenida del período existente, considerando el caudal realmente observado, con o sin crecida parasitaria.

La diferencia entre las dos curvas representa los aportes de las crecidas de época seca.

#### 4.7. CAUDALES CARACTERISTICOS

Es de mucho interés conocer los valores de los caudales característicos que son los caudales rebasados durante cierto número de días o de meses en el año. Estos valores, obtenidos de la curva de caudales clasificados cada año (las definiciones y los gráficos correspondientes a cada año clasificado se hallan en el Anexo "I"), no representan un período continuo, sino un número dado de días consecutivos o no. Con el fin de estar seguro de tratar el máximo y el mínimo correspondientes en el mismo año, tomaremos como base de cálculo el año calendario. Estos datos son útiles en el caso de límites de navegación, por ejemplo, o para la gestión de represas.

En la Figura 18, se presentan los caudales característicos para el año promedio.

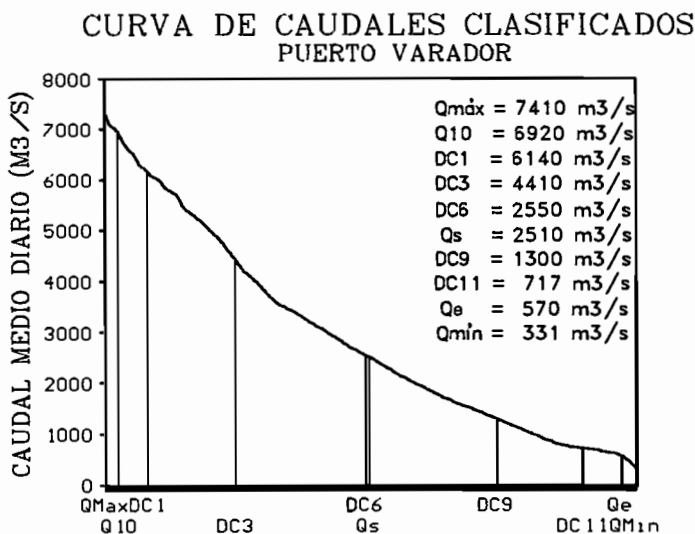


FIG. 18

**Cuadro 4.7.A: Caudales característicos (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)**

	Media	Des.St.	Coef.var.	Coef.Ses.
DC 11	770	345	0.45	2.67
DC 9	1353	520	0.38	2.04
DC 6	2785	868	0.31	1.56
DC 3	5152	1109	0.22	1.50
DC 1	6165	775	0.13	1.53

Fuera de los caudales extremos estudiados, se analizarán cinco caudales característicos correspondientes a períodos de 1-3-6-9-11 meses (Anexo "I"). Los parámetros estadísticos durante el período 80-91 son resumidos en el cuadro 4.7.A. Si a pesar del tamaño de la muestra consideramos que la varianza es una variable aleatoria, se puede estimar con un intervalo de confianza del 95%, la desviación standard en:

**Cuadro 4.7.B: Intervalo de Confianza para la Desviación Standard**

	Lím.inf.	Des.St.	Lím.sup.
DC 11	176 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	≤ σ ≤	514 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
DC 9	265 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	≤ σ ≤	775 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
DC 6	443 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	≤ σ ≤	1293 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
DC 3	566 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	≤ σ ≤	1652 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
DC 1	395 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	≤ σ ≤	1155 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>

Para cada muestra de caudales característicos, se aplicaron las 4 Leyes anteriormente citadas, siendo la Ley de Gumbel, la de mejor ajuste para todos los casos.

AJUSTE POR LA LEY DE GUMBEL  
PUERTO VARADOR (1980 - 1991)

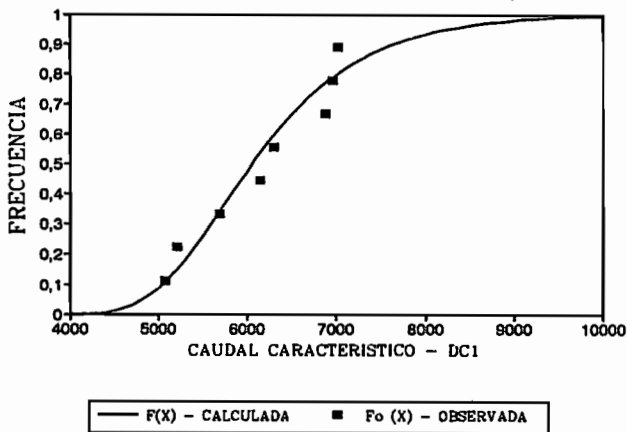


FIG. 19

AJUSTE POR LA LEY DE GUMBEL  
PUERTO VARADOR (1980 - 1991)

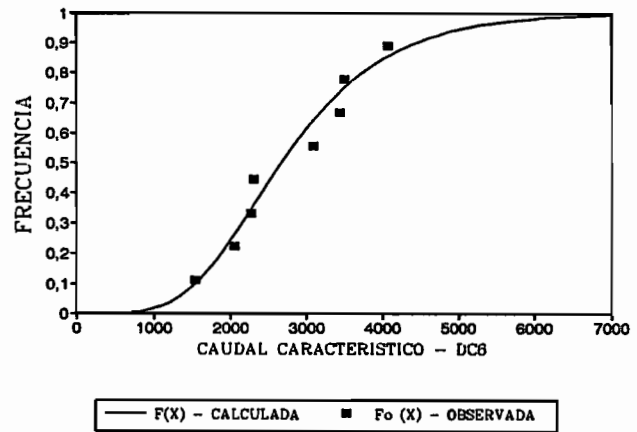


FIG. 20

AJUSTE POR LA LEY DE GUMBEL  
PUERTO VARADOR (1980 - 1991)

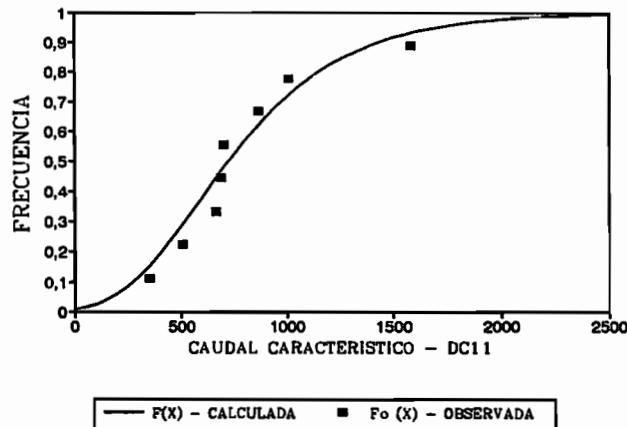


FIG. 21

En tal sentido se toman como muestra los ajustes correspondientes a los caudales DC1, DC6 y DC11, los que se hallan en las figuras 19-21.

Con los resultados obtenidos, podemos determinar la variación del coeficiente de Variación (Cv) con respecto a los caudales característicos (Fig. 22), de lo que deducimos que se pueden prever con mayor precisión los caudales altos DC1 (1 mes) que los bajos DC11 (11 meses).

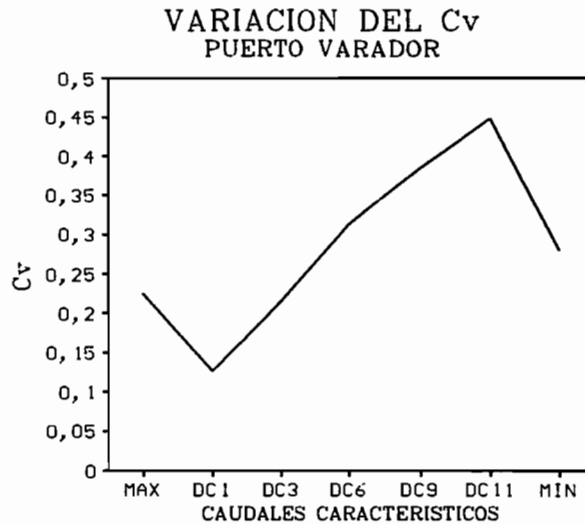


FIG. 22

De éstas observaciones y tomando en cuenta los límites de confianza descritos en el Cuadro 4.7.B., se puede obtener los valores de recurrencia decenal y cincuentenal correspondientes así como el error de estos caudales para un intervalo de confianza de 95% (Cuadro 4.7.C.).

**Cuadro 4.7.C: Caudales característicos de recurrencia dada (m3/s)**

	Caudal decenal			Caudal cincuentenal		
	Húmedo	Seco	Int. Conf. 95 %	Húmedo	Seco	Int. Conf. 95 %
DC 11	1430	276	± 122	2049	77	± 356
DC 9	2348	607	± 184	3280	308	± 537
DC 6	4446	1539	± 307	6005	1039	± 897
DC 3	7275	3561	± 392	9265	2922	± 1145
DC 1	7648	5052	± 274	9040	4606	± 800

# A N E X O S

# A N E X O " A "

MAPA TOPOGRAFICO  
CUENCA RIO MAMORE  
HASTA PUERTO VARADOR



67°

66°

65°

64°

63°

15°

15°

16°

16°

17°

17°

18°

18°

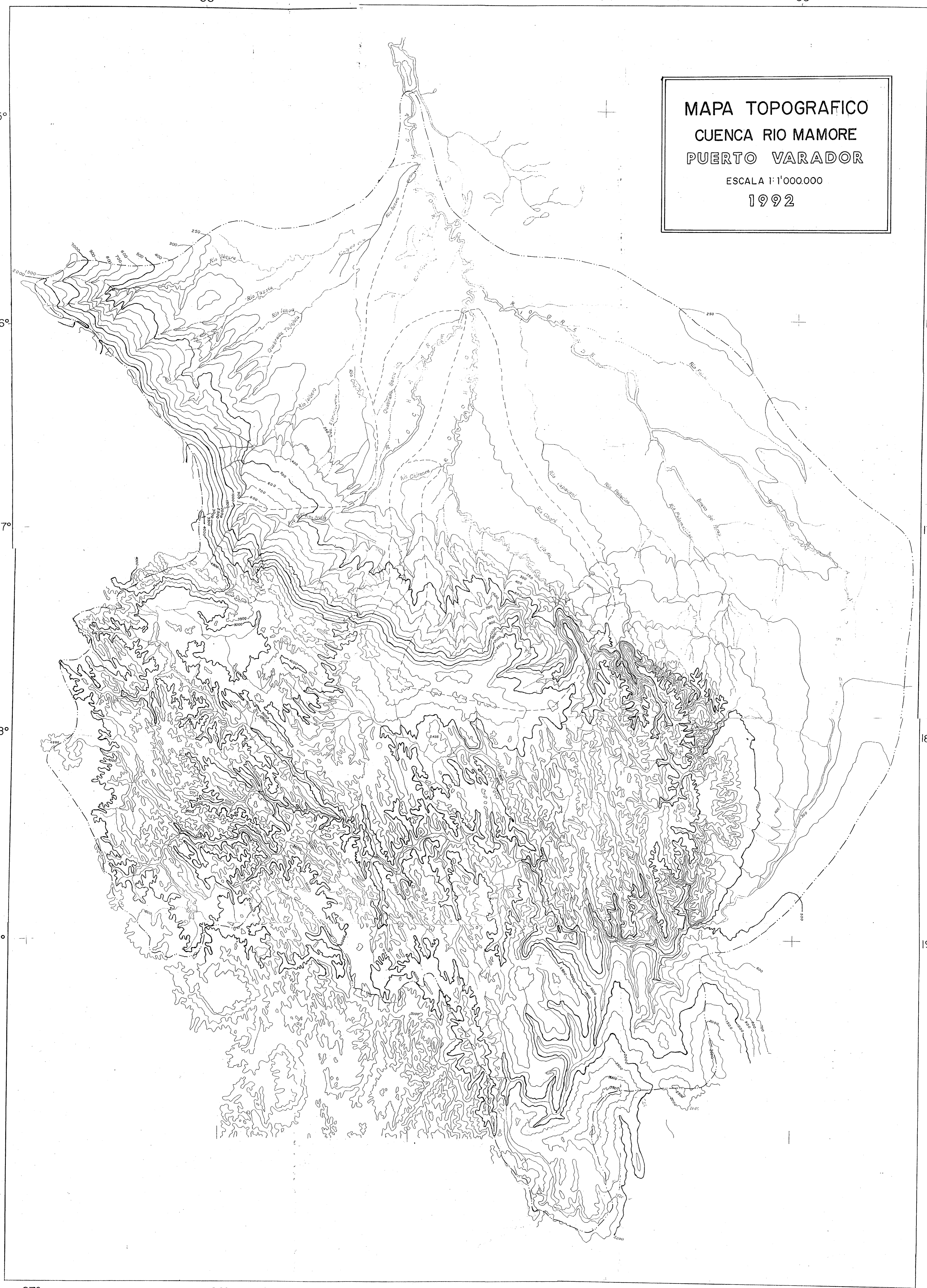
19°

19°

MAPA TOPOGRAFICO  
CUENCA RIO MAMORE  
PUERTO VARADOR

ESCALA 1:1'000.000

1992



# **A N E X O " B "**

**MAPA HIDROGRAFICO  
CUENCA RIO MAMORE  
HASTA PUERTO VARADOR**

67°

66°

65°

64°

63°

15°

15°

16°

16°

17°

17°

18°

18°

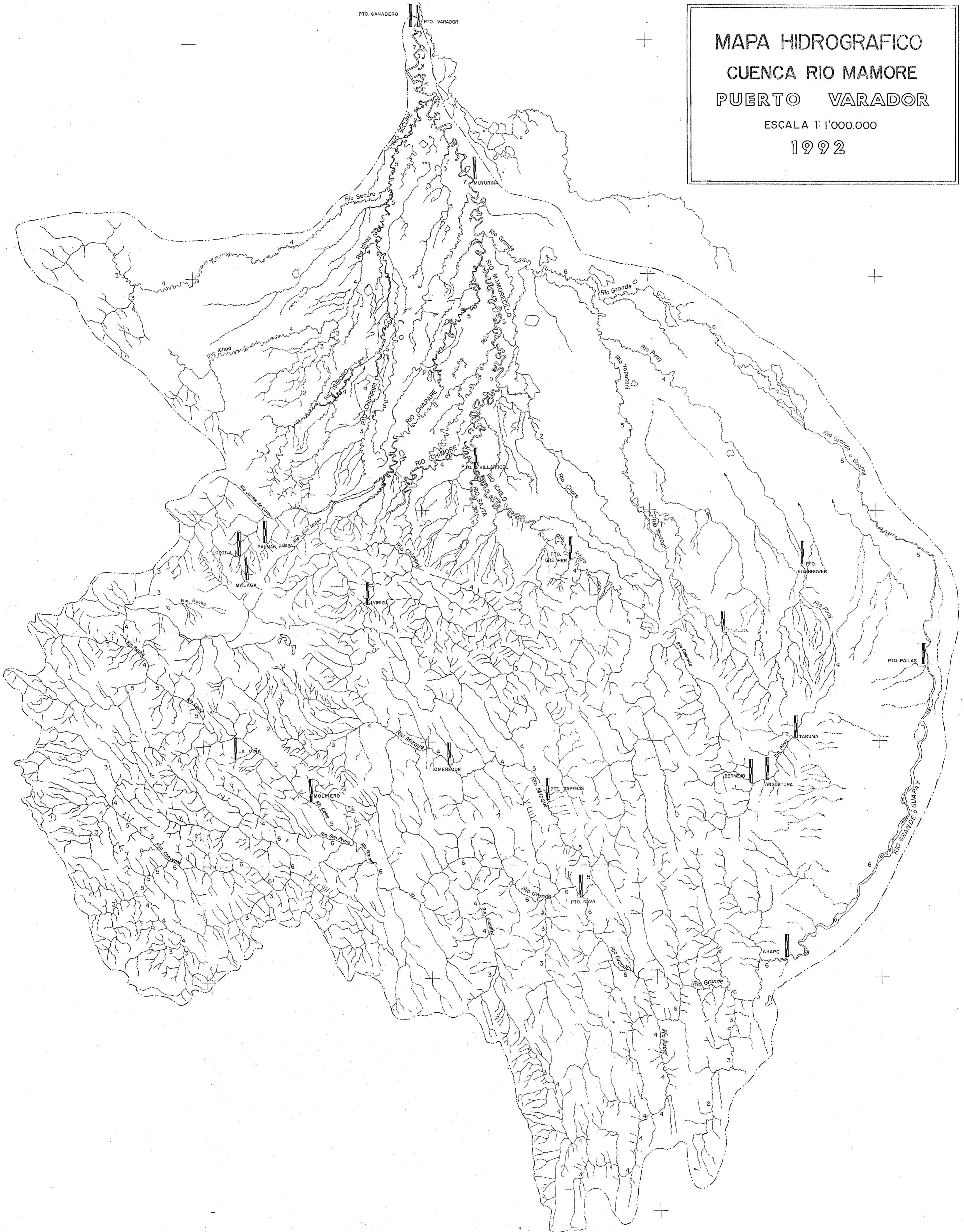
19°

19°

20°

20°

MAPA HIDROGRAFICO  
 CUENCA RIO MAMORE  
 PUERTO VARADOR  
 ESCALA 1:1'000.000  
 1992



67°

66°

65°

64°

63°

# A N E X O " C "

CARTA DE NAVEGACION No. 147

**NOTA 1**

Para obtener la profundidad correcta de determinado lugar, sumar la lectura de la regla de Puerto Ganadero a la profundidad de la carta. E].

Profundidad de la carta	4,3
Regla de Puerto Ganadero	1,8
Profundidad real	6,1

Cancha de futbol

PUERTO VARADOR

Capitania de Puerto

**NOTA 2**

Los sondeos se encuentran reducidos al cero de la Estación Limnimétrica de Puerto Ganadero, cuya altitud es de 143.58 m.

RÍO MAMORÉ

Km. 475

Corral

Corral

Puerto Ganadero



CARTA DE NAVEGACIÓN N° 147

BOLIVIA - RÍO MAMORÉ

# EL AMBAIBAL - PUERTO VARADOR

SERVICIO DE HIDROGRAFÍA NAVAL

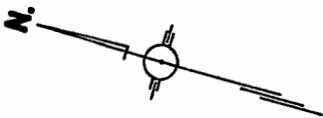
SONDAJE EN METROS

(Menos de 30 en metros y decímetros)

PROYECCIÓN MERCATOR

Datum Horizontal Provisional: Lo Cano 1956 (Venezuela)

ESCALA 1:20.000



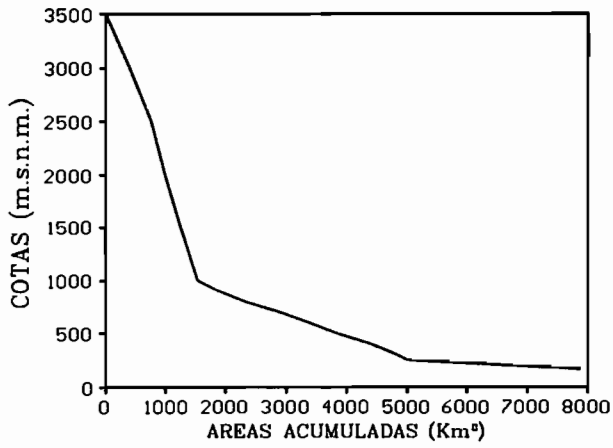
65° 02'

Elaborado por el Servicio de Hidrografía Naval, en colaboración con el Servicio Geodésico Interamericano e Instituto Geográfico Militar.

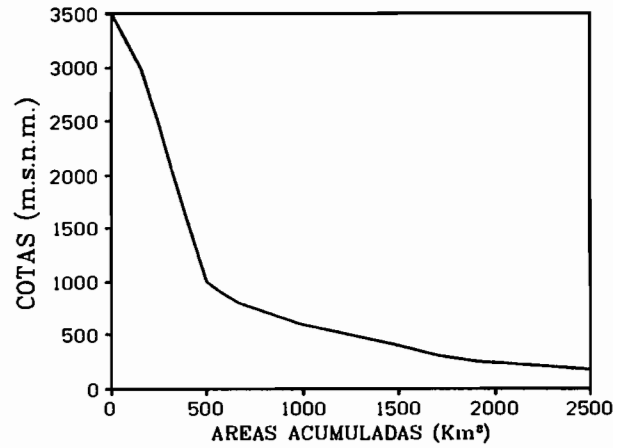
# A N E X O " D "

CURVAS HIPSOMETRICAS Y  
PERFILES LONGITUDINALES

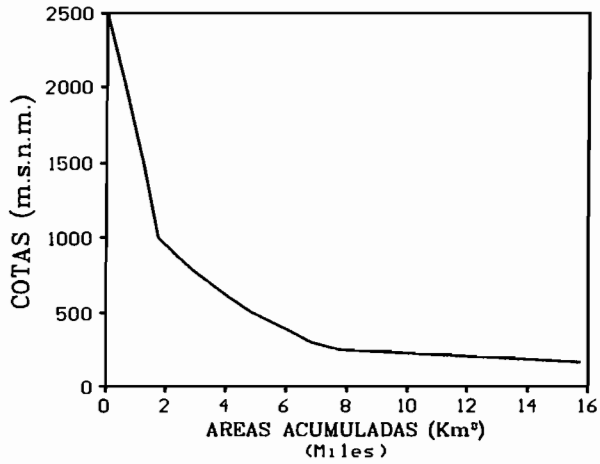
**CURVA HIPSOMETRICA  
SUB CUENCA - RIO CHAPARE**



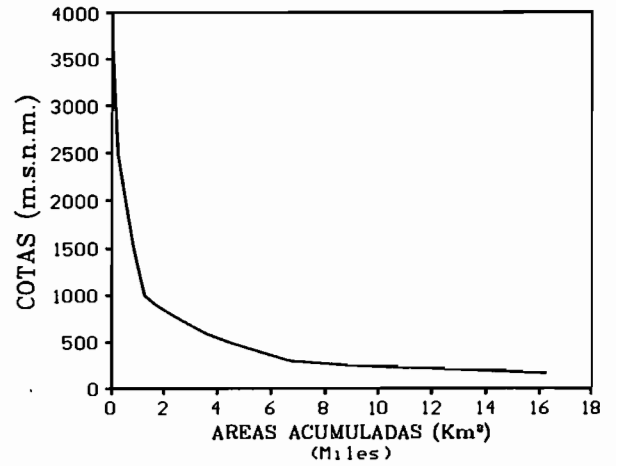
**CURVA HIPSOMETRICA  
SUB CUENCA - RIO CHIMORE**



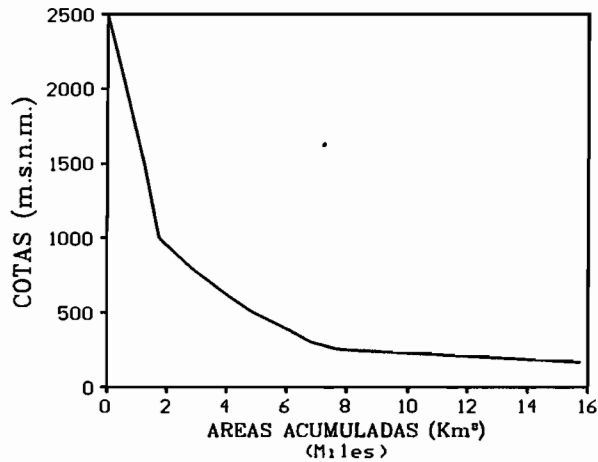
**CURVA HIPSOMETRICA  
SUB CUENCA - RIO ICHILO**



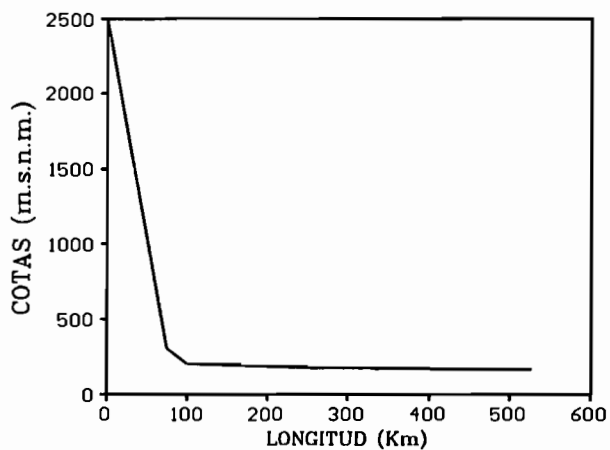
**CURVA HIPSOMETRICA  
SUB CUENCA - RIO ISIBORO-SECURE**



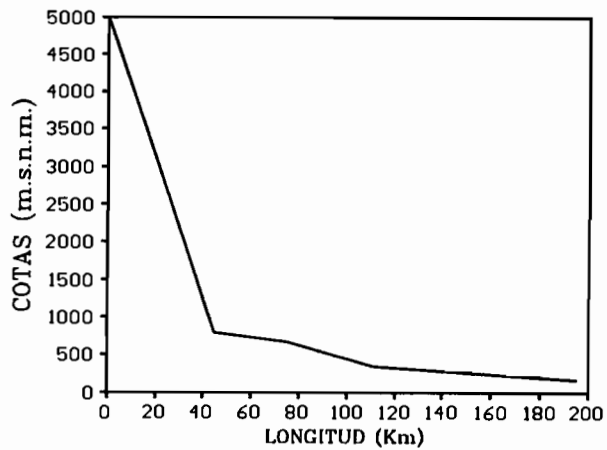
**CURVA HIPSOMETRICA  
SUB CUENCA - RIOS CHIMORE-ICHILO**



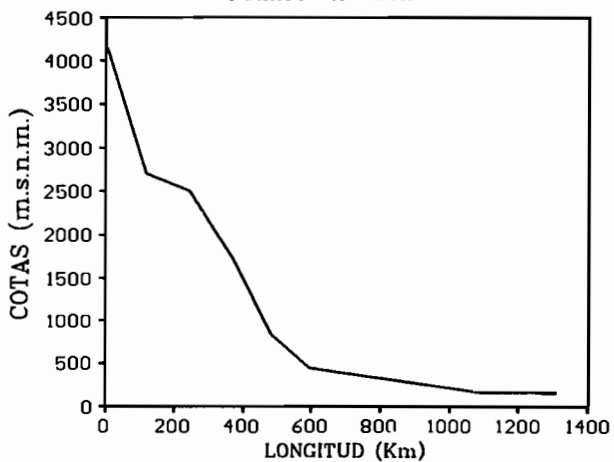
PERFIL LONGITUDINAL  
SUB CUENCA - RIOS CHIMORE-ICHILO



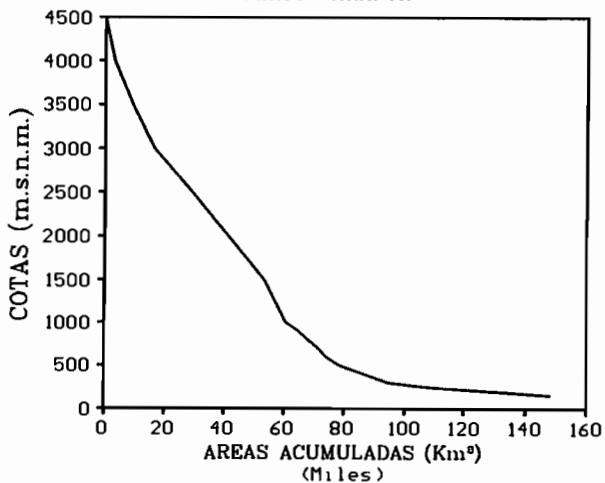
PERFIL LONGITUDINAL  
SUB CUENCA - RIO CHAPARE



PERFIL LONGITUDINAL-SUBCUENCA MAMORE  
PUERTO VARADOR



CURVA HIPSONOMETRICA-SUBCUENCA MAMORE  
PUERTO VARADOR





# A N E X O "E"

MOSAICO  
AREA - PUERTO VARADOR

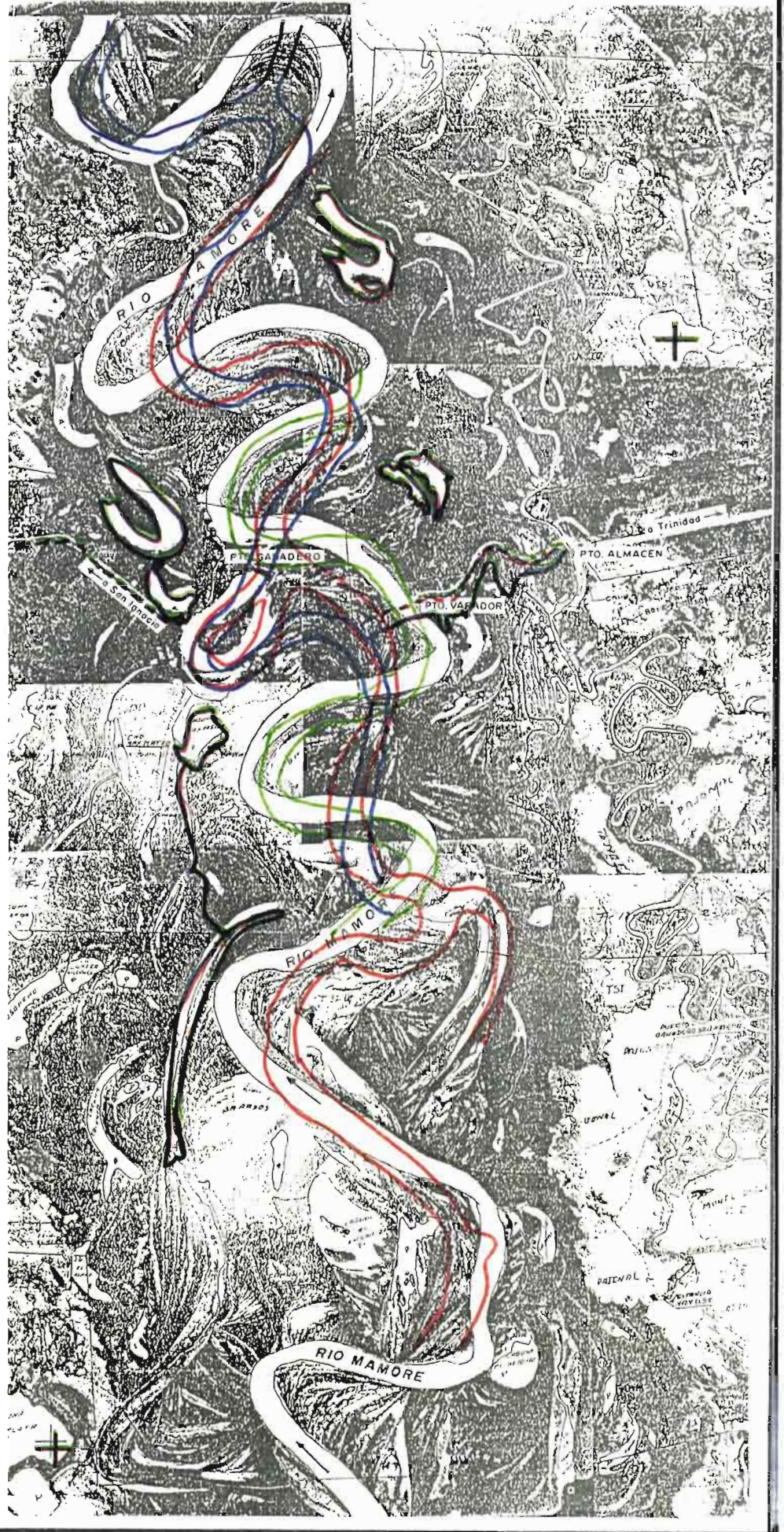
# RIO MAMORE

## HIDROMORFOLOGIA

PTO. VARADOR  
Esc. Apx. 1:120000

### REFERENCIAS

CAMINO	---
6-VI-75	—
28-III-79	—
16-XI-85	—
29-X-87	—



# **A N E X O " F "**

## **AFOROS Y CURVA DE CALIBRACION**

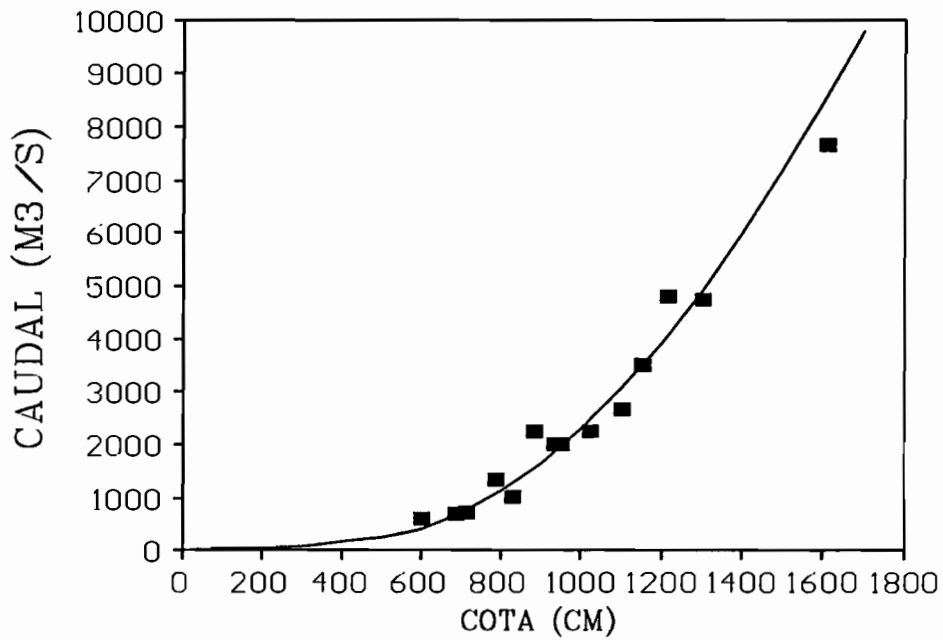
## AFOROS: PUERTO VARADOR

<u>FECHA</u>	<u>COTA (cm)</u>	<u>CAUDAL (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)</u>	<u>V.MEDIA (ms<sup>-1</sup>)</u>
08/10/86	1025	2263	0.952
30-01-87	1610	7651	1.679
24-05-87	1104	2675	0.981
28-07-87	687	704	0.672
30-10-87	952	2000	0.719
04-12-87	1153	3521	1.396
05-05-88	1301	4724	1.664
29-07-88	601	607	0.759
17-12-88	785	1336	0.800
01-03-89	1215	4800	1.681
06-05-89	883	2245	0.954
18-07-89	829	1014	0.602

<u>H (cm)</u>	<u>Q (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)</u>
0	0
100	5
200	25
300	65
400	140
500	240
600	410
700	710
800	1130
900	1660
1000	2310
1100	3060
1200	3930
1300	4900
1400	5990
1500	7170
1600	8440
1700	9790

**CURVA DE CALIBRACION PATRON**  
**PUERTO VARADOR**

COTA (CM) vs. CAUDAL (M3/S)  
PUERTO VARADOR

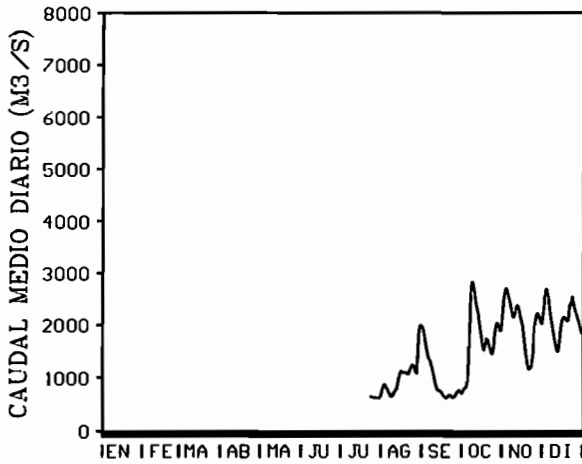


■ AFOROS (86-90)      — CURVA CALIBRACION

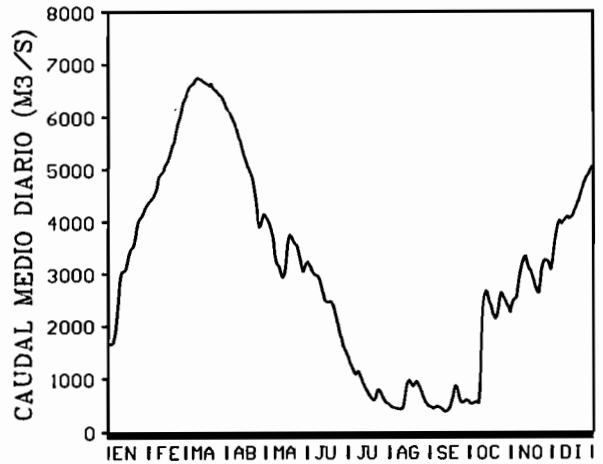
# **A N E X O "G"**

**HIDROGRAMAS ANUALES  
1980 - 1991**

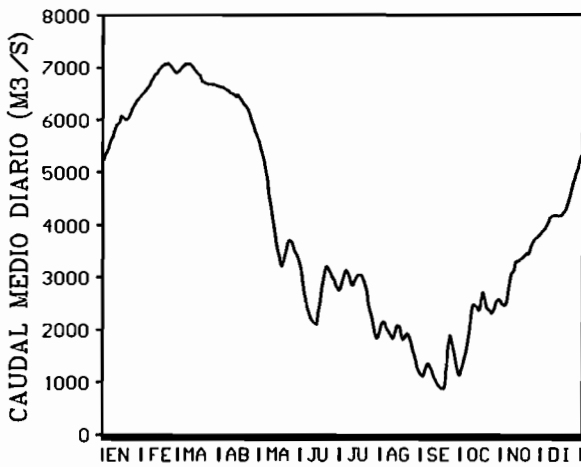
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1980  
PUERTO VARADOR



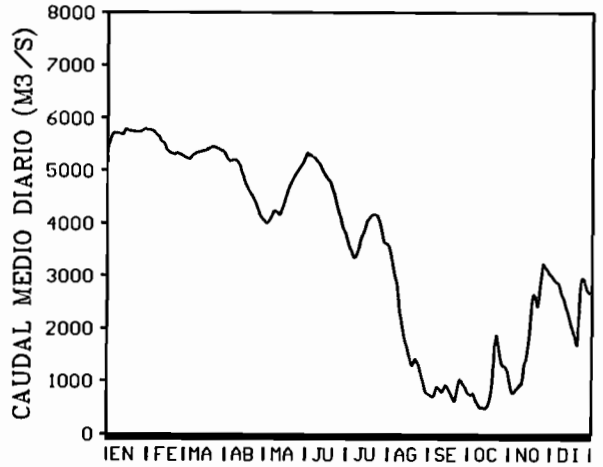
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1981  
PUERTO VARADOR



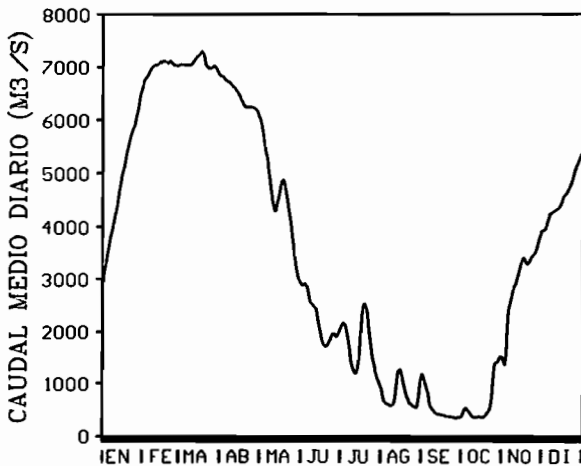
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1982  
PUERTO VARADOR



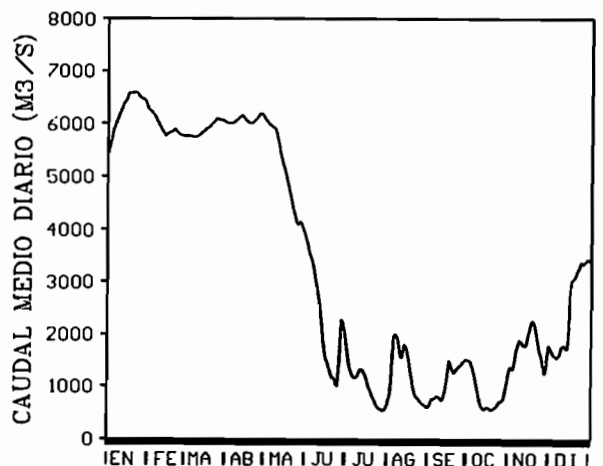
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1983  
PUERTO VARADOR



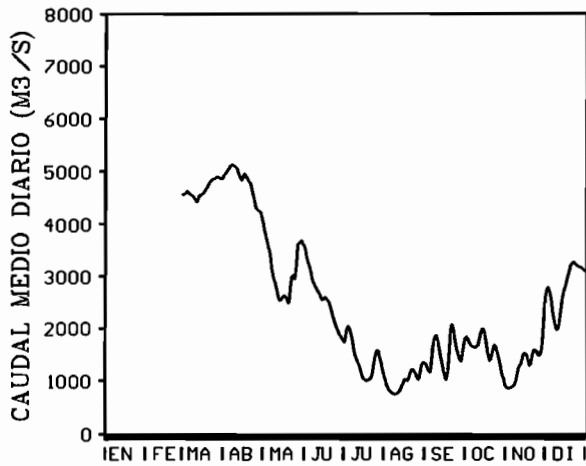
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1984  
PUERTO VARADOR



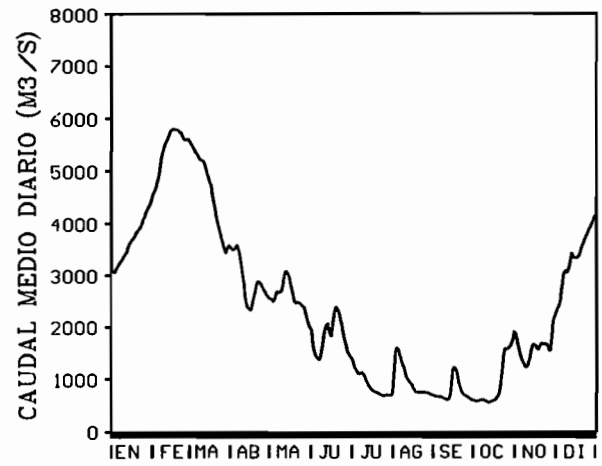
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1985  
PUERTO VARADOR



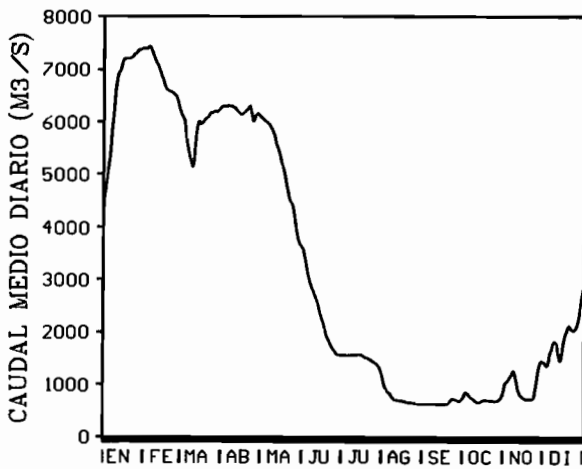
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1986  
PUERTO VARADOR



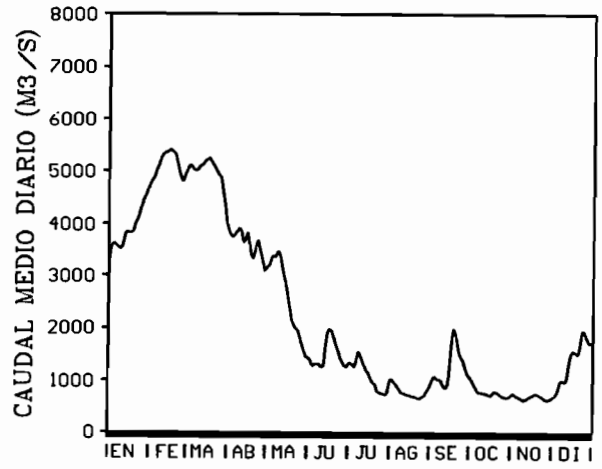
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1987  
PUERTO VARADOR



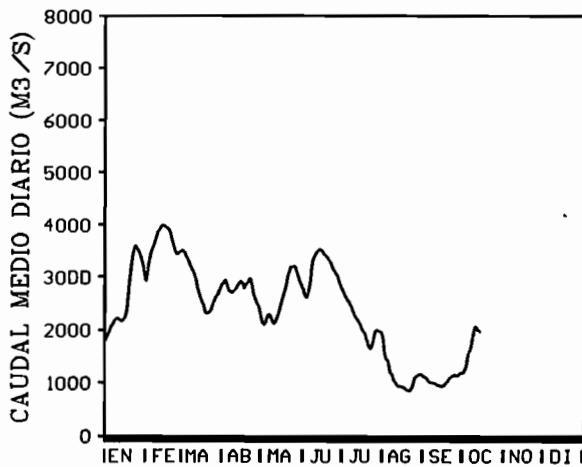
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1988  
PUERTO VARADOR



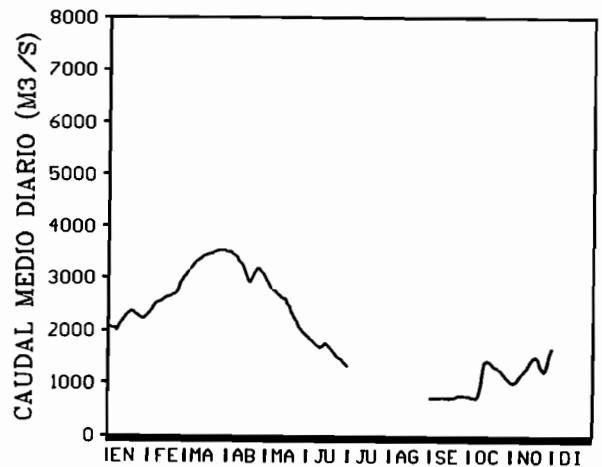
HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1989  
PUERTO VARADOR



HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1990  
PUERTO VARADOR



HIDROGRAMA MEDIO ANUAL - 1991  
PUERTO VARADOR





# **A N E X O "H"**

**CAUDALES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS  
1980 - 1991**

**REGISTRO DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)  
ESTACION: PUERTO VARADOR**

A Ñ O	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980 MED								1035	963	1740	2043	2125
1981 MED	3107	5216	6549	5106	3446	2478	863	665	545	1868	2972	4270
1982 MED	5900	6854	6842	6277	3959	2686	2686	1824	1248	2239	3255	4383
1983 MED	5695	5483	5348	4752	4530	4767	3786	1863	818	928	1943	2539
1984 MED	4771	6986	7052	6429	4422	2210	1691	771	492	671	3032	4598
1985 MED	6278	5909	5900	6067	5026	2216	994	1219	1104	852	1730	2499
1986 MED			4663	4785	3105	2590	1416	995	1526	1601	1312	2782
1987 MED	3650	5429	4596	2903	2584	1824	903	993	767	930	1611	3336
1988 MED	6565	6865	5919	6191	5006	2285	1490	717	651	723	991	1920
1989 MED	3936	5126	4942	3606	2558	1485	1096	782	1256	776	686	1390
1990 MED	2644	3651	2811	2748	2622	3145	2108	1088	1055			
1991 MED	2215	2654	3390	3198	2450	1635			729	1115	1303	

**REGISTRO DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>) PERIODO (1980-1991)  
ESTACION: PUERTO VARADOR**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3510	5134	5385	5077	4213	3031	2050	1297	965	944	1484	2465

**REGISTRO DE CAUDALES MEDIOS ANUALES (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)  
ESTACION: PUERTO VARADOR**

1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
3510	5134	5385	5077	4213	3031	2050	1297	965	944	1484	2465

**CAUDALES MAXIMOS, MINIMOS Y FECHAS DE APARICION  
ESTACION: PUERTO VARADOR**

<b>AÑO</b>	<b>Q<sub>Mdx</sub></b>	<b>FECHA</b>	<b>Q<sub>Mín</sub></b>	<b>FECHA</b>	<b>Q<sub>n20</sub></b>	<b>Q<sub>n20</sub> / Q<sub>Mín</sub></b>
1980	----	----	614	20/SEP	695	1.132
1981	6740	09/MAR	390	13/SEP	455	1.167
1982	7070	20/FEB	866	18/SEP	1096	1.266
1983	5790	30/ENE	490	14/OCT	636	1.298
1984	7280	17/MAR	331	26/SEP	366	1.106
1985	6590	21/ENE	557	19/OCT	640	1.149
1986	----	----	742	10/AGO	892	1.202
1987	5800	17/FEB	574	12/OCT	602	1.049
1988	7410	04/FEB	613	16/SEP	622	1.015
1989	5410	15/FEB	636	09/NOV	684	1.075
1990	3990	14/FEB	849	21/AGO	964	1.135
1991	3540	28/MAR	----	----	----	----

**Q<sub>Mdx</sub>** = Caudal Máximo (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)

**Q<sub>Mín</sub>** = Caudal Mínimo (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)

**Q<sub>n20</sub>** = Caudal Promedio de los 20 Días más Bajos (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>)

# **A N E X O "I"**

**CURVAS DE CAUDALES CLASIFICADOS  
1981 - 1989**

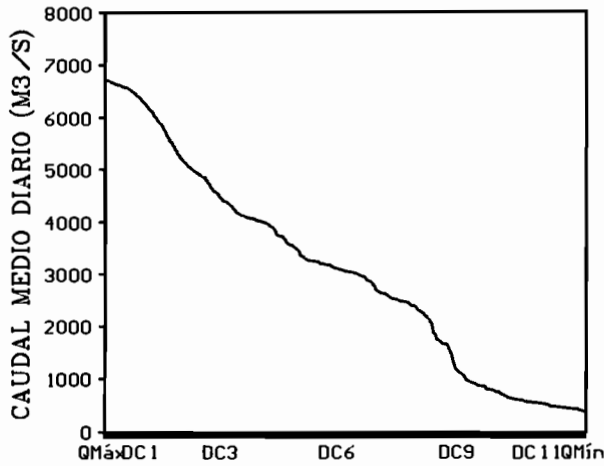
## **CAUDALES CLASIFICADOS**

### **DEFINICIONES**

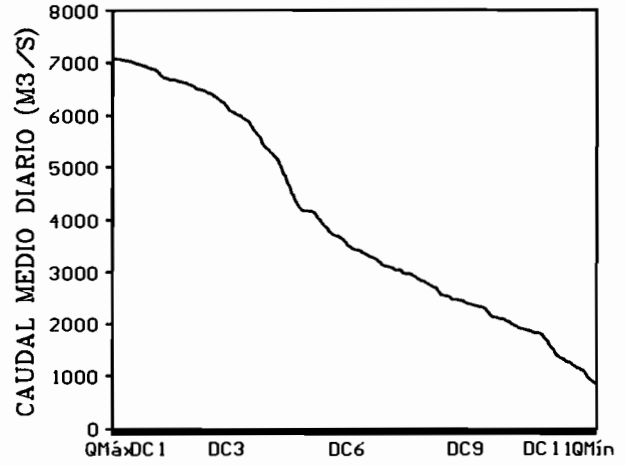
<b>Q Máx:</b>	<b>Caudal máximo absoluto del período de registros considerado.</b>
<b>DC1 :</b>	<b>Caudal igualado y/o superado durante 30 días al año.</b>
<b>DC3 :</b>	<b>Caudal igualado y/o superado durante 90 días al año.</b>
<b>DC6 :</b>	<b>Caudal igualado y/o superado durante 180 días al año.</b>
<b>DC9 :</b>	<b>Caudal igualado y/o superado durante 270 días al año.</b>
<b>DC11 :</b>	<b>Caudal igualado y/o superado durante 330 días al año.</b>
<b>Q Mín :</b>	<b>Caudal mínimo absoluto del período de registros considerado.</b>

**\*\* Todos los Caudales Clasificados, se encuentran expresados en m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.**

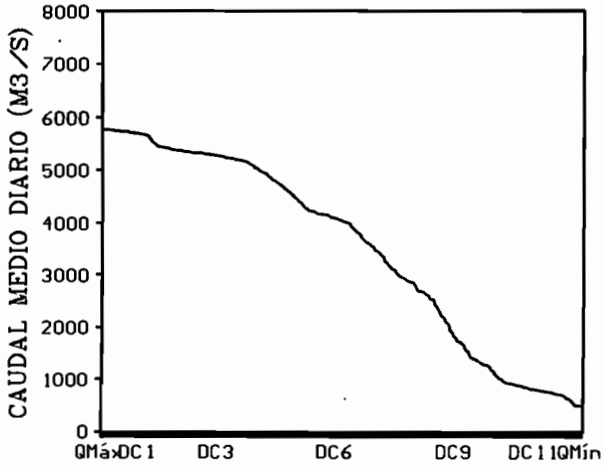
CAUDALES CLASIFICADOS - 1981  
PUERTO VARADOR



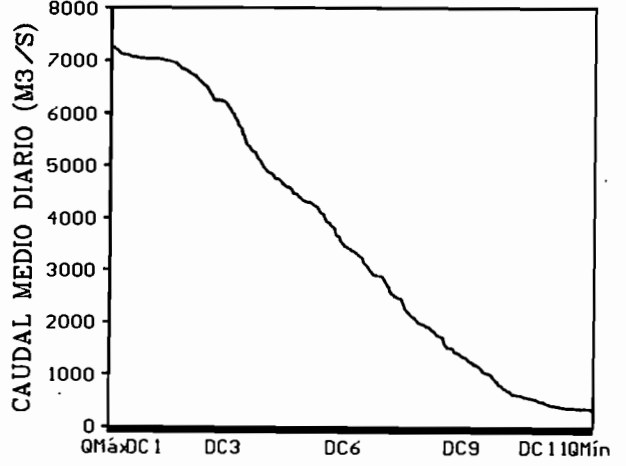
CAUDALES CLASIFICADOS - 1982  
PUERTO VARADOR



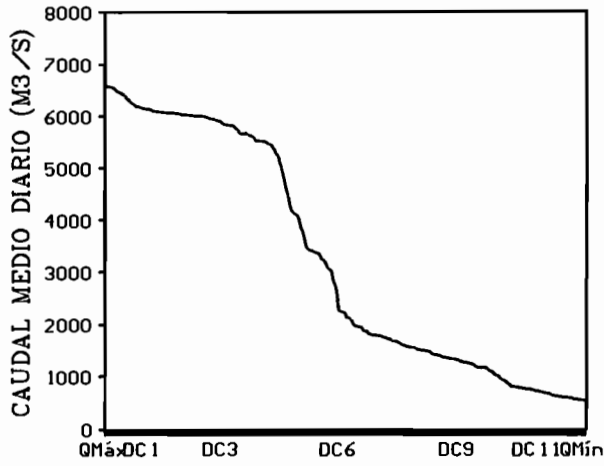
CAUDALES CLASIFICADOS - 1983  
PUERTO VARADOR



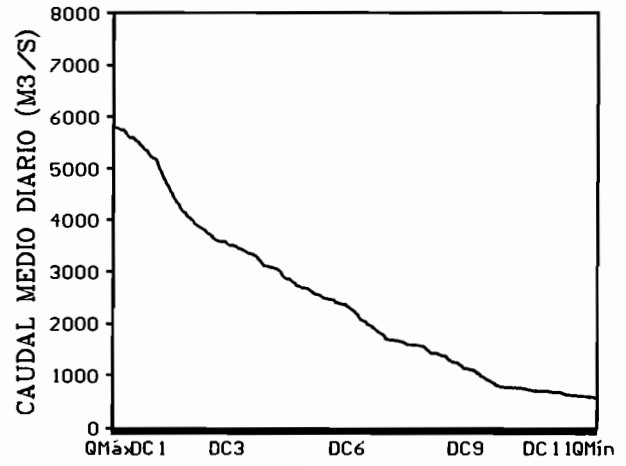
CAUDALES CLASIFICADOS - 1984  
PUERTO VARADOR



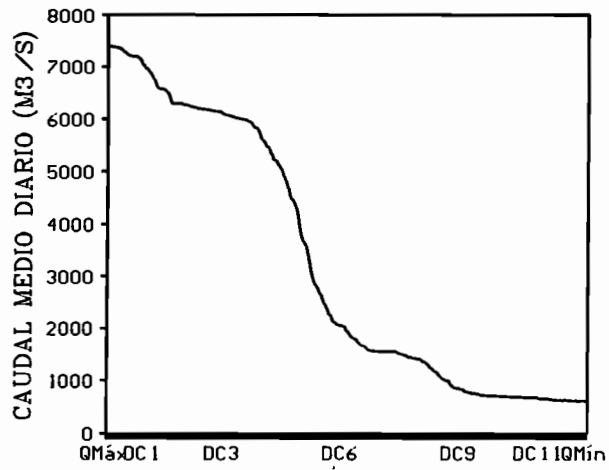
CAUDALES CLASIFICADOS - 1985  
PUERTO VARADOR



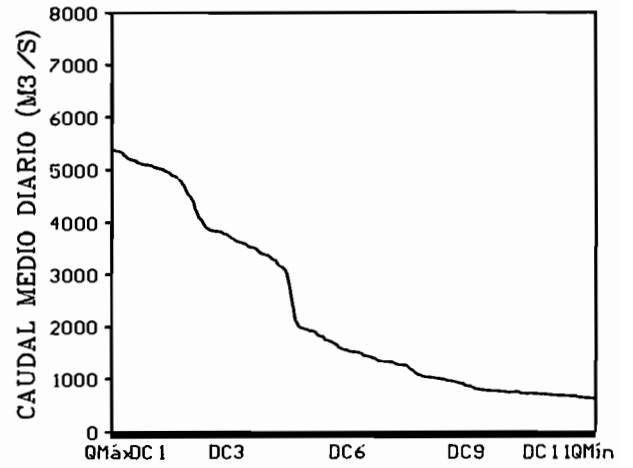
CAUDALES CLASIFICADOS - 1987  
PUERTO VARADOR



CAUDALES CLASIFICADOS - 1988  
PUERTO VARADOR



CAUDALES CLASIFICADOS - 1989  
PUERTO VARADOR



## **COLABORACION**

Los autores del presente trabajo "HIDROMORFOLOGIA Y CAUDALES - PUERTO VARADOR", agradecen la colaboración prestada por los señores:

SOF.INC.ESNA.	René MENDOZA Machicado
SOF.INC.ESNA.	Rubén GUZMAN Salazar
NIV.TEC.I.	Ernesto ALIAGA Gamboa
NIV.TEC.I.	Roy CERRUTO Mayta
NIV.TEC.I.	Renato MAMANI Velásquez
NIV.TEC.I.	Luis G. CONDORI Villca

Quienes intervinieron en la elaboración de gráficos, mapas, confección de transparencias, transcripción y otros trabajos complementarios.

\*\*\*\*\*